LEANDRO AUGUSTO BASSI ALVES

**Avaliação da qualidade ambiental de estabelecimentos comerciais da região
central 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: Engenharia Hidráulica e Saneamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Wiclef Dymurgo
Marra Junior.

[VERSÃO CORRIGIDA]

São Carlos, SP

2013

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.

A474a Alves, Leandro Augusto Bassi
 Avaliação da qualidade ambiental de
 estabelecimentos comerciais da região central de São
 Carlos, SP / Leandro Augusto Bassi Alves; orientador
 Prof. Wiclef Dymurgo Marra Junior. São Carlos, 2013.

 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, 2013.

 1. Material particulado. 2. Poluição sonora. 3.
 Conforto térmico. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **LEANDRO AUGUSTO BASSI ALVES**.

Título da dissertação: "Avaliação da qualidade ambiental de estabelecimentos comerciais da região central de São Carlos, SP".

Data da defesa: 21/06/2013

Comissão Julgadora:

Resultado:

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

APROVADO

Prof^a. Dr^a. **Mônica Lopes Aguiar**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

aprovado

Prof^a. Dr^a. **Simone Andréa Pozza**
(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

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**

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Professor Wiclef, pelo apoio, orientação e infra-estrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro essencial para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Professora Mônica, pelo apoio e suporte instrumental para o trabalho.

Ao Arthur, companheiro de pesquisa e de coletas, pelo auxílio durante a etapa experimental e discussão dos resultados.

A todos os funcionários e professores do departamento de Hidráulica e Saneamento, que de alguma forma ajudaram essa pesquisa.

Aos donos, gerentes e funcionários das lojas, por permitirem o uso do espaço e pelo apoio durante a pesquisa.

A todos os amigos de São Carlos, que sempre estiveram presentes durante estes dois anos.

À Elisa, pelo companheirismo, amor, carinho e apoio dados durante a minha estadia em São Carlos.

A toda minha família, pelo apoio incondicional.

“As convicções são inimigas mais perigosas da
verdade do que as mentiras”
Friedrich Nietzsche

RESUMO

ALVES, L. A. B. Avaliação da qualidade ambiental de estabelecimentos comerciais da região central de São Carlos, SP. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

Este estudo apresenta o diagnóstico da qualidade do ambiente interno de estabelecimentos comerciais da região central da cidade de São Carlos, localizada no interior do estado de São Paulo. Foram determinados os seguintes parâmetros: concentração mássica do material particulado em suspensão, em suas frações MP_{10} e $MP_{2,5}$, níveis de ruído, temperatura e umidade relativa. A coleta de dados foi realizada em três locais por um período de sete horas diárias, das 10 h às 17 h. Os estabelecimentos comerciais da região central da cidade de São Carlos possuíram, em média, valores de temperatura $5,1^{\circ}\text{C}$ maiores e de umidade relativa 35,5% menores que aqueles encontrados na estação meteorológica localizada na área rural da cidade. Foi encontrado alto coeficiente de correlação entre os dados climáticos das lojas e da estação meteorológica, indicando que o ambiente externo possui grande influência nos ambientes internos estudados. Do total dos dias amostrados, 54% foram indicados como desconfortáveis termicamente. As concentrações de $MP_{2,5}$ variaram de 11,4 a $40,6\ \mu\text{g.m}^{-3}$, estando acima do padrão de referência de 24 h da OMS ($25\ \mu\text{g.m}^{-3}$) em 35% dos dias amostrados. As concentrações de MP_{10} variaram de 18,4 a $85,7\ \mu\text{g.m}^{-3}$, estando acima do padrão de referência de 24 h da OMS ($50\ \mu\text{g.m}^{-3}$) em 33% dos dias amostrados. A razão interno/externo (I/E) do material particulado foi em média de 0,82 para o $MP_{2,5}$ e de 0,86 para o MP_{10} . A concentração média das amostras de material particulado realizadas na estação seca foi 1,8 vezes maior do que das amostras realizadas na estação chuvosa para o MP_{10} e 1,2 vezes maior para o $MP_{2,5}$. A razão $MP_{2,5}/MP_{10}$ média das amostras foi de 56%. O coeficiente de correlação entre os equipamentos utilizados para medida do material particulado foi de 0,40 para o $MP_{2,5}$ e 0,53 para o MP_{10} , sendo que as concentrações obtidas pelo equipamento contador de partículas foram em média 4,2 e 2,0 menores que as concentrações obtidas pelo equipamento gravimétrico para o $MP_{2,5}$ e MP_{10} , respectivamente. Os dados de ruído variaram de 50,6 a 67,2 dBA no ambiente interno e de 56,6 a 72,8 dBA no ambiente externo, com uma razão I/E média de 0,91. Com relação ao limite de 70 dBA estipulado pela OMS, 9% dos dias amostrados no ambiente externo ultrapassaram este valor. O ponto amostral mais ruidoso foi aquele localizado em frente à via com maior tráfego de veículos, e o menos ruidoso era localizado em frente a uma via com tráfego frequentemente congestionado.

Palavras-chave: Material particulado; poluição sonora; conforto térmico.

ABSTRACT

ALVES, L. A. B. Environmental quality assessment of commercial establishments in the central region of São Carlos, SP. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

This study presents the indoor environmental quality of stores in central São Carlos, an inner city of the state of São Paulo, in Brazil. The following parameters were monitored: mass concentration of particulate matter, in its fractions PM_{10} and $PM_{2.5}$, noise levels, temperature and relative humidity. Data was collected in three stores in the center of town during seven hours daily, from 10 a.m. to 5 p.m. The stores had, in average, temperature values 5.1 °C higher and relative humidity 35.5% lower than those observed in a weather station located in the countryside. High correlation coefficient between the climate data in the stores and in the weather station was found, indicating that the external environment has great influence in the internal environments studied. Of all samples, 54% indicated thermal discomfort. $PM_{2.5}$ mass concentrations ranged from 11.4 to 40.6 $\mu g.m^{-3}$, exceeding the 24 h WHO guideline (25 $\mu g.m^{-3}$) in 35% of the samples. PM_{10} mass concentrations ranged from 18.4 to 85.7 $\mu g.m^{-3}$, exceeding the 24 h WHO guideline (50 $\mu g.m^{-3}$) in 33% of the samples. The average inside/outside (I/O) ratio of the particulate matter was of 0.84 for the $PM_{2.5}$ and 0.88 for the PM_{10} . Mass concentration was 1.8 times greater in the dry season than in rainy season for the PM_{10} and 1.2 times greater for the $PM_{2.5}$. Average $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio was 56%. Correlation coefficient between the gravimetric and particle counter equipments used to determine PM mass concentration was of 0.40 for the $PM_{2.5}$ and 0.53 for the PM_{10} , and latter had average means 4.2 and 2.0 times smaller, for $PM_{2.5}$ and PM_{10} , respectively. Noise levels ranged from 50.6 a 67.2 dBA in the internal environment and 56.6 to 72.8 dBA in the external environment, with an average I/O ratio of 0.91. Concerning the 70 dBA daily exposure limit estipulated by WHO, 9% of the sampled days exceeded that value. The location with higher noise pollution was located in front of the street with higher vehicle traffic, and the one with lower noise pollution was located in a street with often congested traffic.

