LÊNIN DE MATOS SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL:
MERCADO MUNICIPAL DE SÃO CARLOS/SP**

Orientador: Prof. Dr. Wiclef Dymurgo Marra Jr.

São Carlos, SP
2012

LÊNIN DE MATOS SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL:
MERCADO MUNICIPAL DE SÃO CARLOS/SP**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Engenharia Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Wiclef Dymurgo Marra Jr.

VERSÃO CORRIGIDA
São Carlos, SP
2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

S586a Silva, Lênin de Matos
Avaliação da qualidade ambiental: Mercado Municipal
de São Carlos/SP / Lênin de Matos Silva; orientador
Wiclef Dymurgo Marra Jr. São Carlos, 2012.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2012.

1. Poluição atmosférica. 2. Material Particulado.
3. Dióxido de carbono. 4. monóxido de carbono. 5. COVs.
6. Temperatura. 7. Umidade Relativa. 8. Ruído. I.
Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **LÊNIN DE MATOS SILVA**.

Título da dissertação: "Avaliação da qualidade ambiental: mercado municipal de São Carlos/SP".

Data da defesa: 30/11/2012

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof Dr. **Wiclef Dymurgo Marra Junior (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Profa. Associada **Rosana Maria Caram**
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo/IAU)

aprovado

Profa. Dra. **Mônica Lopes Aguiar**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento:
Prof. Titular **Edson Cezar Wendland**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Titular **Denis Vinicius Coury**

Ao meu querido avô
Miguel.

AGRADECIMENTOS

À Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ, pela concessão da bolsa de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo apoio para o desenvolvimento da presente pesquisa.

Ao Professor Wiclef, pela orientação e conhecimento passado.

À Professora Mônica, pelo suporte à presente pesquisa.

Aos companheiros de pesquisa e amigos Elaine, Tatiane, Mayumi e Guilherme.

Ao pessoal do Laboratório de Processos Biológicos – LPB, pela infra-estrutura oferecida.

À Ana Lucia, do Laboratório de Física Experimental da USP-SP, pelo uso da infra-estrutura desse laboratório.

Aos meus amigos, Priscila, Rafael Basola, Tiago, Madruga, Guilherme Piu, Vinicius, Leandro, Marjolly, Rodrigo Dico, pelos momentos passados juntos em São Carlos.

À minha família, pelo apoio e incentivo dados.

E finalmente à minha namorada Ana Paula, pelo amor, carinho e apoio dados durante minha estadia em São Carlos.

RESUMO

O Mercado Municipal de São Carlos é um centro comercial bastante importante, reunindo diversos tipos de lojas e serviços. Um grande número de pessoas frequenta o local diariamente, além de ser o ambiente de trabalho de vários comerciantes. Foi realizado diagnóstico da qualidade do ambiente interno do Mercado Municipal da cidade de São Carlos/SP, através do monitoramento dos seguintes parâmetros: MP_{10} ; $MP_{2,5}$; CO_2 ; CO; COV; temperatura; umidade relativa e ruído. As coletas de dados foram realizadas durante o ano de 2011. Para todos os parâmetros analisados foram escolhidos 12 pontos amostrais internos e um ponto amostral externo, com exceção do ruído, que teve 9 pontos internos. Os dados amostrais internos de MP_{10} e de $MP_{2,5}$ revelaram concentrações médias de $44,55 \mu g/m^3$ e $31,96 \mu g/m^3$, respectivamente. As concentrações externas médias foram de $35,60 \mu g/m^3$ para MP_{10} e de $25,91 \mu g/m^3$ para $MP_{2,5}$. As concentrações médias observadas de material particulado estiveram abaixo dos valores recomendados pela OMS. A razão $MP_{2,5}/MP_{10}$ esteve acima de 70% indicando predominância de particulado superfino na fração MP_{10} do material particulado em suspensão. Análises químicas por fluorescência de raios-X foram realizadas no material particulado coletado e os elementos químicos identificados foram: Si, Al, S, Ca, Fe, Ti, Cu, Zn e V. Observou-se que os dados de CO_2 ficaram abaixo do limite recomendado pela Resolução ANVISA 09, que é de 800 ppm, os dados internos também foram maiores que os externos. Para o CO e COV, os pontos com maiores concentrações foram os próximos dos acessos ao Mercado pela Rua Episcopal, sendo também maiores os dados internos que o externos. Os dados de temperatura e umidade relativa se mostraram, em geral, fora das faixas de recomendações da Resolução ANVISA 09, o que indica que o ambiente interno do Mercado pode ser desconfortável em relação a esses dois parâmetros. Os níveis internos de ruído observados estiveram acima daqueles recomendados pela Norma Técnica L11.032 (CETESB), que é de 50 dBA. Obteve-se pontos com médias acima de 70 dBA, evidenciando que o local é ruidoso, o que pode acarretar problemas à saúde de seus frequentadores.

Palavras-chave: Material Particulado; Dióxido de Carbono; Monóxido de Carbono; Compostos Orgânicos Voláteis; Temperatura; Umidade Relativa; e Ruído.

ABSTRACT

The Municipal Market of São Carlos city is a very important commercial center, bringing together different types of shops and services. A large number of people attends the local daily, and it is the work environment of several merchants. A diagnostic of the quality of the indoor environment of the Municipal Market of São Carlos/SP was conducted, by monitoring the following parameters: PM₁₀, PM_{2.5}; CO₂, CO, VOCs, temperature, humidity and noise. The data collections were performed during the year 2011. For all analyzed parameters were chosen 12 sampling indoor points and an outdoor point, with the exception of noise, which had 9 indoor points. The indoor data of PM₁₀ and PM_{2.5} showed average concentrations of 44.55 µg/m³ and 31.96 µg/m³, respectively. The outdoor medium concentrations were 35.60 µg/m³ for PM₁₀ and 25.91 µg/m³ for PM_{2.5}. The average concentrations of particulate matter observed were below the values recommended by WHO. The reason MP_{2.5}/MP₁₀ was above 70%, indicating the predominance of fine particulate matter at the PM₁₀ fraction. Chemical analysis by X-rays fluorescence was performed in the particulate matter collected and the chemicals identified were: Si, Al, S, Ca, Fe, Ti, Cu, Zn and V. It was observed that the CO₂ data were below the limit recommended by ANVISA Resolution 09 which is 800 ppm, the indoor data were also higher than outdoor data. For CO and VOCs, the points with the highest concentrations were the ones near the accesses to the Market by the Episcopal Street, and also higher indoor data than the outdoor. The data of temperature and relative humidity proved generally outside the ranges of the recommendations ANVISA Resolution 09, which indicates that the indoor environment of the market may be uncomfortable considering these two parameters. The indoor noise levels were observed above those recommended by the Technical Standard L11.032 (CETESB), which is 50 dBA. There were some points with averages above 70 dBA, showing that the Market can be a noisy environment, which can cause health problems for their users.

Keywords: Particulate Matter, Carbon Dioxide, Carbon Monoxide, Volatile Organic Compounds; Temperature and Relative Humidity and Noise.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa da cidade de São Carlos com destaque para a área de interesse (a); detalhamento da área de coleta (b): 1 - Praça Voluntários da Pátria; 2 - Biblioteca Pública Municipal Amadeu Amaral	10
Figura 2 - Média mensal das concentrações de MP ₁₀ avaliadas em São Carlos entre 1999 e 2002. Dados obtidos com um amostrador Hi-Vol. [extraído de: Bruno et al. (2004)]	12
Figura 3 - Localização do Mercado Municipal de São Carlos (Adaptado de Pozza (2005)).....	19
Figura 4 - Esquema de montagem de um PEM.	21
Figura 5 - Ilustração dp PEM ₁₀ (a) e PEM _{2,5} (b);	21
Figura 6 - Pontos amostrais no Mercado Municipal (MP ₁₀ e MP _{2,5})	25
Figura 7 - Equipamentos para medição de CO ₂ , CO e COV - MultiaRae (a) EVM-7 (b).....	26
Figura 8 - Relação EVM-7 e MultiRae para CO ₂ no dia 27/07/2011.	27
Figura 9 - - Relação EVM-7 e MultiRae para CO ₂ no dia 29/07/2011.	28
Figura 10 - Pontos amostrais no Mercado Municipal (ruído).	31
Figura 11 - Dados do Mercado Municipal de MP ₁₀ para os meses de Abril a Junho de 2011.	33
Figura 12 - Dados do Mercado Municipal de MP ₁₀ e MP _{2,5} para os meses de Outubro a Novembro de 2011	35
Figura 13 - Resultados de Florescência de Raio X - 26/05/2011 - MP ₁₀	38
Figura 14 - Resultados de Florescência de Raio X – 01/06/2011 - MP ₁₀	39
Figura 15 - Dados de CO ₂ por ponto amostral.	40

Figura 16 – Dados do Mercado Municipal de CO.....	42
Figura 17 - Dados do Mercado Municipal para COV.	44
Figura 18- Dados do Mercado Municipal de Temperatura Interna e Externa.	47
Figura 19 - Dados do Mercado Municipal de Umidade Relativa.....	48
Figura 20 - Confoto Térmico do Mercado Municipal.....	50
Figura 21 - Boxplots do ruído no Mercado Municipal - Campanha 01.....	52
Figura 22 - - Boxplots do ruído no Mercado Municipal - Campanha 02.	52
Figura 23 - Ruído no Mercado Municipal - Campanha 01 - Pontos S1, S2 e S30.....	53
Figura 24 - Ruído no Mercado Municipal - Campanha 02 - Pontos S1, S2 e S30....	54
Figura 25 Ruído no Mercado Municipal - Campanha 01 - Pontos C1, C2, C3, C4, C5 E Tunel.	55
Figura 26 - Ruído no Mercado Municipal - Campanha 01 - Pontos C1, C2, C3, C4, C5 E Tunel.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Campanhas amostrais de ruído.	30
Tabela 2 – Dados do Mercado Municipal de MP_{10} dos meses de Abril a Junho de 2011.	32
Tabela 3 - Dados do Mercado Municipal de MP_{10} e $MP_{2,5}$ para os meses de Outubro a Novembro de 2011	34
Tabela 4 - Relação $MP_{2,5}/MP_{10}$	37
Tabela 5 - Resultados de Florescência de Raio X: MP_{10} - dia 26/05/ 2011.....	37
Tabela 6 - Resultados de Florescência de Raio X: MP_{10} - dia 01/06/ 2011.....	38
Tabela 7 - Dados do Mercado Municipal para o CO.....	41
Tabela 8 -Dados do Mercado Municipal para o CO. (continuação)	42
Tabela 9 - Dados do Mercado Municipal de COV.	43
Tabela 10 - Dados de Temperatura e Umidade do Mercado Municipal.	45
Tabela 11 - Dados de Temperatura e Umidade do Mercado Municipal. (continuação)	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	4
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1	Qualidade do Ar Interno – QAI	5
3.1.1	A Cidade de São Carlos.....	9
3.2	Conforto Acústico	15
4	MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1	Área de Estudo.....	18
4.2	Material Particulado.....	20
4.2.1	Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono e Compostos Orgânicos Voláteis.....	26
4.3	Temperatura e Umidade.....	29
4.4	Ruído.....	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1	Material Particulado.....	32
5.1.1	Dióxido de Carbono	39
5.1.2	Monóxido de Carbono.....	41
5.1.3	Compostos Orgânicos Voláteis	43
5.1.4	Conforto Térmico	45
5.1.5	Conforto Acústico.....	51
6	CONCLUSÕES.....	59