Keywords: Particulate matter, noise pollution, thermal comfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução das concentrações médias anuais de MP ₁₀ para a RMSP.....	11
Figura 2 – Variação sazonal nas concentrações médias MP ₁₀ em São Carlos entre setembro de 1997 e junho de 2004.....	13
Figura 3 – Média mensal das concentrações de MP ₁₀ avaliadas em São Carlos entre os anos de 1999 e 2002.....	14
Figura 4– Efeito da velocidade no ruído produzido por um veículo	17
Figura 5 – Localização da cidade de São Carlos	20
Figura 6 – Vista parcial da cidade de São Carlos com destaque para a área de estudo.....	22
Figura 7 – Área de estudo.....	23
Figura 8 – Disposição esquemática dos três estabelecimentos comerciais monitorados: E1 (a), E2 (b) e E3 (c).....	24
Figura 9 – PEM e decibelímetro instalados no suporte	26
Figura 10 – Decibelímetro Instrutherm modelo DEC-490.....	26
Figura 11 – Amostrador PEM montado (a), desmontado (b) e esquema (c).....	28
Figura 12 – Microbalança e eletrodo utilizados nos ensaios gravimétricos	29
Figura 13 – Monitor pDR 1.500	30
Figura 14 – Espectrômetro EDX-720.....	31
Figura 15 – Localização da estação meteorológica Embrapa Sudeste	32
Figura 16 – Diagrama do conforto térmico – INMET.....	33
Figura 17 – Gráfico termopluviométrico do ano de 2012 construído a partir de dados da estação meteorológica.....	35
Figura 18 – Médias diárias de temperatura do ambiente interno dos três estabelecimentos comerciais e da estação meteorológica.....	36
Figura 19 – Médias diárias de umidade relativa do ambiente interno dos três estabelecimentos comerciais e da estação meteorológica.....	36
Figura 20 – Comportamento diário de temperatura e umidade relativa do ar dias 21/08/2012 (E1) e 19/11/2012 (E3)	37
Figura 21 – Gráficos <i>boxplot</i> de temperatura diária – E1.....	38
Figura 22 – Gráficos <i>boxplot</i> de temperatura diária – E2.....	38
Figura 23 – Gráficos <i>boxplot</i> de temperatura diária – E3.....	38
Figura 24 – Gráficos <i>boxplot</i> de umidade relativa diária – E1	39

Figura 25 – Gráficos <i>boxplot</i> de umidade relativa diária – E2	39
Figura 26 – Gráficos <i>boxplot</i> de umidade relativa diária – E3	39
Figura 27 – Diagrama de conforto térmico das amostras de temperatura e umidade relativa do ambiente interno dos estabelecimentos comerciais	42
Figura 28 – Índice de calor calculado a partir das médias de temperatura e umidade relativa do ambiente interno dos estabelecimentos comerciais	43
Figura 29 – Concentração diária de $MP_{2,5}$ nos estabelecimentos comerciais – amostrador PEM	44
Figura 30 – Concentração diária de MP_{10} nos estabelecimentos comerciais – amostrador PEM	45
Figura 31 – Concentração diária de MP_{10} e $MP_{2,5}$ e razão $MP_{2,5}/MP_{10}$ das amostras realizadas no interior dos estabelecimentos comerciais durante o período de chuvas	46
Figura 32 – Evolução do MP na estação chuvosa da cidade de São Carlos.....	47
Figura 33 – Gráficos <i>boxplot</i> de $MP_{2,5}$ – E1.....	49
Figura 34 – Gráficos <i>boxplot</i> de $MP_{2,5}$ – E2.....	49
Figura 35 – Gráficos <i>boxplot</i> de $MP_{2,5}$ – E3.....	49
Figura 36 – Gráficos <i>boxplot</i> de MP_{10} – E1	50
Figura 37 – Gráficos <i>boxplot</i> de MP_{10} – E2	50
Figura 38 – Gráficos <i>boxplot</i> de MP_{10} – E3	50
Figura 39 – Concentrações diárias de $MP_{2,5}$ ($\mu g.m^{-3}$) obtidas pelos equipamentos PEM e pDR 1.500	52
Figura 40 – Concentrações diárias de MP_{10} ($\mu g.m^{-3}$) obtidas pelos equipamentos PEM e pDR 1.500	52
Figura 41 – Médias de todas as amostras de ruído separadas por ponto amostral	55
Figura 42 – Comportamento dos níveis de ruído em um dia de amostragem (E1 – 19/07/2012)	57
Figura 43 – <i>Boxplot</i> dos níveis de ruído interno (E1).....	58
Figura 44 – <i>Boxplot</i> dos níveis de ruído interno (E2).....	58
Figura 45 – <i>Boxplot</i> dos níveis de ruído interno (E3).....	58
Figura 46 – <i>Boxplot</i> dos níveis de ruído externo (E1).....	59
Figura 47 – <i>Boxplot</i> dos níveis de ruído externo (E2).....	59
Figura 48 – <i>Boxplot</i> dos níveis de ruído externo (E3).....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre as frações do material particulado	7
Tabela 2 – Valores de referência de qualidade do ar para o Material Particulado de ambientes externos: concentrações médias de 24 horas e anuais	9
Tabela 3 – Valor de referência de qualidade do ar da OMS e objetivos intermediários para o Material Particulado: concentrações médias anuais	10
Tabela 4 – Efeitos auditivos e extra-auditivos do ruído	16
Tabela 5 – Valores de referência para ruído.....	17
Tabela 6 – Características do ambiente interno dos estabelecimentos comerciais.....	25
Tabela 7 – Número de amostras diárias	34
Tabela 8 – Médias diárias de temperatura, umidade relativa, índice de calor e área do diagrama de conforto térmico do ambiente interno dos estabelecimentos comerciais.....	41
Tabela 9 – Concentração de MP_{10} e $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$), correlação interno/externo e razão interno/externo das amostras realizadas na estação seca (ago a out/2012).....	46
Tabela 10 – Concentração diária de MP_{10} e $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$) e razão $MP_{2,5}/MP_{10}$ diária (%) na estação chuvosa	46
Tabela 11 – Evolução do MP na estação chuvosa da cidade de São Carlos	47
Tabela 12 – Comparativo dos equipamentos utilizados para obtenção da concentração de $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	51
Tabela 13 – Comparativo dos equipamentos utilizados para obtenção da concentração de MP_{10} ($\mu\text{g.m}^{-3}$).....	51
Tabela 14 – Análises químicas do PTS por FRX	53
Tabela 15 – Possíveis fontes externas emissoras dos elementos identificados por FRX	54
Tabela 16 – Médias diárias de ruído (dBA), correlação interno/externo e razão interno/externo	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
d.p. – Desvio padrão
E – Ambiente externo
E# – Estabelecimento comercial #
EESC – Escola de Engenharia de São Carlos
FRX – Fluorescência de raios-x
HEPA – *High efficiency particulate air*
I – Ambiente interno
I/E – Razão entre ambiente interno e externo
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC – Índice de calor
NIOSH – *National Institute for Occupational Safety and Health*
NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*
OMS – Organização Mundial da Saúde
PAIR – Perda auditiva induzida pelo ruído
pDR – *Personal Data Ram*
PEM – *Personal Environmental Monitor*
PTFE – Politetrafluoretileno
PTS – Particulado total em suspensão
RMSP – Região metropolitana de São Paulo
SP – São Paulo
UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
USP – Universidade de São Paulo
VR – Valor de referência