7	Sugestões para próximos trabalhos.....	61
8	Revisão Bibliográfica.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
dBA	Decibéis em nível de ponderação A
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MP ₁₀	Material particulado com diâmetro aerodinâmico de 10 μ m
MP _{2,5}	Material particulado com diâmetro aerodinâmico de 2,5 μ m
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEM	Personal Environmental Monitor
PPM	Partes por milhão
PTFE	Politetrafluoretileno
PTS	Particulados Totais
QAI	Qualidade do Ar Interno
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
μ g	Microgramas
μ g/m ³	Microgramas por metro cúbico

1 INTRODUÇÃO

Nas sociedades modernas, as pessoas passam a maior parte do tempo em ambientes interiores: em casa, no trabalho, na escola, em veículos, no lazer. A exposição a poluentes presentes no ar, na maioria desses ambientes, causa efeitos adversos a saúde, como: doenças respiratórias; alergias e irritação do trato respiratório; doenças no coração e câncer de pulmão. A qualidade do ar interior é um fator determinante na saúde e no bem-estar das populações e seu controle é, frequentemente, inadequado e muitas vezes sua importância para a saúde é ignorada.

Segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS - a poluição do ar interior é considerada como um dos principais problemas ambientais e de saúde pública. Aproximadamente 2 milhões de mortes prematuras ocorrem devido à poluição do ar interior, principalmente em países em desenvolvimento. Cerca de metade destas mortes são devido à pneumonia em crianças menores de 5 anos de idade. Estima-se que a poluição urbana do ar exterior causa 1,3 milhões de mortes em todo o mundo por ano, notadamente nas populações de mais baixa renda (disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>).

A exposição a poluentes do ar está muito além do controle dos indivíduos e exige ação das autoridades públicas. De acordo com a OMS, a redução dos níveis de material particulado (MP₁₀) em suspensão no ar, de 70 para 20 µg/m³, pode reduzir as mortes relacionadas com a qualidade do ar em torno de 15%.

De acordo com Pope, Young & Dockery (2006), até o final da década de 1990, já haviam sido publicados mais de 150 estudos sobre os efeitos da poluição

do ar na nossa saúde, indicando fortes evidências que a presença de material particulado em suspensão é um importante fator de risco para doenças cardiopulmonares e o aumento da mortalidade.

Várias outras publicações alertam para o perigo da exposição à poluição do ar, evidenciando sua associação ao aparecimento de algumas doenças, como asma e catarata, e o aumento da mortalidade infantil (BERNSTEIN, 2004; FREW, 2005; MYERS, 2005; PETERS et al., 1999; POKHREL, 2005; RICHARDSON, 2005; SUNDELL, 2004).

Ainda neste contexto, a poluição sonora também exerce grande influência nociva à saúde humana, pois de acordo com a OMS, ruído excessivo pode causar prejuízo na audição, interferir na comunicação, perturbar o sono, causar danos cardiovasculares e fisiológicos, reduzir o desempenho intelectual e causar mudanças no comportamento social. Os danos à audição estão relacionados, geralmente, aos ambientes de trabalho, e, infelizmente, ao crescente barulho urbano.

A concentração populacional advinda das aglomerações urbanas traz consigo consequências inerentes, muitas vezes negativas sobre as vidas das pessoas. O crescimento desordenado, o planejamento urbano deficiente, a falta de moradias e de postos de trabalho, a alta densidade populacional, são fatores que intensificam a má qualidade ambiental das cidades.

Com base nessas premissas, realizou-se uma avaliação da qualidade ambiental interior e exterior do Mercado Municipal do município de São Carlos/SP, localizado em uma área da região central da cidade, onde a circulação de pessoas e veículos é bastante intensa. Foram investigados os seguintes parâmetros: temperatura, umidade relativa, dióxido de carbono, monóxido de carbono,

compostos orgânicos voláteis totais, material particulado, em suas frações MP_{10} e $MP_{2,5}$, e ruído.

Estudos similares já realizados na mesma região da cidade, voltados a avaliação da poluição do ar exterior e interior, principalmente material particulado em suspensão, em suas frações $MP_{2,5}$ e MP_{10} , identificaram altas concentrações desses poluentes, principalmente nos meses mais secos do ano: Bruno, 2005; Bruno et al., 2004; Celli, 1999; Ito, 2007; Marques, 2000; Marques et al., 2001; Nascimento, 2011; Pozza, 2005; Pozza, 2004.

2 OBJETIVOS

Avaliar os níveis de: compostos orgânicos voláteis totais; dióxido de carbono; monóxido de carbono; material particulado em suspensão no ar, nas suas frações MP_{10} e $MP_{2,5}$; ruído; temperatura e umidade relativa, nos ambientes internos e externos do Mercado Municipal da cidade de São Carlos/SP.

Comparar os resultados obtidos, e, a partir de tais informações determinar locais e períodos de tempo nos quais os níveis de poluição apresentem riscos à saúde da população que frequenta esses ambientes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa seção será apresentada a revisão bibliográfica necessária para entendimento da presente pesquisa.

3.1 Qualidade do Ar Interno – QAI

Sem dúvida, a poluição do ar é um assunto bastante relevante e atual, como demonstram os diversos estudos publicados sobre o tema. A comunidade científica e a população em geral vêm, cada vez mais, expressando seu interesse e preocupação sobre esta temática, seus efeitos sobre a saúde, sobre o clima do planeta, sobre os animais, etc. Notadamente, a poluição do ar em ambientes internos tomou lugar de destaque na última década. Uma vez que as pessoas passam em média 80% do tempo em ambientes fechados, climatizados ou com ventilação natural, esses ambientes podem ser suas casas, carros e principalmente seus ambientes de trabalho (SARAGA, ET AL., 2011).

De acordo com William W. Nazaroff, editor do periódico internacional *Indoor Air*, até o ano de 1990, pouco mais de 400 artigos científicos relacionados ao tema podiam ser encontrados em buscas nas bases de dados eletrônicas disponíveis (Science Citation Index). Em 2008, esse número cumulativo subiu para cerca de 5.400 trabalhos e, em recente acesso (outubro/2012) à base de dados (Web of Science®), com o termo de busca “*indoor air*”, mais de 9.500 resultados foram obtidos.

Segundo Gioda e Aquino Neto (2003), no Brasil, até 2002, pouco mais de 30 estudos sobre a qualidade do ar interior foram publicados, um número bastante

reduzido diante da magnitude do tema. Segundo o autor, deveria ser feito um esforço no sentido de aumentar o número de pesquisas nessa área para todo o Brasil e os dados então obtidos poderiam ser utilizados para determinar limites compatíveis com nosso clima, economia e cultura.

Dessa maneira, buscou-se reunir estudos significativos relacionados ao tema deste estudo, evidenciando, ainda, a necessidade de buscar um melhor entendimento da relação entre a qualidade ambiental e a saúde das pessoas.

Castanho (1999) avaliou a concentração de material particulado na atmosfera da cidade de São Paulo, nos períodos de inverno (1997) e verão (1998), procurando estimar o papel das emissões veiculares como fontes de material particulado. Observou que as concentrações de particulado inalável variaram de 20 a 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, em médias de 24 horas, e que a fonte de emissão veicular explicou 28% e 24% da massa de particulado fino no período de inverno e verão, respectivamente.

Arbex (2001) constatou uma relação direta entre a morbidade respiratória e o material particulado em suspensão na atmosfera oriundo da queima da cana-de-açúcar na cidade de Araraquara/SP.

Lima (2007) analisou o comportamento temporal do material particulado total (PTS) e respirável (MP_{10}) na cidade de Uberlândia/MG, no período de 2003 a 2006. Verificou que a concentração de partículas respiráveis apresentou valores entre 30 e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

O MP_{10} e o $\text{MP}_{2,5}$ por serem de maior impacto na saúde humana, são os alvos da maioria dos estudos relacionando Material Particulado, QAI e saúde. Segundo Dockery & Pope (1994), em seus estudos a mortalidade aumentou em 1% para cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP_{10} lançados na atmosfera. Associações mais fortes foram encontradas para mortalidades por doenças cardiovasculares (aproximadamente

1,4%, para cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP_{10}) e mais fortes ainda para mortalidade por problemas respiratórios (aproximadamente 3,4%, para cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP_{10}).

Estudos também apontam para a relação de câncer de pulmão, mortalidade por doenças cardiopulmonares a longas exposições ao $\text{MP}_{2,5}$ (POPE III, ET AL., 2002). Segundos os autores, a cada elevação de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$, o risco de mortalidade por doenças cardiopulmonares e por câncer de pulmão aumentavam em 6% e 8%, respectivamente.

Elevadas concentrações de MP fino também pode ser a causa de aumento do risco de infarto do miocárdio após algumas horas ou após um dia de exposição. (PETERS, ET AL., 2001).

Pessoas com problemas de coração e ou pulmão, juntamente com crianças e idosos são as pessoas que mais sofrem com alterações na QAI e à exposições a elevadas concentrações de MP (US EPA, 2012).

Dentro da classificação dos poluentes temos ainda os gases, como os compostos de carbono, tais como o Dióxido de Carbono (CO_2) e o Monóxido de Carbono (CO). A principal fonte de CO_2 em ambientes internos é a respiração humana (ERDMANN & APTE, 2004). A presença de concentrações elevadas de CO_2 estão normalmente associadas à má ventilação do ambiente e à presença de sintomas da SED. Ainda segundo Erdmann & Apte (2004), a redução da concentração interna de CO_2 para aproximadamente a concentração externa (350 ppm) através do aumento da ventilação do ambiente pode diminuir o aparecimento de sintomas relacionados a SED dentre os ocupantes do ambiente.

Apte, et al. (2000) também acharam uma significativa associação de sintomas da SED e altas concentração de CO_2 . Os sintomas mais encontrados foram: dores

de garganta, irritação no nariz e nos sinos, irritações nos olhos, dores no peito e problemas asmáticos.

O Monóxido de Carbono é proveniente da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica (combustíveis fósseis, biomassa, etc.), sua principal fonte urbana é do tráfego de veículos automotores (CETESB 2012). Altas concentrações de CO podem levar à asfixia, uma vez que o mesmo pode ligar-se à hemoglobina, pois forma com ela um composto mais estável do que com o Oxigênio.

Outros poluentes bastante comuns em ambientes internos são os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs). Existem mais de 189 químicos que foram identificados como poluentes atmosféricos, dos quais pelo menos 100 são COVs (CHAN, ET AL, 2007). Ainda segundo os mesmos autores, os COVs podem ser irritantes aos seres humanos e em muitos estudos a presença de altas concentrações dos mesmos podem levar à sintomas da SED.

Carminitti (2008) avaliou a presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's) na atmosfera urbana de São Paulo com o uso de duas espécies vegetais (azevém e couve) como amostradoras passivas (biomonitoramento). Verificou a presença predominante de benzo(ghi)perileno, naftaleno, acenafteno e fluoranteno.

A maioria dos COVs são provenientes de emissões primárias de solventes, aditivos e plastificantes. As principais fontes internas de tais químicos são os mobiliários, revestimentos de piso, tabagismo ou cozimento de alimentos (HERBARTH & MATYSIK, 2010).

Existe também a relação de temperatura e umidade com a percepção da Qualidade do Ar Interno (QAI), onde o ar é considerado menos aceitável, por assim dizer, quando existe um aumento desses dois fatores (FANG, ET AL., 1998).

Silva (2010) demonstrou a associação entre a morbidade e as variáveis climáticas (temperatura e umidade), para a cidade de São Paulo, porém de forma diferenciada nos grupos etários e de doenças, indicando que os efeitos do clima sobre a saúde são diversos e específicos. As condições de desconforto para frio e a alta amplitude térmica consistiram em fatores mais agravantes para o desencadeamento das doenças.

Segundo estudo conduzido por Fang, *et al.* (2004) relacionaram vários sintomas da Síndrome do Edifício Doente (SED) a temperaturas e umidades baixas em escritórios, e o que implicava que após longas exposições o rendimento e desempenho das atividades laborais podiam ficar comprometidos. Fatores térmicos em ambientes internos levando a sintomas relacionados à SED também foram encontrados por Mendell & Mirer (2009).

3.1.1 A Cidade de São Carlos

Desde 1997, pesquisadores do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos, notadamente o professor Dr. José Renato Coury e a professora Dra. Mônica Lopes Aguiar, conduziram estudos com o objetivo de avaliar a qualidade do ar da região central da cidade São Carlos/SP, com ênfase na quantificação e caracterização do material particulado em suspensão na atmosfera, e na identificação das possíveis fontes de emissão.

Para isso, mantiveram, com o apoio da Prefeitura Municipal de São Carlos, uma estação de monitoramento da concentração de material particulado em suspensão, localizada na região central da cidade, na Avenida São Carlos, Praça dos Voluntários da Pátria, onde um amostrador de grande volume (*Hi-Vol*) coletava a

fração inalável (PM_{10}) do material particulado total em suspensão, durante períodos de 24 h, em dias alternados da semana. A estação operou até 2006, quando, infelizmente, foi desativada.

Na Figura 1 (a), exibe-se um mapa da cidade de São Carlos com destaque para a região central de interesse. Na Figura 1 (b), mostra-se um mapa ampliado da área em destaque e a localização da estação de monitoramento acima citada (ponto 1).

Figura 1 - Mapa da cidade de São Carlos com destaque para a área de interesse (a); detalhamento da área de coleta (b): 1 - Praça Voluntários da Pátria; 2 - Biblioteca Pública Municipal Amadeu Amaral

Com os dados obtidos a partir da estação de monitoramento, vários estudos foram realizados sobre a qualidade do ar da região central da cidade. Celli (1999) e Marques *et al.* (2001) realizaram o monitoramento do material particulado respirável

em suspensão (MP_{10}) na atmosfera durante o período entre setembro de 1997 e janeiro de 2000. Segundo os autores, a concentração máxima de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ foi obtida no inverno de 1998 e um mínimo de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na primavera de 1997.

De acordo com Celli (1999), na região onde se localizava a estação de monitoramento (Praça Voluntários da Pátria), cerca de 13.000 pedestres e 30.000 veículos transitavam diariamente nesta área central da cidade, quando a população do município estava em torno de 150 mil habitantes.

Marques (2000), Bruno *et al.* (2004), Bruno (2005) e Pozza (2005) realizaram a identificação das principais fontes poluentes do ar da cidade, apontando como principais fontes de material particulado a emissão veicular e a ressuspensão do solo, além da contribuição das queimadas agrícolas no período mais seco do ano.

Nos estudos realizados por Bruno *et al.* (2004), foram avaliadas as concentrações médias mensais de MP_{10} entre 1999 e 2002, com o uso do *Hi-Vol*, e os resultados obtidos estão exibidos na Figura 2. No período de avaliação, notam-se picos de concentração entre os meses de maio e outubro, coincidindo com a estação mais seca do ano, com concentração média de MP_{10} atingindo valores de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 2 - Média mensal das concentrações de MP10 avaliadas em São Carlos entre 1999 e 2002. Dados obtidos com um amostrador Hi-Vol. [extraído de: Bruno et al. (2004)]

Segundo Pozza (2005), a evolução temporal da poluição ambiental na cidade tem sido motivo de preocupação, uma vez que pode causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. A autora estudou estas características temporais, especificamente para o caso de material particulado em suspensão na atmosfera, entre setembro de 1997 e fevereiro de 2006. Observou uma nítida sazonalidade da concentração, com picos nos períodos de inverno, coincidentes com a baixa pluviosidade do período. Nesses períodos, a concentração de PM_{10} atingiu valores entre 80 e 120 $\mu g/m^3$.

Os trabalhos citados acima avaliaram a qualidade do ar em ambientes externos utilizando-se, basicamente, a concentração de material particulado em suspensão como parâmetro de avaliação. Ito (2007) avaliou a qualidade do ar interno/externo da Biblioteca Pública Municipal Amadeu Amaral localizada na região central da cidade de São Carlos [ver localização na Figura 1 (b)], no período de julho

de 2005 a junho de 2006. Observou que a temperatura interna variou entre 19 e 30° C e a umidade relativa interna esteve entre 37 e 65%.

Os resultados obtidos por Ito (2007) para as concentrações internas de material particulado em suspensão chamam a atenção, pois os valores médios mensais ultrapassaram os 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para a faixa de diâmetros entre 2,5 e 10 μm ($\text{MP}_{2,5-10}$), nos meses de outubro a janeiro de 2006. Para partículas com diâmetros menores que 2,5 μm ($\text{MP}_{2,5}$) os valores ultrapassam os 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em todos os meses avaliados.

Nota-se que os estudos realizados concentraram-se, em sua maioria, na avaliação da qualidade do ar externo, com utilização do material particulado em suspensão como parâmetro de avaliação. Apenas nos estudos de Ito (2007), o ambiente interno foi levado em consideração, com avaliação do material particulado em suspensão, temperatura e umidade relativa.

A preocupação com a qualidade do ar em ambientes internos vem cada vez mais despertando o interesse dos pesquisadores, uma vez que passamos boa parte do nosso tempo nesses ambientes. Uma série de parâmetros como temperatura, umidade relativa, ruído, concentração de material particulado em suspensão (bioaerossóis: bactérias e fungos), gases e vapores (O_3 , CO_2 , CO , COV's^1 , etc.) influenciam no conforto e bem-estar das pessoas.

A partir dos resultados obtidos por Ito (2007), constatando que a concentração interna de material particulado em suspensão na Biblioteca Pública Municipal Amadeu Amaral esteve muito acima dos valores recomendados pela legislação (Resolução CONAMA 3/1990) retomou-se, em 2010, a avaliação deste ambiente.

¹ COV's - Compostos Orgânicos Voláteis: tolueno, xileno, hexano, etilbenzeno, etc.

A Biblioteca Pública Municipal Amadeu Amaral foi monitorada, levando-se em consideração os seguintes parâmetros: níveis de ruído, temperatura e umidade relativa, concentrações de material particulado, bactérias e fungos em suspensão, e de dióxido de carbono, e taxa de ventilação. Os resultados obtidos mostraram que a diferença entre as temperaturas interna e externa não apresentam valores significativos, o mesmo acontecendo com a umidade relativa, evidenciando a pouca influência da edificação nesses parâmetros. Observou-se uma queixa frequente e predominante dos funcionários da Biblioteca em relação ao incômodo causado pelo ruído. Os níveis de ruído interno ultrapassaram, em alguns episódios, os 70 dB e os níveis externos ultrapassaram os 80 dB. A concentração média interna de MP_{10} esteve abaixo de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e a concentração interna de bioaerossóis esteve abaixo de $150 \text{ UFC}^2/\text{m}^3$ (NASCIMENTO, 2011).

No trabalho realizado por Schornobay (2012) foram avaliados a concentração de MP_{10} e $MP_{2,5}$, CO_2 , ruído, temperatura e umidade relativa do ar em ambientes internos e externos de lojas da região central da cidade de São Carlos/SP. A autora encontrou valores de concentrações internas de MP_{10} e $MP_{2,5}$ maiores que as concentrações externas. Através de análises químicas foram observados os seguintes elementos: Si; S; Ca; Fe; Al; K e Cu. Já para os níveis de ruído, o ambiente externo se mostrou mais ruidoso em comparação ao interno. Os dados de temperatura e umidade relativa mostraram que os ambientes avaliados apresentavam certo desconforto térmico.

² UFC: Unidade Formadora de Colônia

3.2 Conforto Acústico

Em um mundo cada vez mais ruidoso, cresce a preocupação com os malefícios à saúde causados pelo excesso de ruído. Ruído é todo som indesejável ao ouvinte, ou seja, superposições não harmônicas de varias ondas sonoras que produzem uma percepção não agradável ao aparelho auditivo (GODISH, 1991).

Existem diversas fontes de ruídos e sons indesejáveis e até mesmo prejudiciais para a saúde humana, uma vez que existe um limite que o ouvido humano consegue suportar e superado tal limite, danos podem ser causados ao aparelho auditivo. A OMS – Organização Mundial de Saúde diz que o limite tolerável para o ouvido dos seres humanos é de 65 dB, e que a partir de 85 dB, danos podem ser causados. Os danos a saúde são calculados a partir do tempo de exposição ao ruído e do nível de intensidade sonora que a pessoa é sujeita.

Os ruídos podem ser divididos em três grupos: contínuos; flutuantes; impulsivos ou de impacto.

Os ruídos contínuos são aqueles que possuem variação de intensidade sonora muito pequena em função do tempo, por exemplo, o ruído de ventiladores e geladeiras. Em contraposição, os flutuantes são aqueles que têm grande variação de intensidade em função do tempo, por exemplo, o ruído de veículos automotores. Por final, os ruídos de impacto são característicos por terem grande intensidade sonora em um intervalo de tempo pequeno, sendo os casos de britadeiras e prensas hidráulicas.