LISTA DE SÍMBOLOS

μg – Microgramas

$\mu\text{g.m}^{-3}$ – Microgramas por metro cúbico

μm – Micrômetros

dB – Decibéis

dBA – Decibéis em nível de ponderação A

MP₁₀ – Material particulado com diâmetro aerodinâmico menor que 10 μm (partículas inaláveis)

MP_{10-2,5} – Material particulado com diâmetro aerodinâmico entre 10 e 2,5 μm (partículas inaláveis grossas)

MP_{2,5} – Material particulado com diâmetro aerodinâmico menor que 2,5 μm (partículas inaláveis finas)

MP_{2,5}/MP₁₀ – Razão entre MP_{2,5} e MP₁₀

°C – Graus Celsius

°F – Graus Fahrenheit

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivo geral	3
2.2	Objetivos específicos	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1	Qualidade do ar de interiores	4
3.2	Material particulado	4
3.2.1	Estudos realizados na cidade de São carlos.....	12
3.3	Poluição Sonora	15
3.4	Conforto Térmico	18
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
4.1	A cidade de São Carlos	20
4.2	Área de estudo	20
4.3	Monitoramento.....	25
4.4	Ruído.....	25
4.5	Material Particulado.....	26
4.5.1	Amostrador PEM.....	27
4.5.2	Monitor pDR 1.500	29
4.5.3	Análise Química	30
4.6	Temperatura e umidade relativa	31
4.6.1	Conforto térmico	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1	Temperatura e umidade relativa	34
5.1.1	Conforto térmico	40
5.2	Material Particulado.....	44

5.2.1	Amostrador PEM	44
5.2.2	Monitor pDR 1.500	47
5.2.3	Comparação entre equipamentos	48
5.2.4	Análise química	52
5.3	Poluição Sonora	54
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE 1 – Amostras de temperatura e umidade relativa.....	68
	APÊNDICE 2 – Amostras de MP _{2,5}	69
	APÊNDICE 3 – Amostras de MP ₁₀	70
	APÊNDICE 4 – Ensaios gravimétricos (continua)	71
	APÊNDICE 4 – Ensaios gravimétricos (continuação)	72
	APÊNDICE 5 – Amostras de ruído	73

1 INTRODUÇÃO

Ar limpo é considerado um requisito básico para a nossa saúde e bem-estar. No entanto, a poluição do ar continua sendo uma ameaça significativa à saúde humana ao redor do mundo (WHO, 2006). O crescimento econômico e populacional das cidades tem gerado cada vez mais emissões de poluentes atmosféricos nos dias atuais. A expansão das indústrias e o crescimento do número de veículos automotores presentes nas ruas podem ser considerados como os mais importantes emissores destes poluentes.

Sabe-se que a atmosfera recebe continuamente carga de material particulado e gases, além de formas de energia (calor, ruído) que podem ser considerados poluentes atmosféricos, e que os efeitos da poluição atmosférica afetam de diversas formas a saúde humana, os ecossistemas e os materiais (POZZA, 2009).

A Qualidade do Ar de Interiores (QAI) surge como uma forma de relacionar problemas na saúde humana relacionados à exposição aos poluentes atmosféricos, além de indicar a relação entre a qualidade do ar interno e externo. Estudos apontam para uma eventual piora na qualidade e na produtividade do trabalho em ambientes que possuem má QAI (WYON, 2004). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a poluição do ar interior é considerada como um dos principais problemas ambientais e de saúde pública. Estima-se que cerca de metade da população mundial, ou seja, quase três bilhões de pessoas sofram com a má qualidade do ar interior, principalmente para as pessoas nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (BRUCE, PEREZ-PADILLA, e ALBALAK, 2000).

Diversos estudos já relacionaram a má qualidade do ar com problemas na saúde humana. Segundo Pope III (2000), até o final da década de 1990, mais de 150 estudos epidemiológicos sobre os efeitos da poluição do ar na saúde humana haviam sido publicados. Embora não exista um completo consenso, a maioria dos autores concluem que as evidências epidemiológicas sugerem que a poluição por material particulado, em especial a fração mais fina advinda das fontes de combustão, comuns a centros urbanos, é um importante fator de risco para doenças cardiopulmonares e mortalidade.

SALDIVA et al. (1992) mostraram que existe relação entre o aumento do número de internações e mortes por problemas cardiorrespiratórios e eventos de aumento da concentração de poluentes na atmosfera, e que as partículas e gases são formadas de componentes químicos que podem ser tóxicos à saúde e ter potencial cancerígeno.

Neste contexto, o material particulado (MP), termo genérico usado para a mistura de partículas sólidas ou líquidas em suspensão na atmosfera, surge como um importante poluente atmosférico, estando presente muitas vezes em altas concentrações na atmosfera.