Diversos estudos já foram conduzidos a fim de relacionar problemas à saúde humana com altos níveis de ruído. Segundo Witterseh, et al. (2004) um nível

considerado moderado (55 dBA) pode causar fadiga e ter muitos efeitos negativos na performance de pessoas em suas jornadas de trabalho.

O Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional norte-americano (National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH) recomenda que, em ambientes de trabalho, o limite de exposição máximo seja de 85 dB durante um período de oito horas. A exposição a níveis iguais ou superiores é considerada prejudicial.

Dossey (2008) reúne informações interessantes sobre ruído e seus efeitos na saúde. Cita o estudo de Willich (2006), em que os autores afirmam que a exposição ao ruído de uma forma crônica está associada ao aumento do risco de infarto do miocárdio. Uma exposição crônica a uma intensidade sonora em torno de 60 dB triplicou o risco de ataque cardíaco em mulheres e em 50% nos homens. O estudo foi realizado com 4.115 pacientes sobreviventes de ataques cardíacos em 32 hospitais da cidade de Berlim, na Alemanha.

Segundo Willich (2006) o limite de 85 dB por até oito horas, sugerido pelo NIOSH, é muito elevado e níveis entre 60 e 70 dB seriam mais adequados. Ruído causa aumento dos níveis de adrenalina e cortisol no sangue, chamados de hormônios do stress, além do aumento da pressão arterial. Enfatiza a necessidade de reavaliação da importância e dos limites adequados de exposição ao ruído, em particular, em locais de trabalho.

O limite de exposição de até 85 dB em ambientes de trabalho pode não causar danos à audição, se o trabalhador usar protetores auditivos, mas mesmo assim ele estará correndo risco cardiovascular. Segundo os autores, o ruído é um fardo frequente da vida cotidiana, especialmente nas áreas metropolitanas e em locais de trabalho.

Costa (2010) avaliou os níveis de ruído externo em diversas regiões da cidade de Sorocaba/SP e, com o uso de técnicas de geoprocessamento, construiu um “mapa de ruído” da cidade. Da área total monitorada, apenas 7% das regiões possuíam níveis de ruído abaixo de 60 dB, e em 20% da área os níveis de ruído atingiram os 80 dB.

Petian (2008) avaliou o incômodo causado pelo ruído em 400 trabalhadores de estabelecimentos comerciais da cidade de São Paulo. Mais de 65% dos trabalhadores consideraram o local de trabalho como ruidoso e mais de 70% considerou o ruído como causa de perdas auditivas.

Outros trabalhos evidenciam os malefícios causados pela exposição a níveis elevados de ruído, demonstrando a importância do assunto e a necessidade de uma regulamentação adequada para a preservação da saúde das pessoas (BELOJEVIC, 2008; EVANS, 2001; MUZET, 2007; OMOKHODION, 2008; ZANNIN, 2008).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O presente trabalho tem como área de estudo o Mercado Municipal Antônio Massei localizado na área central da cidade de São Carlos/SP. Tal cidade se encontra na região central do Estado de São Paulo, situada a 233 km da capital paulista e tem cerca de 1.300 km². Segundo o último senso realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, São Carlos possui 221.950 habitantes, com 95% de sua população vivendo na área urbana. É uma cidade que obtém sua renda em oferecimento de serviços, seguido de indústria e agropecuária (IBGE, 2012).

O Mercado Municipal é um centro de comércio bastante movimentando, atraindo centenas de pessoas todos os dias da própria cidade de São Carlos, como também de cidades próximas. Foi inaugurado em janeiro de 1903, na área de várzea do Córrego do Gregório. Em 1968 foi demolido, e reconstruído ao lado da antiga localização. A Figura 3 mostra um mapa com a localização do Mercado em São Carlos/SP.

Nesse sentido, um estudo da QAI do Mercado Municipal de São Carlos se faz necessário, pois além de ser um local de intenso trânsito de pessoas, é também o ambiente de trabalho de um número considerável de comerciantes, que diariamente gastam em torno de 8 a 12h no interior do local. O Mercado não é um ambiente condicionado por equipamentos de refrigeração ou aquecimento, é um ambiente que conta com a ventilação natural e devido a isso deve sofrer efeito das condições ambientais externas, além de ter uma possível influência do tráfego de veículos na QAI, das ruas que o cercam.

4.2 Material Particulado

Na presente pesquisa foram quantificadas duas frações de Material Particulado, a sua fração menor que $10\ \mu\text{m}$ e a sua fração menor que $2,5\ \mu\text{m}$, o MP_{10} e o $\text{MP}_{2,5}$, respectivamente.

Para ambas as frações a metodologia *IP-A10* foi utilizada, redigida pela empresa *SKC, Inc.*, que foi sugerida para se tornar norma reguladora da US-EPA (*United States - Environment Protection Agency*). Na metodologia *IP-A10*, o Material Particulado é coletado com um equipamento chamado *Personal Environmental Monitor* (PEM). Ele é composto de um impactador de único estágio seguido de um filtro, e é ligado a uma bomba de sucção. Na Figura 4 pode-se observar um esquema ilustrativo dos componentes de um PEM.

Figura 4 - Esquema de montagem de um PEM.

Na Figura 5 estão dispostas fotografias dos equipamentos PEM para diâmetro de corte de 10 μm – PEM10 (a) e para diâmetro de corte de 2,5 μm – PEM2,5 (b), utilizados na pesquisa.

Figura 5 - Ilustração do PEM10 (a) e PEM2,5 (b);

Este equipamento é construído de forma que uma corrente gasosa, com o material particulado em suspensão, passe através dos seus orifícios superiores e as

partículas com energia cinética suficiente irão colidir com o “anel de impactação”, devidamente untado com óleo ou graxa para adesão das partículas. As demais partículas irão seguir com a corrente gasosa, passando ao estágio de filtração, separando-se, assim, as partículas por faixa de diâmetro. As partículas retidas nas membranas filtrantes serão, posteriormente, pesadas para obtenção da massa acumulada e determinação da concentração da fração do particulado desejada.

O PEM funciona acoplado a uma bomba de sucção com vazão controlada de 10 L/min, e como os orifícios do PEM10 e PEM2,5 possuem diâmetros diferentes, tem-se velocidades diferentes em cada equipamento, possibilitando assim a separação de diferentes tamanhos de partículas em cada PEM.

. Na presente pesquisa, o material usado para untar o anel de impactação foi primeiramente óleo mineral industrial, o qual foi descartado pois o mesmo acabou contaminando as membranas, assim foi utilizado posteriormente vaselina, que apresentou o desempenho esperado

As membranas filtrantes usadas na presente pesquisa foram de PTFE (Politetrafluoretileno), conhecido comercialmente como *Teflon®*. Primeiramente, foi usada uma membrana de 37 mm de diâmetro e 1,0 μm de diâmetro de poro, da marca *Pall Corporation*. Posteriormente, foi usada uma membrana de 37 mm de diâmetro e 2,0 μm de diâmetro de poro da mesma marca.

Para determinar a concentração mássica do Material Particulado foi realizada a análise gravimétrica do filtro, ou seja, o mesmo foi pesado antes e depois da coleta, sendo o volume amostrado conhecido. Para tal análise gravimétrica, foi utilizada uma balança de 1 μg de precisão do Laboratório Física Atmosférica do Departamento de Física Aplicada no Instituto de Física da Universidade de São

Paulo e em um segundo momento a do Laboratório de Controle Ambiental I, do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos.

Para o cálculo da concentração mássica de Material Particulado foi usada a seguinte Equação 1:

$$C = \frac{(M_2 - M_1)}{Vol} \rightarrow \text{Equação 1}$$

Onde:

C = concentração, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

M_2 = Massa da membrana pós coleta, em μg ;

M_1 = Massa da membrana pré coleta, em μg ; e

Vol = Volume amostrado em m^3 .

No primeiro laboratório, as membranas eram pesadas, tanto na pré como na pós amostragem, após um acondicionamento de 24 horas em contato com pastilhas radioativas, para retirada de cargas eletrostáticas. No segundo, as membranas eram acondicionadas por 24 horas em dissecador e antes de cada pesagem as mesmas eram expostas a um campo eletromagnético para remoção de cargas eletrostáticas. Tais cargas poderiam influenciar na pesagem das mesmas, por isso deveriam ser removidas.

Além das membranas que foram usadas nas coletas, eram pesadas, utilizando o mesmo procedimento das demais, duas a três membranas, chamadas brancas, ou seja, que não seriam utilizadas para coleta de dados. A diferença de pré e da pós pesagem das membranas brancas era levada em consideração para corrigir o cálculo das membranas que efetivamente eram usadas. As membranas

brancas eram levadas a campo e armazenadas juntos com as membranas que efetivamente foram usadas, para serem ambas expostas pelas mesmas condições.

O material particulado acumulado nas membranas foi submetido à análise química por meio de Fluorescência de Raio - X, no Laboratório de Caracterização Estrutural (LCE) da Engenharia de Materiais da UFSCar. O equipamento utilizado foi da marca Shimadzu, EDX-720 Energy Dispersive X-Ray Spectrometer, colimador de 10mm e na atmosfera ar, ou seja, sem vácuo. A análise química objetivou a caracterização química do material particulado coletado nas amostragens, para se avaliar a fonte da possível poluição.

Para a coleta de dados de material particulado, foram selecionados 12 pontos amostrais no interior do Mercado Municipal e um ponto externo. A cada 15 minutos, o PEM era descolado de um ponto interno para outro, seguindo a sequência do ponto 1 ao 12, e, em contrapartida, um PEM ficava fixo no ponto externo. Foram realizados 19 dias de coleta de material particulado entre os meses de abril e novembro de 2011. Na Figura 6, a seguir, está apresentada uma planta baixa do Mercado, juntamente com a distribuição dos 12 pontos amostrais.

Figura 6 - Pontos amostrais no Mercado Municipal (MP₁₀ e MP_{2,5})

4.2.1 Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono e Compostos Orgânicos Voláteis

As medições de CO₂ foram realizadas segundo a Norma Técnica 002 da Resolução 09 da ANVISA. Foram utilizados os equipamentos *MultiRae IR*, da marca *Rae Systems, Inc.* para as medições externas e o *Environmental Monitoring Instrument (EVM-7)* da *Quest Technologies*, para as medições internas, que são ilustrados na Figura 7.

Figura 7 - Equipamentos para medição de CO₂, CO e COV - MultiRae (a) EVM-7 (b).

O MultiRae IR é composto de um sensor de CO₂ (NDIR – non-dispersive infrared sensor). O equipamento é capaz de medir as concentrações de CO₂ de 0 a 20.000 ppm (partes por milhão), armazenando tais dados a cada minuto em sua memória interna. O EMV-7, que tem funcionamento bastante similar, é também composto por um sensor de CO₂ NDIR medindo concentrações de 0 a 20.000 ppm, e também possui armazenamento de dados. Após as coletas, os dados eram transmitidos para um computador com a ajuda dos respectivos *softwares* dos equipamentos.