O ruído já é considerado uma parte significativa dos fatores atmosféricos que colocam em risco a saúde da população, juntamente com a poluição do ar, da água e do solo (BARBOSA e CARDOSO, 2005). No entanto, pouca atenção tem sido dada a este poluente pelas autoridades públicas, embora estudos já demonstraram o problema do ruído ambiental em grandes cidades brasileiras como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Porto Alegre (ZANININ, DINIZ e BARBOSA, 2002).

Considerando que vários estudos relacionam a má qualidade do ar com inúmeros efeitos sobre nossa saúde, o presente trabalho busca a avaliação da qualidade ambiental a qual frequentadores e trabalhadores dos estabelecimentos comerciais da região central da cidade de São Carlos estão expostos, de forma a auxiliar no emprego de medidas corretivas e preventivas para melhoria das condições ambientais locais.

2 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos geral e específico da presente pesquisa.

2.1 Objetivo geral

Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental em estabelecimentos comerciais da região central do município de São Carlos/SP, a partir do monitoramento dos seguintes parâmetros: material particulado em suspensão, em suas frações $MP_{2,5}$ e MP_{10} , ruído, temperatura e umidade relativa. A partir da análise dos dados obtidos, procurou-se identificar os níveis de poluição aos quais a população e os trabalhadores estão expostos, identificando que locais e épocas apresentam altos níveis de poluição.

2.2 Objetivos específicos:

- avaliar a concentração de $MP_{2,5}$ e MP_{10} ;
- avaliar os níveis de poluição sonora;
- avaliar os níveis de temperatura e umidade relativa do ar;
- realizar a comparação entre os ambientes interno e externo para todos os parâmetros;
- identificar diferenças entre os pontos de coleta;
- realizar comparação entre um equipamento contador de partículas e um equipamento gravimétrico utilizados para a quantificação do MP;
- avaliar composição química do MP;
- comparar os dados obtidos com padrões estabelecidos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção será apresentada a revisão bibliográfica considerada relevante para o entendimento da presente pesquisa.

3.1 Qualidade do Ar de Interiores

O número de estudos a respeito da poluição do ar é maior em ambientes externos do que aqueles realizados em ambientes internos. No entanto, medidas em ambientes internos devem ser consideradas no estudo da qualidade do ar, uma vez que as pessoas passam a maior parte do tempo dentro de tais ambientes, e podem existir emissões internas de poluentes, em adição àquelas advindas do ambiente externo.

Nos dias atuais, as pessoas passam a maior parte do seu tempo no interior de ambientes, e a exposição a poluentes presentes no ar desses ambientes, causa efeitos nocivos à saúde, como doenças respiratórias, alergias e irritação do trato respiratório (BRUCE, PEREZ-PADILLA e ALBALAK, 2000).

Indivíduos sensíveis, como idosos, crianças, portadores de doenças cardiorrespiratórias e diabéticos aparentam estar sob um risco maior para os efeitos na saúde relacionados à poluição atmosférica (USEPA, 2012).

Diversos estudos científicos alertam para o perigo da exposição à poluição do ar, indicando sua relação com o aparecimento de doenças como asma e catarata, e o aumento da mortalidade infantil (BERNSTEIN et al., 2004; FREW, 2005; MYERS e MAYNARD, 2005; PETERS et al., 1999; SUNDELL, 2004). Também foram encontradas associações entre doenças como asma (RICHARDSON, EICK e JONES, 2005) e catarata (POKHREL et al., 2005), com a má qualidade do ar em ambientes internos.

No Brasil, os estudos relacionados à qualidade do ar interior são escassos e se restringem na maioria das vezes a ambientes climatizados artificialmente. Em alguns ambientes, como bibliotecas, escolas e hospitais, também já foram conduzidos estudos, mas são ainda em número reduzido e restritos a algumas cidades (SCHORNOBAY, 2012).

3.2 Material particulado

O material particulado (MP), termo genérico para descrever a mistura complexa de partículas sólidas e líquidas de substâncias orgânicas e inorgânicas suspensas no ar,

atinge mais pessoas do que qualquer outro poluente. O tamanho, a composição química, e outras propriedades físicas e biológicas dependem da origem (fonte) e das transformações atmosféricas sofridas pelas partículas (ARBEX, 2001).

A origem do material particulado pode ser natural (ressuspensão de poeira do solo, *spray* marinho) ou antropogênica com as fontes fixas (indústrias e agrícolas) e as fontes móveis (combustão de gasolina e diesel) (CELLI, 1999).

O diâmetro das partículas que compõem o material particulado é frequentemente expresso em termos de seu diâmetro aerodinâmico, que pode ser definido como o diâmetro de densidade unitária que possua a mesma velocidade de sedimentação que a partícula estudada (POZZA, 2005).

Em 1970 a concentração das partículas com diâmetro aerodinâmico menor que 10 μm (MP_{10}), começou a ser regulamentada pela USEPA. Em 1997, a USEPA estipulou um novo padrão para o material particulado, o $\text{MP}_{2,5}$, sendo o MP dividido da seguinte maneira:

- MP_{10} : Partículas com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 10 μm
- $\text{MP}_{2,5}$: Partículas com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 2,5 μm

De forma geral, a fração grossa do material particulado respirável ($\text{MP}_{10-2,5}$) é composta de partículas primárias e a fração fina ($\text{MP}_{2,5}$) contém muito mais partículas secundárias (transformação gás-partícula). A fração fina, além dos aerossóis secundários, contém partículas advindas de processos de combustão e vapores orgânicos e inorgânicos recondensados. Segundo WHO (2003), o $\text{MP}_{2,5}$ contém a maior parte da acidez (íons de hidrogênio) e da atividade mutagênica do material particulado e o MP_{10} contém normalmente partículas da crosta terrestre e poeira advinda de estradas e indústrias. Exemplos de MP secundário incluem sulfatos, formados do SO_2 de fontes industriais e nitratos, formados da emissão NO_x de automóveis, e todos os outros tipos de combustão (USEPA, 2003).

A toxicidade das partículas é relacionada com o diâmetro aerodinâmico e a composição química. Partículas maiores que 10 μm são retidas no nariz e nasofaringe, e eliminadas pela deglutição, tosse, espirros e pelo aparelho mucociliar. Partículas menores que 10 μm de diâmetro (MP_{10}) ficam retidas nas vias aéreas superiores e podem ser depositadas na árvore traqueobrônquica. Partículas menores que 2,5 μm de diâmetro ($\text{MP}_{2,5}$) depositam-se no brônquiolo terminal. Nos alvéolos ocorre deposição de partículas bem menores, com 1 a 2 μm de diâmetro (BASCOM et al., 1996).

As partículas de maiores dimensões se depositam no solo em poucas horas, em função da ação da gravidade. Já partículas de menores dimensões são pequenas o suficiente para permanecerem em suspensão na atmosfera, movendo-se juntamente com o gás, permanecendo na atmosfera por horas ou até dias, podendo viajar por distâncias consideráveis a partir da fonte (MARQUES, 2000). A Tabela 1 ilustra as principais diferenças entre a fração fina e grossa do material particulado inalável.

Tabela 1 – Comparação entre as frações do material particulado

Característica	Fração do MP ₁₀	
	MP _{2,5}	MP _{10-2,5}
Formação	Reações químicas ou vaporização. Nucleação, condensação de núcleos, coagulação. Evaporação de gotículas nas quais os gases dissolvem e reagem	Quebras mecânicas (moagem, esmagamento, abrasão de superfícies, etc.). Suspensão de poeira e <i>spray</i> marinho
Composição	Sulfatos, nitratos, amônia, carbono, compostos orgânicos (ex. aromáticos) e metais (Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn etc.)	Poeira ressuspendida do solo, cinzas de combustão. Óxidos de elementos da crosta terrestre (Si, Al, Ti, Fe) CaCO ₃ , NaCl, pólen, esporos fúngicos, fragmentos vegetais e animais
Solubilidade	Muitos solúveis, higroscópicos.	Pouco solúveis e não higroscópicos
Fontes	Combustão de carvão, óleos combustíveis automotivos, transformações atmosféricas de NO _x , SO _x e componentes orgânicos. Processos de alta temperatura, fundições e moinhos de aço	Ressuspensão de poeira industrial e do solo. Suspensão por atividades ligadas ao solo (mineração, agricultura, trânsito em locais sem pavimentação). Construção e demolição, fontes biológicas, combustão incompleta de carvão e óleos. <i>spray</i> marinho
Meia-vida na atmosfera	Dias, até semanas	Minutos a horas
Distância de dispersão	Centenas a milhares de km	Menos de um a dez km

Fonte: Celli, 1999

Os efeitos do MP na saúde ocorrem em níveis de exposição atualmente enfrentados pela maioria das populações urbanas e rurais de ambos os países desenvolvidos e em desenvolvimento. A exposição crônica às partículas contribui para

o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, respiratórias e câncer do pulmão.

De acordo com Pope III (2000), na década de 1980 alguns estudos já apontavam que efeitos adversos na saúde humana podiam acontecer em concentrações médias e baixas. Já na década de 1990, estudos encontraram evidências de efeitos adversos na saúde de pessoas expostas a concentrações inesperadamente baixas, sendo o MP um importante fator de risco para doenças cardiopulmonares e aumento da mortalidade.

Lin et al. (1999) relacionaram a poluição do ar da cidade de São Paulo com visitas de emergências respiratórias pediátricas. A associação mais forte foi relacionada ao MP₁₀. Além disso, foi identificado que os efeitos da poluição do ar são agudos, sendo observados num período de tempo de até 5 dias.

Pesquisas recentes mostram que a atenção deve ser focada nas partículas menores que 2,5 µm de diâmetro, uma vez que são mais relevantes aos efeitos adversos à saúde do que as partículas menores que 10 µm (HARRISON et al., 2011). Elevadas concentrações de MP_{2,5} podem ser a causa de aumento do risco de infarto do miocárdio após algumas horas ou após um dia de exposição (PETERS, et al., 1999). Também foram observadas associações consistentes entre exposição ao MP_{2,5} e risco de partos prematuros (< 37 semanas) (BRAUER et al., 2008).

Existem dois tipos de padrões de qualidade do ar: primário e secundário. O padrão primário é aquele que protege contra efeitos adversos à saúde humana, incluindo as populações de alto risco, e o padrão secundário protege contra efeitos adversos ao meio ambiente. Para o material particulado o padrão primário é igual ao secundário. Eles também podem ser subdivididos em padrões de curto período (24 h), que protegem a população de efeitos adversos na saúde associados a curtos picos de exposição, e de longo período (anuais), que protegem a população a efeitos tanto de curto quanto de longo prazo (USEPA, 2012).

No Brasil, os valores de referência do material particulado estão agrupados na Resolução CONAMA nº 3 de 28 de junho de 1990 que determina níveis de média 24 h de 150 µg.m⁻³ para o MP₁₀. Para o MP_{2,5}, o país não possui padrões estabelecidos. No entanto de acordo com a OMS, seriam adequados níveis máximos de 24 h de 50 µg.m⁻³ para o MP₁₀ e de 25 µg.m⁻³ para o MP_{2,5}.

No ano de 2011 a CETESB estabeleceu novos padrões de MP₁₀ para o Estado de São Paulo e pela primeira vez definiu padrões para o MP_{2,5}. Os valores de referência para a média de 24 horas são de 120 µg.m⁻³ para o MP₁₀, e de 60 µg.m⁻³ para o MP_{2,5}. O

objetivo é, ao final de 3 estágios, atingir os mesmos padrões estabelecidos pela OMS, sendo que o primeiro estágio terá duração de três anos e para os outros dois estágios a determinação do tempo de duração será de acordo com a avaliação do estágio anterior (AFEEVAS, 2012).

Internacionalmente, além dos valores de referência adotados pela (OMS) podem ser destacados os padrões adotados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e pela União Europeia. A Tabela 2 resume os valores de referência de ambientes externos para MP_{10} e $MP_{2,5}$ adotados no Brasil e internacionalmente.

Tabela 2 – Valores de referência de qualidade do ar para o Material Particulado de ambientes externos: concentrações médias de 24 horas e anuais

Parâmetro	Tipo de média	Valor de referência ($\mu\text{g.m}^{-3}$)				
		OMS	USEPA	União Europeia	CETESB	CONAMA 03/90
MP_{10}	24 h	50	150	50	120	150
	anual	20	-	40	40	50
$MP_{2,5}$	24 h	25	35	-	60	-
	anual	10	15	25	20	-

A Organização Mundial de Saúde definiu objetivos a serem cumpridos por países para reduzir a exposição da população ao MP (Tabela 3). A cada nível alcançado, o risco de mortalidade causada por doenças associadas à poluição do ar é diminuído (MARQUES e SANTOS, 2012). Nota-se que o valor de referência da legislação CONAMA 03/90 de $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ é igual ao objetivo intermediário 2 da OMS.