Para efeito de comparação dos dados obtidos com o EVM-7 e com o MultiRae, dois testes (27/07/2011 e 29/07/2011) foram realizados para correção dos dados do MultiRae em relação aos dados do EVM-7, pois a calibração do segundo era mais recente em comparação com a do primeiro, tornando-o mais confiável. Nesses testes, os dois equipamentos foram ligados simultaneamente, um ao lado do outro, e os dados recolhidos foram analisados e observou-se uma correlação entre os mesmos. Gráficos nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Relação EVM-7 e MultiRae para CO₂ no dia 27/07/2011.

Figura 9 - - Relação EVM-7 e MultiRae para CO₂ no dia 29/07/2011.

. Como mostrado nos gráficos das Figuras 8 e 9, existe uma relação com a leitura dos dois equipamentos, porém o MultiRae apresenta dados com valores maiores. Então foi realizado uma média das diferenças dos valores, ou seja, valor aferido pelo MultiRae menos o valor aferido pelo EVM-7 em cada instante amostrado dos dois dias, resultando em 300 ppm. Assim para cada valor aferido pelo MultiRae era subtraído 300 ppm.

Para a determinação da concentração do monóxido de carbono (CO) também foi utilizado o EVM-7, através de um sensor Carbon Monoxide Sensor, o equipamento é capaz de fornecer dados de concentração de 1 a 1.000 ppm de CO. Os dados dos compostos orgânicos voláteis (COV's) foram obtidos através do equipamento EVM-7, que também possuía um sensor *PDI - Photoionization Detector*, detectando concentrações de 0 a 2.000 ppm.

Os mesmos 12 pontos amostrais usados nas amostragens de material particulado, exibidos na Figura 6, foram usados para a coleta de dados de CO₂, CO e COV's. O EVM-7 era descolado de 15 em 15 minutos entre os 12 pontos, coletando dados de CO₂, CO e COVs. O MultiRae ficava fixo no ponto externo do Mercado, coletando dados de CO₂. Os dados externos de CO e COV's, não foram obtidos de forma simultânea. Para esses três parâmetros, eram coletados dados a cada minuto, e os mesmos eram armazenados na memória interna dos equipamentos. A campanha de amostragem foi realizada entre os meses de maio a agosto de 2011, onde foram realizadas 15 amostragens.

4.3 Temperatura e Umidade

A coleta de dados de temperatura e umidade seguiu as orientações da Norma Técnica 003 da Resolução 09 da ANVISA. Um termohigrômetro da marca *ROTRONIC*, modelo *HygroPalm* foi utilizado para tal coleta, que foi realizada de janeiro a novembro de 2011, utilizando-se os mesmos pontos amostrais anteriormente mostrados na Figura 6. Os dados observados no visor do equipamento eram anotados de 15 em 15 minutos em uma planilha de campo, e posteriormente eram calculadas as médias diárias.

4.4 Ruído

O nível de ruído foi quantificado através de um decibelímetro da marca *INSTRUTHERM*, modelo DEC-490. O procedimento de amostragem foi realizado

segundo a Norma Técnica L11.032:1992 da CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). Em tal procedimento o decibelímetro, nas medições externas, ficou posicionado a 3,5 m de distância de superfícies refletoras (paredes, móveis, muros, etc.) e a uma altura de 1,2 m do solo. Nas avaliações do ruído no ambiente interno do Mercado, o equipamento ficou a uma distância de 1,5 m do solo, 1,0 m de qualquer outra superfície refletora e 1,5 m de janelas.

Foram realizadas duas campanhas de coleta de dados, a primeira durante o mês de outubro de 2011 e a segunda em novembro de 2011, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Campanhas amostrais de ruído.

Ponto	Código	Campanha 01	Campanha 02
Saída 1	S1	03/out	09/nov
Saída 2	S2	03/out	09/nov
Saída 3	S3	03/out	09/nov
Corredor 1	C1	04/out	10/nov
Corredor 2	C2	04/out	10/nov
Corredor 3	C3	04/out	10/nov
Corredor 4	C4	05/out	11/nov
Corredor 5	C5	05/out	11/nov
Túnel	T	05/out	11/nov

Nas duas campanhas realizadas, o aparelho ficou 8 horas em cada ponto amostral, sendo recolhidos dados a cada minuto, onde os mesmos foram, posteriormente, transmitidos para um computador. Foram selecionados 9 pontos amostrais, distribuídos conforme exibido na Figura 10.

Figura 10 - Pontos amostrais no Mercado Municipal (ruído).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção foram abordados os principais resultados obtidos durante a coleta de dados da presente pesquisa.

5.1 Material Particulado

A Tabela 2 exibe os resultados obtidos com os ensaios gravimétricos para as concentrações diárias de MP_{10} durante os meses de abril a junho de 2011, na área interna e externa do Mercado Municipal.

Tabela 2 – Dados do Mercado Municipal de MP_{10} dos meses de Abril a Junho de 2011.

Amostra	Data	MP_{10}		
		Interno	Externo	I/E
		$\mu g/m^3$		
				-
1	19/abr	66,72	35,25	1,89
2	25/abr	52,07	34,82	1,50
3	28/abr	116,25	24,23	4,79
4	24/mai	52,29	41,15	1,27
5	04/mai	279,42	583,89	0,47
6	06/mai	258,27	132,60	1,94
7	24/mai	52,29	41,14	1,27
8	26/mai	35,42	26,04	1,36
9	30/mai	45,00	39,58	1,14
10	01/jun	48,33	39,48	1,22
11	03/jun	66,56	75,94	0,88

O gráfico da Figura 11 a seguir mostra a disposição dos dados acima em relação às datas de amostragem.

Figura 11 - Dados do Mercado Municipal de MP₁₀ para os meses de Abril a Junho de 2011.

Nas amostras 1 a 6 foi utilizada a membrana de 1 µm de diâmetro de poro, e foi usado óleo vegetal industrial para besuntar o anel de impactação do PEM, que como já dito contaminou as membranas. Observa-se que para os dias 28 de Abril, 4 e 6 de Maio, os valores de MP₁₀ são muito maiores que para os outros dias de coleta, evidenciando a contaminação. Assim tais dados não serão levados em conta para a discussão dos resultados de Material Particulado.

Para as mostras 7 a 11 foram utilizadas membranas de 2 µm de diâmetro de poro e foi utilizado vaselina para besuntar o anel de impactação. Nesse período de 24/05/11 a 03/06/11 a média de concentração de MP₁₀ foi de 49,52 µg/m³ para a fração interna e 44,44 µg/m³ para a externa. Observa-se que a relação média I/E

(Interno/Externo) foi de 1,17. Sendo então os valores internos geralmente maiores que os externos.

A seguir está disposta a Tabela 3, com os dados de MP_{10} e $MP_{2,5}$ obtidos durante os meses de outubro e novembro de 2011.

Tabela 3 - Dados do Mercado Municipal de MP_{10} e $MP_{2,5}$ para os meses de Outubro a Novembro de 2011

Amostra	Data	MP_{10}			$MP_{2,5}$		
		Interno	Externo	I/E	Interno	Externo	I/E
		$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	-	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	-
12	04/out	31,57	18,31	1,72	20,49	17,62	1,16
13	05/out	58,81	35,33	1,66	32,33	16,78	1,93
14	17/out	37,33	29,08	1,28	34,69	25,67	1,35
15	18/out	53,25	55,86	0,95	34,19	34,94	0,98
16	25/out	31,97	33,77	0,95	26,84	11,64	2,31
17	10/nov	54,63	38,10	1,43	31,52	35,99	0,88
18	11/nov	53,52	44,00	1,22	48,46	37,82	1,28
19	16/nov	43,31	30,31	1,43	27,15	26,78	1,01
Média		45,55	35,60	1,33	31,96	25,91	1,36

Nas coletas 12 a 19 as membranas utilizadas foram as de 2 μm de diâmetro de poro, e o material usado para besuntar o anel de impactação foi vaselina, que não contaminou as membranas. A seguir está disposta a Figura 11 onde um gráfico com os dados de MP_{10} e $MP_{2,5}$ mostrados na Tabela 3 são exibidos.

Figura 12 - Dados do Mercado Municipal de MP₁₀ e MP_{2,5} para os meses de Outubro a Novembro de 2011

Observa-se que a média da concentração de MP_{10} interna é de $45,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a externa é de $35,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A relação I/E (Interno/Externo) foi de 1,33, ou seja, os dados internos se apresentaram maiores que os externos. Algumas das concentrações interiores de MP_{10} ultrapassaram os $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que supera a recomendação da OMS – Organização Mundial de Saúde.

Pozza (2005), observou em sua pesquisa concentrações de MP_{10} externo de até $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, em meses da estação menos chuvosa da cidade de São Carlos, que compreende os meses de abril a setembro. Pode-se observar que a maioria das concentrações externas de MP_{10} encontradas na presente pesquisa também não ultrapassaram $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Segundo Celii (1999), o MP_{10} segue um comportamento cíclico na cidade de São Carlos, sendo sua concentração intimamente ligada ao índice pluviométrico.

As concentrações de $MP_{2,5}$ estiveram, em sua maioria, entre 20 e $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo a média interna de $31,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a externa de $25,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A relação I/E foi de 1,36 para o $MP_{2,5}$. Assim como para o MP_{10} , alguns dados de $MP_{2,5}$ ficaram acima da recomendação da OMS que é de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Segundo Pozza (2005), as concentrações de $MP_{2,5}$ externo chegaram a quase $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nos meses de inverno, e também apresentam comportamento cíclico. Nos trabalhos de Pozza (2005) e Celli (1999), o local de amostragem foi a Praça Voluntários da Pátria, que é vizinha ao Mercado Municipal de São Carlos.

A razão $MP_{2,5}/MP_{10}$ foi na média 0,71 para o MP interno e 0,75 para o MP externo, o que mostra que em média 70% do MP_{10} é composto de material particulado fino, o que dá certa ideia da distribuição granulométrica do material particulado. A seguir, a Tabela 4 dispõe tais dados.

Tabela 4 - Relação MP_{2,5}/MP₁₀

Amostra	Data	MP _{2,5} /MP ₁₀	
		Interno	Externo
12	04/out	0,65	0,96
13	05/out	0,55	0,47
14	17/out	0,93	0,88
15	18/out	0,64	0,63
16	25/out	0,84	0,34
17	10/nov	0,58	0,94
18	11/nov	0,91	0,86
19	16/nov	0,63	0,88
Média		0,71	0,75

Análises de Florescência de Raios X foram realizadas no material acumulado nas membranas usadas na gravimetria (PEM) das amostras dos dias referentes aos dias 26/05/2011 e 01/06/2011 para as frações internas e externas, respectivamente. Para controle foi realizado em uma membrana “branca”, ou seja, não utilizada em nenhuma amostragem, a análise de Florescência de Raios X, onde foi detectado 96% de enxofre (S) e 4% de Cobre (Cu).