Tabela 3 – Valor de referência de qualidade do ar da OMS e objetivos intermediários para o Material Particulado: concentrações médias anuais

Objetivo – Nível	MP ₁₀ ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	MP _{2,5} ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Bases para o Nível selecionado
Objetivo intermediário - 1 (OI-1)	70	35	Estes níveis estão associados com um risco de mortalidade em longo prazo por volta de 15% maior do que o <i>guideline</i> . Além de outros benefícios para a saúde, estes níveis reduzem o risco de
Objetivo intermediário - 2 (OI-2)	50	25	mortalidade prematura em 6% aproximadamente [2-11%] em comparação com o nível OI-1. Além de outros benefícios para a saúde, estes níveis reduzem o risco de
Objetivo intermediário - 3 (OI-3)	30	15	mortalidade prematura em 6% aproximadamente [2-11%] em comparação com o nível OI-2. Estes são os níveis mais baixos, dos quais se tem demonstrado, com mais de 95%
GQA - Guia de Qualidade do ar (<i>guideline</i>)	20	10	de confiança, que a mortalidade total, cardiopulmonar e por câncer de pulmão, aumenta a resposta à exposição prolongada ao MP _{2,5} .

Fonte: Adaptado de OMS (2006 apud MARQUES; SANTOS, 2012)

A concentração anual de $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ para o MP_{2,5} foi escolhida como o valor de referência de longa duração pela OMS pois representa o menor valor em que foram encontrados efeitos significativos em estudos das Sociedade Americana de Câncer (POPE et al., 2002).

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

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

Na cidade de São Paulo, Castanho (1999) avaliou a concentração de material particulado, nos períodos de inverno (1997) e verão (1998). As concentrações de MP_{10} em médias de 24 horas variaram de 20 a 160 $\mu\text{g.m}^{-3}$, sendo os máximos de concentrações coincidentes com o pico de tráfego de veículos. A emissão veicular explicou 28% e 24% da massa de particulado fino no período de inverno e verão, respectivamente.

Na região metropolitana de São Paulo (RMSP), nos últimos 10 anos houve melhoria nos níveis de concentração de MP_{10} (Figura 1), o que deve ser resultado de ações e programas de controle de emissões ao longo dos anos (CETESB, 2011).

Figura 1 – Evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} para a RMSP
Fonte: CETESB, 2011

Medições realizadas pela CETESB na RMSP, desde 1987, mostraram que o $MP_{2,5}$ corresponde a cerca de 60% do MP_{10} , um indício de que em locais onde as fontes veiculares são preponderantes, as partículas finas são responsáveis por grande parte do MP respirável (CETESB, 2011).

Os veículos estão entre as principais fontes poluidoras nos centros urbanos, sendo responsáveis por emissões de metais (como Cu, Zn, Cd, Sb, Ba) agregados ao MP (STERNBECK, SJODIN e ANDRÉASSON, 2002), além de gases como CO_2 , CO, SO_2 e NO_x . Em Berlim, Lenschow et al. (2001) encontraram que o tráfego de veículos é a mais importante fonte de MP_{10} (50%) em uma rua movimentada. Além disso, calcularam que um terço do $MP_{2,5}$ e dois terços do $MP_{10-2,5}$ são devidos à ressuspensão.

Pekey et al. (2010), em um estudo realizado em 15 casas na cidade de Kocaeli, na Turquia, encontraram médias de $MP_{2,5}$ de 29,8 e 23,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$, no verão, e 24,4 e 21,8 $\mu\text{g.m}^{-3}$, no inverno, para os ambientes internos e externos, respectivamente. Para o MP_{10} , as médias encontradas foram de 45,5 e 59,9 $\mu\text{g.m}^{-3}$, no verão, e 56,9 e 102,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$, no inverno, para os ambientes internos e externos, respectivamente.

Castanho e Artaxo (2001) identificaram como principais fontes de $MP_{2,5}$ atmosférico na região metropolitana de São Paulo: veículos, ressuspensão de partículas do solo, combustão e óleo combustível, além de sulfatos e emissões industriais.

Estudos realizados pela CETESB indicam que grande parte das partículas inaláveis finas na RMSP é de origem veicular, quer pela emissão direta deste poluente quer pela emissão de gases, destacando-se os compostos orgânicos voláteis e o dióxido de enxofre, que reagem na atmosfera dando origem a material particulado secundário. As fontes móveis e fixas foram responsáveis pela emissão para a atmosfera de cerca de 5 mil toneladas por ano de material particulado, sendo os veículos são responsáveis por 40% das emissões de MP_{10} (CETESB, 2011).

3.2.1 Estudos realizados na cidade de São carlos

O estudo do material particulado no município de São Carlos foi desenvolvido com o uso de um amostrador de grandes volumes (*Hi-Vol*) entre os anos de 1997 e 2006 pelos pesquisadores da área de Controle Ambiental da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). O equipamento coletava a fração MP_{10} do material particulado em suspensão, durante períodos de 24 horas, em dias alternados da semana. Inicialmente com 5 pontos amostrais, o monitoramento do MP foi reduzido a apenas um ponto no centro da cidade, escolhido devido à grande densidade de pessoas, grande fluxo de veículos e concentrações médias semelhante aos outros pontos monitorados (CELLI, 1999).

Entre setembro 1997 e janeiro de 2000, foi verificado que os valores encontrados de MP_{10} atingiram a concentração máxima de 100 $\mu\text{g.m}^{-3}$, no inverno de 1998, e mínima de 12 $\mu\text{g.m}^{-3}$, na primavera de 1997. As maiores médias foram encontradas nos meses de julho e agosto, coincidindo com o período da queima de cana-de-açúcar na região (CELLI, 1999; MARQUES et al. 2001).

Bruno et al. (2004) analisaram as concentrações de MP_{10} em entre setembro de 1997 e junho de 2004, encontrando um padrão anual (Figura 2), com picos ocorrendo

Figura 3 – Média mensal das concentrações de MP₁₀ avaliadas em São Carlos entre os anos de 1999 e 2002

Fonte: Bruno et al., 2004

Pozza (2005) estudou as características temporais do material particulado em suspensão na atmosfera, no período de setembro de 1997 a fevereiro de 2006, sendo observada sazonalidade da concentração, com valores mais altos nos períodos de inverno, época de menor pluviosidade. Nesses períodos, a concentração de MP₁₀ alcançou valores tão altos quanto 80 e 120 µg.m⁻³.

Schornobay (2012), realizando monitoramento em lojas da região central da cidade, encontrou um aumento das concentrações do MP_{2,5}, nos últimos dez anos, quando comparado com estudos anteriores. Além disso, esse aumento do MP_{2,5} não é acompanhado pela elevação do MP₁₀, se apresentando como uma fração cada vez mais significativa do MP₁₀.