Na Tabela 5 foram colocados os elementos detectados em cada amostra (interna e externa) referentes ao dia 26/05/2011. As concentrações de MP₁₀ interna e externa foram de 35,41 µg/m³ e de 26,04 µg/m³, respectivamente. O volume amostrado de ar foi de 4800 litros em cada membrana.

Tabela 5 - Resultados de Florescência de Raio X: MP₁₀ - dia 26/05/ 2011.

26/Mai – MP ₁₀ – Membrana PTFE 2,0 µm			
Interno		Externo	
Elemento	(%)	Elemento	(%)
Si	45,3	Si	52,2
Ca	18,6	S	17,3
S	16,3	Ca	11,6
K	10,5	K	9,0
Fe	6,7	Fe	7,0
Ti	2,4	Ti	2,5
Cu	0,3	Cu	0,3

A partir de tais dados foram feitos dois gráficos ilustrando a composição química do Material Particulado coletado no dia 26/05/2011. Os gráficos estão na Figura 13.

Figura 13 - Resultados de Florescência de Raio X - 26/05/2011 - MP₁₀

Semelhante ao realizado com a amostra do dia 26 de Maio de 2011, os dados referentes à Florescência de Raios-X para a amostra do dia 01 de Junho de 20011 estão dispostos na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Resultados de Florescência de Raio X: MP₁₀ - dia 01/06/ 2011.

01/Jun – MP10 – Membrana PTFE 2,0 µm			
Interno		Externo	
Elemento	(%)	Elemento	(%)
Si	38,4	Si	45,2
Al	31,6	S	20,9
S	11,0	Ca	13,4
Ca	9,2	K	10,7
K	5,1	Fe	7,4
Fe	3,4	Ti	2,1
Ti	1,2	Cu	0,2
Cu	0,1	Zn	0,1
Zn	0,04	-	-
V	0,04	-	-

Os dados acima também foram plotados em gráficos para melhor visualizar os elementos encontrados nas amostras do dia 01/06/2011. Os gráficos estão dispostos na Figura 14.

Figura 14 - Resultados de Florescência de Raio X – 01/06/2011 - MP₁₀.

Nas quatro amostras o elemento encontrado em maior proporção foi o Silício (Si), o qual pode ser proveniente ou da ressuspensão do solo ou da queima de cana-de-açúcar (POZZA, 2005) que é uma realidade na região de São Carlos. Os elementos Ferro (Fe) e Alumínio (Al) também podem ser provenientes da ressuspensão do solo ou da queima de cana-de-açúcar.

O Enxofre (S) pode ser proveniente da emissão veicular, ressaltando que tal elemento foi encontrado também na amostra “branca”, e os elementos Cálcio (Ca) e Potássio (K) podem ser provenientes da queima de cana-de-açúcar ou da queima de vegetação. O elemento Titânio (Ti) pode proveniente da ressuspensão do solo.

5.1.1 Dióxido de Carbono

Os dados de Dióxido de Carbono (CO₂) recolhidos durante a campanha amostral foram separados por ponto amostral. O gráfico da Figura 15 mostra um conjunto de *boxplots* contendo todos os dados recolhidos na pesquisa, incluindo os dados externos. Os pontos no centro de cada *boxplot* representam as médias de cada dia de amostragem.

Figura 15 - Dados de CO₂ por ponto amostral.

A metodologia proposta na RE/09 ANVISA foi a utilizada na presente pesquisa, assim os dados obtidos podem ser comparados com o padrão da Resolução. É possível ver que em nenhum dos pontos a média ultrapassou tal padrão e que todos os pontos amostrais apresentaram médias próximas, sendo o ponto 5 com maior concentração.

Através do gráfico anterior também é possível inferir que as concentrações internas são maiores que as externas. A relação média dos dados internos com os externos (I/E) é de 1,41. O fato das concentrações internas serem maiores que a externa mostra que no Mercado pode existir uma má circulação de ar, ou seja, uma ventilação ineficiente em alguns pontos.

De uma maneira geral, é perceptível a má ventilação no interior do Mercado em alguns pontos, pois existe uma quantidade muito pequena de janelas abertas, o que prejudica a renovação do ar interno. Os funcionários e lojistas também reclamaram que têm a sensação de que alguns pontos do Mercado são abafados, evidenciando novamente essa provável má circulação.

5.1.2 Monóxido de Carbono

Na Tabela 7 - Dados do Mercado Municipal para o CO. Tabela 7 estão apresentadas as médias dos dados de Monóxido de Carbono (CO) coletados durante a campanha de amostragem da presente pesquisa.

Tabela 7 - Dados do Mercado Municipal para o CO.

Ponto	CO (ppm)
1	1,66
2	1,18
3	1,15
4	0,39

Tabela 8 -Dados do Mercado Municipal para o CO. (continuação)

Ponto	CO (ppm)
5	0,68
6	0,31
7	0,37
8	0,34
9	0,43
10	0,39
11	0,32
12	0,44
Externo	0,47

A partir desses dados o gráfico da foi desenvolvido. O padrão de referência usado é o da Resolução CONAMA 03/90, que têm como padrões primário e secundário os valores de 35 ppm para uma amostragem de 1 hora, e 9 ppm para uma amostragem de 8 horas. Como os valores encontrados são bastante inferiores aos padrões de referência, tais padrões não foram plotados no gráfico da Figura 16.

Figura 16 – Dados do Mercado Municipal de CO

Pode-se observar que as concentrações médias de CO são bastante baixas, sendo os pontos 1, 2 e 3 com maiores concentrações. Tais pontos são os mais próximos aos acessos do Mercado à rua Episcopal. Apesar do ponto externo ter uma baixa concentração, nos pontos internos 1, 2 e 3 pode estar ocorrendo um acúmulo de tal poluente, que tem como principalmente fonte a combustão de veículos automotivos.

5.1.3 Compostos Orgânicos Voláteis

Os Compostos Orgânicos Voláteis (COV) foram mensurados juntos por um mesmo equipamento, ou seja, as médias dos dados apresentadas na Tabela 9 representam os COV Totais, e os mesmos estão plotados no gráfico da Figura 17.

Tabela 9 - Dados do Mercado Municipal de COV.

Ponto	COV (ppm)
1	0,17
2	0,04
3	0,04
4	0,00
5	0,01
6	0,00
7	0,00
8	0,00
9	0,00
10	0,00
11	0,00
12	0,01
Externo	0,00

Figura 17 - Dados do Mercado Municipal para COV.

A partir do gráfico da anterior é possível ver que as concentrações de COV são muito baixas. O ponto 1 é o mais próximo ao acesso do Mercado localizado perto de um semáforo na rua Episcopal, cujo transito de veículos é intenso, sendo assim a provável razão dessa maior concentração. O ponto externo apresentou menores concentrações provavelmente pela maior dispersão dos poluentes em ambiente aberto. Novamente esse fato pode corroborar a possibilidade de uma ventilação ineficiente do interior do Mercado.

5.1.4 Conforto Térmico

Nesse item serão apresentados os dados recolhidos de temperatura e umidade relativa, parâmetros que foram utilizados para se avaliar o conforto térmico no interior do Mercado e a relação com as condições externas. Para tanto, foram recolhidos dados internos e externo de forma simultânea.

A apresentação dos dados, em um primeiro momento, foi feita separando-os por dia de amostragem. Assim, nas Tabelas 10 e 11 estão apresentadas as médias dos dois parâmetros (temperatura e umidade) por dia.

No gráfico da Figura 18 estão dispostos os dados da tabela mencionada acima referentes à temperatura, juntamente com os padrões de verão e inverno da RE/09 da ANVISA, que foi utilizada para efeitos comparativos, ressaltando que tal Resolução trata de ambientes climatizados artificialmente, que não é o caso do Mercado.

Tabela 10 - Dados de Temperatura e Umidade do Mercado Municipal.

Amostra	Data	Temperatura (°C)			Umidade (%)		
		Interno	Externo	I/E	Interno	Externo	I/E
1	27/jan	25,4	-	-	68,6	-	-
2	03/fev	32,0	-	-	42,5	-	-
3	24/mar	25,8	-	-	67,5	-	-
4	28/mar	29,3	-	-	62,2	-	-
5	30/mar	26,1	-	-	72,0	-	-
6	19/abr	27,9	-	-	56,5	-	-
7	25/abr	27,2	-	-	54,2	-	-
8	28/abr	21,7	-	-	70,0	-	-
9	04/mai	23,5	-	-	57,1	-	-
10	06/mai	26,4	-	-	48,2	-	-
11	24/mai	23,7	25,50	0,93	42,1	37,1	1,14
12	26/mai	24,9	25,6	0,97	42,3	38,9	1,09
13	30/mai	19,8	21,02	0,94	52,1	48,0	1,09

Tabela 11 - Dados de Temperatura e Umidade do Mercado Municipal. (continuação)

Amostra	Data	Temperatura (°C)			Umidade (%)		
		Interno	Externo	I/E	Interno	Externo	I/E
14	01/jun	22,7	23,62	0,96	42,9	40,2	1,07
15	03/jun	24,5	24,83	0,99	47,5	45,0	1,05
16	12/jul	25,1	27,8	0,90	41,4	34,4	1,21
17	14/jul	26,9	27,5	0,98	33,7	29,6	1,14
18	26/jul	23,7	26,2	0,90	49,3	40,8	1,21
19	27/jul	24,5	29,0	0,84	39,2	30,4	1,29
20	01/ago	27,2	28,6	0,95	38,9	33,0	1,18
21	02/ago	21,4	19,4	1,10	61,6	67,2	0,92
22	10/ago	25,4	29,8	0,85	44,2	33,9	1,30
23	12/ago	25,2	26,0	0,97	43,7	40,6	1,08
24	16/ago	24,8	27,7	0,90	33,7	27,1	1,25
25	17/ago	29,5	31,7	0,93	26,6	32,0	0,83
26	04/out	28,7	31,4	0,92	36,3	29,2	1,24
27	05/out	29,0	29,8	0,97	44,4	42,1	1,05
28	17/out	25,3	24,4	1,04	56,3	58,9	0,96
29	18/out	23,1	22,0	1,05	51,0	52,4	0,97
30	25/out	27,8	28,2	0,99	52,0	48,9	1,06
31	10/nov	31,5	32,2	0,98	39,2	33,0	1,19
32	11/nov	28,9	29,7	0,97	47,3	40,6	1,16
33	16/nov	25,6	24,8	1,03	54,7	54,6	1,00
Média		25,9	26,8	0,96	49,1	40,8	1,11

Levando em consideração a RE/09 da ANVISA, para se garantir o conforto térmico humano as temperaturas no verão devem estar na faixa de 23°C a 26°C , e no inverno de 20°C a 22°C. Pode-se notar, a partir do gráfico da Figura 18, que tanto para um padrão quanto para o outro, a maioria das médias da temperatura interna ficaram fora da faixa recomendável.

Já no gráfico da Figura 19 estão dispostas as médias dos dados de umidades relativas internas e externas coletados durante a pesquisa, juntamente com os padrões de verão e inverno da RE/09 da ANVISA.

Figura 18- Dados do Mercado Municipal de Temperatura Interna e Externa.

Figura 19 - Dados do Mercado Municipal de Umidade Relativa.

Segundo a RE/09, a umidade relativa ideal para o conforto térmico no verão deve ficar entre 40% e 65%, e no inverno entre 35% e 65%. Pode-se observar que a maioria dos dados no inverno estão dentro da faixa confortável, o mesmo não ocorre para os dados no verão, ressaltando que durante tal estação apenas 3 dados foram coletados.

Nas Tabela 10 e 11 também está disposta a relação I/E que para a temperatura foi de 0,96 e para a umidade relativa foi de 1,11, ou seja, pode-se dizer que tais parâmetros internos são bastante influenciados pelas condições externas.

Outro tipo de apresentação das médias dos dados de temperatura e umidade relativa foi disposto na Figura 20. Os dados dos dois parâmetros estão dispostos no mesmo gráfico, com o temperatura no eixo y e a umidade relativa no eixo x. Tal disposição é proposta pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), denomina conforto térmico humano.

Dependendo da relação entre a temperatura e umidade relativa criam-se zonas onde a central é a de conforto. Existindo também uma zona muito quente, quando as temperaturas são acima de 35°C aproximadamente, e uma zona muito fria, quando as temperaturas são menores que aproximadamente 10°C. Existe também uma zona muito úmida quando a umidade relativa é acima de 80% e muito seca quando é abaixo de 30%.

Figura 20 - Conforto Térmico do Mercado Municipal.

Através da análise do gráfico da Figura 20 anterior, é possível ver que a maioria dos dados está dentro da faixa considerada de conforto, mas existem alguns dados na zona muito seca e alguns na zona muito quente. É possível ver também que para alguns dias era necessário ventilação para conforto e em outros era necessário Sol para o conforto.

5.1.5 Conforto Acústico

Nesse tópico foram apresentados e discutidos os resultados referentes ao conforto acústico através dos dados recolhidos de nível de ruído durante a presente pesquisa.

Nas Figuras 21 e 22 estão dispostos os gráficos contendo os dados de nível de ruído das duas campanhas amostrais realizadas. O padrão para efeito comparativo utilizado foi o da Norma Técnica L11.032 da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que diz que para áreas urbanas diversificadas, ou seja, aquelas que podem conter comércios, residências e indústrias, no período das 07:00 às 19:00 horas, considerando o ambiente interno com janelas abertas, o nível de ruído não deve ultrapassar o valor de 50 dBA.

Figura 21 - Boxplots do ruído no Mercado Municipal - Campanha 01.

Figura 22 - - Boxplots do ruído no Mercado Municipal - Campanha 02.

Nos graficos das Figuras 23, 24, 25 e 26 estão dispostos o nível de ruído em função do tempo de amostragem, para as duas campahnhas.

Figura 23 - Ruído no Mercado Municipal - Campanha 01 - Pontos S1, S2 e S30.

Figura 24 - Ruído no Mercado Municipal - Campanha 02 - Pontos S1, S2 e S30.

Figura 25 Ruído no Mercado Municipal - Campanha 01 - Pontos C1, C2, C3, C4, C5 E Tunel.

Figura 26 - Ruído no Mercado Municipal - Campanha 01 - Pontos C1, C2, C3, C4, C5 E Tunel.

Pode-se observar que os dados de cada ponto amostral, nas duas campanhas, tiveram comportamento bastante similar. No ponto S1, o nível de ruído médio na primeira campanha foi de 71,0 dBA e na segunda de 70,3 dBA. Nas duas campanhas os box-plots para tal ponto foram bastante achatados, isso significa que não houve uma dispersão dos valores de nível de ruído, ou seja, o ruído foi muito alto durante as 8 horas de amostragem. Isso implica em um impacto acústico negativo considerável nos funcionários que trabalham durante 8 ou até mesmo 10 horas, próximos ao ponto S1.

O elevado nível de ruído nesse ponto pode ser explicado pela presença de uma câmara frigorífica com um compressor que fica ligado constantemente, e devido ao seu funcionamento provoca uma vibração, que por sua vez provoca o ruído excessivo. Além disso, o tráfego de veículos da rua Episcopal pode incrementar o nível de ruído em alguns momentos.

O ponto S2, se localiza perto de um acesso ao Mercado para a rua Episcopal, assim tal ponto sofre grande influência do tráfego de veículos, as médias desse ponto foram de 60,1 e 61,2, para a primeira e segunda campanhas, respectivamente.

O ponto S3 está localizado no principal acesso do Mercado, nesse ponto há uma grande concentração de pessoas conversando, o que aumenta o nível de ruído, além disso é um ponto que também sofre influência do tráfego de veículos. As médias foram de 71,1 e 69,6 para as duas campanhas, sendo valores bastante altos.

No ponto S1, S2 e S3, por estarem próximos a ruas movimentadas sofrem influência do tráfego de veículos, o que é extremamente complicado de mitigar. No

centro da cidade o fluxo de veículos deveria ser melhor controlado, ou seja, poderiam ser criados horários específicos para o trânsito de veículos pesados, como ônibus e caminhões, e o trânsito de carros pequenos deveria ser proibido durante o horário comercial. Isso já ocorre em várias cidades europeias, como em Barcelona e Amsterdã, ou seja, é possível se fazer tal modificação, mas a cultura das pessoas também deveria sofrer modificação.

Nos pontos C1, C2, C3, C4 e C5, correspondentes aos corredores do Mercado, o nível de ruído é bastante influenciado pelo fluxo de pessoas e pela atividade das lojas. Algumas lojas tem métodos para atrair a atenção de possíveis clientes através de músicas, de vendedores que gritam ao chamar um cliente, entre outros métodos, sendo assim o nível de ruído bastante variável, como se pode ver através dos box-plots mais largos.

As médias nas duas campanhas para o ponto C1 foram de 68,0 dBA e 68,1 dBA. Para o C2 foram de 59,5 dBA e 59,2 dBA. Para o C3 de 67,4 dBA e 67,7 dBA. Para o C4 67,0 dBA e 67,3 dBA. E finalmente para o C5 67,1 dBA e 69,1 dBA.

No ponto T, no túnel que liga o Mercado à praça Voluntários da Pátria, o nível de ruído de uma maneira geral é menor que nos outros pontos, uma vez que é um ambiente de passagem, em que não se tem a necessidade de se permanecer muito tempo. Assim, esta condicionante não deve ser algo preocupante, pois a dose de ruído, ou seja, o nível de ruído relacionado com o tempo de exposição ao mesmo é pequena. As médias de nível de ruído para as duas campanhas foram de 54,1 dBA e 60,2 dBA.

6 CONCLUSÕES

Conclui-se pela presente pesquisa que:

- As concentrações de Material Particulado internas foram em sua maioria mais elevadas em relação às externas, para as duas frações avaliadas (MP_{10} e $MP_{2,5}$). As concentrações também se apresentaram maiores que o padrão de referência da OMS. Quanto às análises químicas, foi possível identificar que o MP interno está muito ligado com o MP externo.
- Os dados de CO_2 mostraram que o Mercado Municipal a ventilação pode não ser a mais adequada, pois os dados internos se apresentaram maiores que os externos, principalmente nos pontos 5 e 12.
- As concentrações de CO e COV encontradas foram muito baixas, e não se apresentaram como ponto de atenção para a qualidade do ar interno do Mercado Municipal. Os pontos 1 a 3, foram os que apresentaram as maiores concentrações desses poluentes
- Os dados de Temperatura e Umidade Relativa mostraram que na maioria dos dias o ambiente interno do Mercado estava confortável, porém existiram ocasiões onde os dados mostraram que o ambiente estava muito seco, o que pode aumentar a incidência de irritações nas vias respiratórias.
- Os dados de ruído mostraram que o ambiente interno do Mercado é bastante ruidoso, sendo em sua maioria acima do limite de referência

da Norma Técnica L11.03 que é 50 dBA. Os pontos S1 e S3 foram os que se apresentaram mais ruidosos.

7 Sugestões para próximos trabalhos

A partir das discussões da presente pesquisa, surgiram sugestões para trabalhos futuro, tais como:

- Realizar monitoramento de bioaerossóis no ambiente interno do Mercado Municipal;
- Realizar questionário para se obter dados sobre o aparecimento sintomas relacionados à SED nos usuários constantes do Mercado Municipal;
- Testar outros modelos de equipamentos de leitura de material particulado, para se obter mais resultados para efeito de comparação entre equipamentos.

8 Revisão Bibliográfica

ABNT. (1986). *NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico*.

ABNT. (1999). *NBR 10151 - Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento*.

ANVISA. (2003). *Resolução Nº 09 - Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo*.

Apte, M. G., Fisk, W. J., & Daisy, J. M. (2000). Associations Between Indoor CO₂ Concentrations and Sick Building Syndrome Symptoms in U.S. Office Buildings: An Analysis of the 1994–1996 BASE Study Data. *Indoor Air*, 10, pp. 246–257.

Arbex, M. A. (2001). *Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara - SP*. São Paulo, 2001: Faculdade de Medicina - USP.

BELOJEVIC, G. e. (2008). Urban road-traffic noise and blood pressure and heart rate in preschool children. *Environment international*, pp. p. 226–231.

Bernstein, J. A., Alexis, N., Barnes, C., Bernstein, L., Nel, A., Peden, D., et al. (2004). Health effects of air pollution. *JOURNAL ALLERGY CLIN IMMUNOL*, 114, 1116-1123.

Brito, V. P. (1999). *INCIDÊNCIA DE PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR RUÍDO EM TRABALHADORES DE UMA FÁBRICA*. Monografia de conclusão do curso de especialização em Audiologia Clínica, CENTRO DE ESPECIALIZAÇÃO EM FONOAUDIOLOGIA CLÍNICA, Goiânia.