Bruno et al. (2004) observaram que, na cidade de São Carlos, a composição elementar do MP_{10-2,5} tem como principais elementos alumínio, silício, cálcio, titânio, manganês, ferro e elementos traçadores de ressuspensão do solo. Com relação ao MP_{2,5} o enxofre aparece como o elemento mais significativo quanto à massa, seguido do potássio.

Pozza (2005) realizou um estudo para identificação das fontes de material particulado da cidade de São Carlos, encontrando as seguintes fontes: solo, emissão veicular e queimadas. Para a fração grossa (MP₁₀), foram encontrados ferro, silício e alumínio como os elementos mais representativos e contribuição significativa da queimada de material orgânico no período seco (outono-inverno). Já na fração fina

(MP_{2,5}), observou-se a presença muito representativa de enxofre, seguido de carbono orgânico e potássio.

3.3 Poluição Sonora

A poluição sonora tem cada vez mais ganhado espaço junto às publicações científicas. Isso se deve ao fato de que o ruído urbano é cada vez mais comum devido aos avanços tecnológicos e, principalmente, ao aumento do número de veículos circulantes nas ruas. O ruído, juntamente com a poluição do ar, do solo e da água, constituem um grupo significativo de fatores de risco para a saúde humana (BARBOSA e CARDOSO, 2005)

Em países com grandes problemas sociais, o estudo da poluição sonora não recebe a devida atenção. No Brasil, as pesquisas relacionadas com o ruído urbano ainda concentram-se, principalmente, nas grandes cidades.

De acordo com a OMS, o ruído pode causar prejuízo à audição, interferir na comunicação, perturbar o sono, ter efeitos cardiovasculares e fisiológicos, reduzir o desempenho intelectual e causar mudanças no comportamento social.

Passchier-Vermeer e Passchier (2000) afirmam que há evidências científicas suficientes de que a exposição ao ruído pode induzir a perda da audição, causar hipertensão e doença cardíaca isquêmica, aborrecimento, distúrbios do sono e redução da concentração.

Muzet (2007) relata que estamos expostos a diferentes fontes de ruído, sendo que o ruído de tráfego representa a maior parte da poluição sonora que afeta as pessoas nas cidades grandes e seus arredores e que os efeitos do ruído podem ser tanto auditivos quanto extra-auditivos (Tabela 4). O tempo de exposição e a intensidade sonora são fatores inter-relacionados no que se referem aos danos auditivos (MUZET, 2007). Quanto maior a intensidade sonora, menor deve ser o tempo de exposição, para que não ocorram prejuízos auditivos (PETIAN, 2008).

Tabela 4 – Efeitos auditivos e extra-auditivos do ruído

Efeitos Auditivos	Efeitos extra-auditivos		
	Efeitos biológicos	Efeitos subjetivos	Efeitos comportamentais
Surdez temporária e permanente	Distúrbio do sono, sistemas autônomos (cardiovascular, endócrino e digestivo), crescimento e sistema imune	Irritação, fadiga, falta de concentração	Uso de medicamentos, sintomas psiquiátricos, aprendizado

Fonte: Muzet, 2007

Segundo Dias (2007), o principal dano provocado pelo ruído ocupacional é a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR), que é uma doença irreversível de instalação insidiosa e crônica, que deteriora a audição. O mesmo autor, ao analisar 19 artigos que abordavam ruído em ambientes de trabalho, encontrou que a exposição ocupacional ao ruído resultou em: PAIR (40%), perdas auditivas gerais (20%), zumbido (12%), hipertensão arterial (12%), tontura (8%), variação da pressão arterial (4%) e acidentes do trabalho (4%).

Barbosa e Cardoso (2005), em seu estudo com 624 trabalhadores da companhia de engenharia de tráfego (CET) de São Paulo identificaram que a prevalência de suspeita de PAIR era de 28%, sendo a proporção maior entre trabalhadores do sexo masculino, de maior idade e aqueles em que o local de trabalho era mais ruidoso.

A PAIR geralmente não é detectada até haver dano avançado ao ouvido interno. Muito é sabido a respeito dos efeitos deletérios do ruído, porém poucos esforços têm sido feitos para reduzir o ruído nas fontes, para a proteção da audição em ambientes ruidosos e para educar as pessoas com relação à importância de preservar a audição até idades mais avançadas (CLARK e BOHNE, 1999).

A norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) fixa os valores de referência para ruído em áreas mistas, com vocação comercial e administrativa como 60 dBA para ambientes internos e 50 dBA para ambientes externos. Esses valores podem ser considerados muito restritivos quando comparados com aqueles fixados pela OMS, de 70 dBA, tanto para

ambientes internos quanto externos para áreas industriais, comerciais e de tráfego (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores de referência para ruído

Tipo de área	Referência	Ruído (dBA)	
		Interno	Externo
Mista, com vocação comercial e administrativa	NBR 10.151	50	60
Industrial, comercial e de tráfego	OMS	70	70

Fonte: ABNT (2000) e WHO (1999)

De acordo com Ward, Robertson e Allsop (1998), o ruído proveniente do tráfego de veículos provém de duas fontes principais: dos motores e da interação entre os pneus e a estrada, sendo que os últimos dominam em velocidades mais altas – acima de 20-40 km.h⁻¹ para carros. O ruído da interação entre os pneus e a estrada aumenta com a velocidade, tipicamente 12 dBA para cada dobro de velocidade, conforme ilustrado pela Figura 4.

Figura 4 – Efeito da velocidade no ruído produzido por um veículo

Fonte: Ward, Robertson e Allsop (1998)

Zaninin, Diniz e Barbosa (2002) avaliaram valores de ruído em mais de 100 localidades da cidade de Curitiba e encontraram que, em 93,3% dos locais monitorados os valores estavam acima de 65 dBA, e em mais de 40% dos locais os valores eram superiores a 75 dBA.

Petian (2008) aplicou questionários com perguntas abertas a mais de 400 trabalhadores de estabelecimentos comerciais, em mais de 10 bairros da cidade de São Paulo. A maioria dos trabalhadores, 57%, achava o local de trabalho ruidoso e, para 34%, o ruído atrapalhava muito. O ruído apareceu em terceiro lugar na lista dos problemas que mais incomodavam na cidade, ficando atrás apenas da violência e da poluição do ar. Perda auditiva, estresse, irritabilidade, dor de cabeça e alterações no sono foram relacionadas ao ruído urbano. Os níveis médios de ruído medidos variaram de 70,4 dBA a 88,6 dBA.