- Bruce, N., Perez-Padilla, R., & Albalak, R. (2000). Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bulletin of the World Health Organization*, 79, pp. 1078-1092.
- BRUNO, R. e. (2004). Atmospheric particulate matter in the city of São Carlos/SP, Brazil. *International*, pp. p. 476–489.
- Bruno, R. L. (2005). *Material Particulado Atmosférico na Cidade de São Carlos – SP: Quantificação e Identificação de Fontes*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, São Carlos.
- Buonicore, A., & Theodore, L. (1988). *Air Pollution Control Equipment*. Boca Ranton: CRC Press.
- CASTANHO, A., & ARTAXO, P. (2001). .Wintertime and summertime são paulo aerosol source apportionment sutdy. *Atmospheric Environment*,, pp. p. 4889–4902.
- CELLI, C. E. (1999.). *Monitoramento do material particulado respirável suspenso na atmosfera no centro da cidade de São Carlos - SP*. São Carlos/SP: Dissertação (Mestrado)—Universidade Federal de São Carlos.
- CETESB. (1992). *NORMA TÉCNICA L11.032 - Ruído - Determinação do nível de ruído em ambientes internos e externos de áreas habitadas - Método de ensaio*.
- CETESB. (2012). *Companhia Ambiental do Estado de São Paulo*. Acesso em 2012, disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>

- Chan, D., Tam, C., & Jones, A. (2007). An Inter-comparison of VOC Types and Distribution in Different Indoor Environments in a University Campus. *Indoor and Built Environment*, 376–382.
- Coelho, C. D. (2009). *Análise dos contaminantes biológicos presentes no material particulado (PM_{2,5}) de amostras da região metropolitana de São Paulo*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Crociata, S. D., Martellotta, F., & Simone, A. (2012). A measurement procedure to assess indoor environment quality for hypermarket workers. *Building and Environment*, 47, 288-299.
- Daisey, J. M., Angell, W., & Apte, M. (2003). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. *Indoor Air*, 53–64.
- Davies, H., Marion, S., & Teschke, K. (2008). The Impact of Hearing Conservation Programs on Incidence of Noise-Induced Hearing Loss in Canadian Workers. *AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE - Hearing Conservation Program Evaluation*, pp. 1-9.
- Dockery, D. W., & Pope III, C. A. (1994). Acute Respiratory Effects of Particulate Air Pollution. *Annual Review of Public Health*, 15, 107-132.
- Emmelin, A., & Wall, S. (2007). Indoor Air Pollution: A Poverty-Related Cause of Mortality Among the Children of the World. *Chest*, 132, pp. 1615-1623.
- Erdmann, C., & Apte, M. (2004). Mucous membrane and lower respiratory building related symptoms in relation to indoor carbon dioxide concentrations in the 100-building BASE dataset. *Indoor Air*, 14, 127–134.

- Evans, G. W., Lercher, P., Meis, M., Ising, H., & Kofler, W. W. (2001). Community noise exposure and stress in children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109, pp. 1023-1027.
- Fang, L., Clausen, G., & Fang, P. O. (1998). Impact of Temperature and Humidity on the Perception of Indoor Air Quality. *Indoor Air*, 8, pp. 80-90.
- Fang, L., Wyon, D., Clausen, G., & Fanger, P. (2004). Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance. *Indoor Air*, 74-81.
- Filho, H. R., Costa, L. S., Hoehne, E. L., Pérez, M. A., Nascimento, L. C., & Moura, E. C. (2002). Perda auditiva induzida por ruído e hipertensão em condutores de ônibus. *Revista Saúde Pública*, 36, pp. 693-701.
- Fong, N. K., Mui, K. W., Chan, W. Y., & Wong, L. T. (2010). Air quality influence on chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients quality of life. *Indoor Air*, 20, pp. 434-441.
- FREW, A. (2005.). Advances in environmental and occupational diseases 2004. *ournal of allergy and clinical immunology*, pp. p. 1197–1202.
- Gama, M. S. (2008). *Estudo de um Sistema de Limpeza de Gases usando um Lavador Venturi de Seção Circular*. Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Pós-Graduação em Engenharia Química, Uberlândia.
- Gioda, A., & Aquino Neto, F. R. (2003). Poluição Química Relacionada ao Ar de Interiores no Brasil. *Química Nova*, 26, pp. 359-365.
- Godish, T. (1989). *Indoor Air Pollution Control*. Chelsea: Lewis Publishers, Inc.
- Godish, T. (1991). *Air Quality*. Chelsea: Lewis Publishers.

Herbarth, O., & Matysik, S. (2010). Decreasing concentrations of volatile organic compounds (VOC) emitted following home renovations. *Indoor Air*, 20, 141–146.

<http://www.ecivilnet.com>. (s.d.). Acesso em 23 de Fevereiro de 2011, disponível em E-Civil: http://www.ecivilnet.com/artigos/iluminacao_e_trabalho.htm

Ito, L. X. (2007). *Monitoramento da Qualidade do Ar ee Ambientes Internos – Bibliotecas*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, São Carlos.

Künzli, N., Kaiser, R., Medina, S., Studnicka, M., Chanel, O., Filliger, P., et al. (2000). Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet*, 356 , pp. 795–801.

Lee, S. C., & Chang, M. (2000). Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong. *Chemosphere*, 41, pp. 109-113.

MARQUES, K. A. (2000). *Caracterização do material particulado suspenso na atmosfera da cidade de São Carlos*. São Carlos/SP: Dissertação (Mestrado)—Universidade Federal de São Carlos.

MARQUES, K. e. (2001). Assessment of atmospheric particulate matter in São Carlos-SP, Brazil. *Environmental Management and Health*,, pp. p. 17–25.

Mendell , M., & Mirer, A. (2009). Indoor thermal factors and symptoms in office workers: findings from the US EPA BASE study. *Indoor Air*, 291–302.

Muzet, A. (2007). Environmental noise, sleep and health. *Sleep Medicine Reviews*, 11, pp. 135-142.

- MYERS, I., & MAYNARD, R. (2005). Polluted air—outdoors and indoors. *Occupational medicine, Soc Occupational Med*, p. p. 432.
- NASCIMENTO, G. C. (2011). *Avaliação da qualidade do ar em ambientes internos: Biblioteca pública*. São Carlos/SP: Dissertação (Mestrado)— Universidade de São Paulo.
- OMOKHODION, F., EKANEM, S., & UCHENDU, O. (2008). Noise levels and hearing impairment in an urban community in ibadan, southwest nigeria. *Journal of Public Health - Springer*, pp. p. 399–402.
- OMS. (2006). *Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*,.
- Park, J.-H., L., S. P., Attfield, M. D., Cox-Ganser, J. M., & Kreiss, K. (2004). Building-related respiratory symptoms can be predicted with Building-related respiratory symptoms can be predicted with. *Indoor Air*(14), pp. 425–433.
- Pekey, B., Bozkurt, Z. B., Pekey, H., Dogan, G., Zararsiz, A., Efe, N., et al. (2010). Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM10/PM2.5 in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. *INDOOR AIR*, 20, pp. 112–125.
- Perkins, H. C. (1974). *Air Pollution*. New York: McGraw-Hill.
- Peters, A., Dockery, D. W., Muller, J. E., & Mittleman, M. A. (2001). Increased Particulate Air Pollution and the Triggering of Myocardial Infarction. *Circulation*, 2810 - 2815.
- Petian, A. (2008). *Incômodo em relação ao ruído urbano entre trabalhadores de estabelecimentos comerciais no município de São Paulo*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina da Universidade de São .

- POKHREL, A. e. (2005). Case-control study of indoor cooking smoke exposure and cataract in Nepal and India. *International journal of epidemiology*, p. p. 702.
- Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., et al. (2002). Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *JAMA*, 287(9):1132-1141.
- POPE, C.; YOUNG, B.; DOCKERY, D. (2006) Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, Air & Waste Management Association, One Gateway Center, Third Floor, 420 Fort Duquesne Blvd, Pittsburgh, PA, 15222, USA,, v. 56, n. 6, p. 709–742,
- Pozza, S. A. (2005). *Identificação das Fontes de Poluição Atmosférica na Cidade de São Carlos - SP*. Dissertação de Mestrado, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA, São Carlos.
- RICHARDSON, G., EICK, S., & JONES, R. (2005). How is the indoor environment related to asthma? : literature review. *Journal of advanced nursing*, pp. p. 328–339.
- Righi, E., Aggazzotti, G., Fantuzzi, G., Ciccarese, V., & Predi, G. (2002). Air quality and well-being perception in subjects attending university libraries in Modena (Italy). *The Science of the Total Environment*, 286, pp. 41-50.
- Rios, J., Boechat, J., Gioda, A., dos Santos, C., Neto, F., & Silva, J. (2009). Symptoms prevalence among office workers of a sealed versus a non-sealed

building: Associations to indoor air quality. *Environment International*, 1136-1141.

Rios, J., Boechat, J., Gottens, A., Ramos, C., Aquino Neto, F., & Lapa, E. (2008).

Prevalence of rhinitis among office workers of a naturally ventilated old building: indoor air quality concerns. *Allergy*, 101-101.

Robertson, A. S., Burge, P. S., A., H., Sims, J., Gill, F. S., Finnegan, M., et al. (1985).

Comparison of health problems related to work and environmental measurements in two office buildings with different ventilation systems. *BRITISH MEDICAL JOURNAL*, 291, pp. 373-376.

Saraga, D., Pateraki, S., Papadopoulos, A., Vasilakos, C., & Maggos, T. (2011).

Studying the indoor air quality in three non-residential environments of different use: A museum, a printery industry and an office. *use: A museum, a printery industry and an office*, 46, 2333e2341.

SCHORNOBAY, E. (2012). *CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES INTERNOS DA REGIÃO CENTRAL DE SÃO CARLOS/SP: MATERIAL PARTICULADO E POLUIÇÃO SONORA*. São Carlos/SP: Dissertação de metrado - Universidade de São Paulo.

Seinfeld, J. H. (1986). *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*. New York: John Wiley & Sons.

Seppänen, O. A., Fisk, J. A., & Mendell, M. J. (1999). Association of Ventilation Rates and CO₂ Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings. *Indoor Air*, 9, pp. 226–252.

Silva, L. F. (2012). Impaired lung function in individuals chronically exposed to biomass combustion. *Environmental Research*, 111–117.

- SKC. Skc. In: . SKC. World Leader in Sampling Technologies, 2. D. (s.d.).
- Stern, A. C. (1976). *Air Pollution - Air Pollutants, Their Transformation and Transport*. New York: Academic Press.
- SUNDELL, J. (p. 51–58 de 2004). On the history of indoor air quality and health. *Indoor air*.
- USEPA. PM2.5 NAAQS Implementation. [S.l.], 1. (s.d.).
- WILHELM, M., & RITZ, B. (2003). Residential proximity to traffic and adverse birth outcomes in Los Angeles county, California 1994-1996. *Environmental Health Perspectives*, p. p. 207.
- WILLICH, S. e. (2006). Noise burden and the risk of myocardial infarction. *European heart journal*, p. p. 276.
- Witterseh, T., Wyon, D., & Clausen, G. (2004). The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work. *Indoor Air*, 14, pp. 30-40.
- Wyon, D. P. (2004). The effects of indoor air quality on performance and productivity. *Indoor Air*, 14, pp. 92-101.
- ZANNIN, P., DINIZ, F., & BARBOSA, W. (2002). Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. *Applied Acoustics*, pp. p. 351–358.