Kawakita (2008) constatou que os níveis de ruído em frente às habitações da rodovia SP 270 ultrapassavam o nível de ruído máximo admitido para o conforto em habitações e que a população considerava o ruído um fator de desgosto.

Costa e Lourenço (2011) avaliaram os níveis de ruído externo na cidade de Sorocaba/SP. Da área total monitorada, apenas 7% das regiões possuíam níveis de ruído menores que de 60 dB e, em 20% da área, os níveis de ruído alcançaram valores de 80 dB.

Na cidade do interior do estado de São Paulo, São Carlos, Schornobay (2012) encontrou valores de ruído, no calçadão, inferiores aos encontrados nos ambientes que ficavam de frente para as vias de circulação de veículos, indicando que os veículos representam uma fonte relevante para aumento dos níveis de poluição sonora do centro da cidade.

3.4 Conforto Térmico

Silva (2010) demonstrou que houve associação entre a morbidade e as variáveis climáticas e o índice de conforto de forma diferenciada nos grupos etários e de doenças. As condições de desconforto para frio e a alta amplitude térmica consistiram em fatores mais agravantes para o desencadeamento das doenças.

Ito e Aguiar (2007) avaliaram a qualidade do ar da Biblioteca Pública Municipal Amadeu Amaral, localizada na região central da cidade de São Carlos, no período de

julho de 2005 a junho de 2006. A temperatura interna variou entre 19 e 30 °C e a umidade relativa interna variou entre 37 e 65%. Nascimento (2011), em seu estudo, realizado na mesma biblioteca, identificou que a temperatura, a umidade relativa e o ruído estavam em desacordo com os critérios estabelecidos em normas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção será apresentada a metodologia utilizada para a coleta das variáveis, bem como o detalhamento dos equipamentos utilizados e os locais escolhidos para a realização do estudo.

4.1 A cidade de São Carlos

O município de São Carlos localiza-se na região central do estado de São Paulo (22° 01' 04" S, 47° 53' 27" O) (Figura 5). Possui uma área total de 1.137,303 km², sendo cerca de 6% dessa área considerada urbana (68 km²), com 33 km² de área urbana ocupada (IBGE, 2010). Possui uma população de 226.322 habitantes (estimativa para 2012), com cerca de 95% deles vivendo em áreas urbanas (IBGE, 2010). Ela pode ser tomada como representante da região sudeste, onde as atividades industriais e agrícolas são intensivas e aproximadamente equivalentes em importância (BRUNO et al., 2006). Possuía, em 2009, uma frota de 128.705 veículos automotores, sendo 65 % dos veículos automóveis e 18 % motocicletas (IBGE, 2010).

Figura 5 – Localização da cidade de São Carlos

Fonte: earth.google.com.br/

4.2 Área de estudo

A área de estudo escolhida foi a região central da cidade de São Carlos, mais especificamente estabelecimentos comerciais localizados em vias no entorno do

Mercado Municipal Antônio Massei. Essa região concentra grande parte das atividades comerciais do centro da cidade, com intenso tráfego de pedestres e veículos. Para a realização das amostragens, foram escolhidos três estabelecimentos comerciais, sendo que cada um contava com um ponto amostral interno e outro externo. Na Figura 6 é possível ver uma parte da cidade de São Carlos com destaque para a área de estudo e a Figura 7 apresenta a região do Mercado Municipal em detalhe, com destaque para os estabelecimentos comerciais monitorados e pontos de interesse próximos.

O estabelecimento comercial 1 (E1) localiza-se na calçada direita da rua Geminiano Costa, entre a avenida São Carlos e a rua Episcopal, em frente à praça do Mercado Municipal. É um local de interesse, pois concentra o trânsito advindo da avenida comendador Alfredo Maffei e da rua Episcopal, duas importantes vias da cidade, em direção à avenida São Carlos, a mais importante via da cidade. A loja realiza comércio de produtos de pesca e caça, entre outros. Com relação à ventilação, possui dois ventiladores de parede em seu interior, além de uma pequena varanda nos fundos do estabelecimento, porém não existem janelas.

O estabelecimento comercial 2 (E2) localiza-se na calçada direita da rua Jesuíno de Arruda, entre a avenida São Carlos e a rua Episcopal. Por ser uma via de apenas uma faixa, e que conta com estacionamento em ambos os lados, possui trânsito congestionado a maior parte do tempo, com um fluxo de veículos pequeno se comparado com outras vias da região. É um estabelecimento comercial de venda de produtos agropecuários, inclusive com venda de ração animal a granel. Existe uma pequena janela mas não há qualquer tipo de ventilação forçada em seu interior.

O estabelecimento comercial 3 (E3) localiza-se na calçada direita da avenida São Carlos, entre a rua Geminiano Costa e a rua General Osório (calçadão). Esta avenida é a mais importante da cidade, com intenso tráfego de veículos. A avenida possui uma faixa de tráfego exclusivo de ônibus. O E3 comercializa artigos de vestuário e possui ventilação forçada composta de oito ventiladores de teto, mas sem janelas em seu interior. A Figura 8 apresenta a disposição esquemática dos comércios monitorados. A Tabela 6 resume as principais características do ambiente interno dos três pontos amostrais.

Figura 6 – Vista parcial da cidade de São Carlos com destaque para a área de estudo

Fonte: br.bing.com/maps/

Legenda:

M – Mercado municipal

P – Praça do mercado municipal

V – Praça Voluntários da Pátria

I – Área de comércio informal

1 – Estabelecimento comercial 1 (R. Geminiano Costa)

2 – Estabelecimento comercial 2 (R. Jesuíno de arruda)

3 – Estabelecimento comercial 3 (Av. São Carlos)

Figura 7 – Área de estudo

Fonte: <http://br.bing.com/maps/>

Figura 8 – Disposição esquemática dos três estabelecimentos comerciais monitorados:

E1 (a), E2 (b) e E3 (c)

Tabela 6 – Características do ambiente interno dos estabelecimentos comerciais

Local	Localização	Tipode produto comercializado	Tipo de ventilação forçada	Área, m²	Distância entre amostragem interna e externa, m
E1	R. Geminiano Costa	Pesca e caça	2 ventiladores de parede	165	21
E2	R. Jesuíno de Arruda	Agropecuário	Ausente	128	12
E3	Av. São Carlos	Vestuário	8 ventiladores de teto	292	27

4.3 Monitoramento

Simplificadamente, o monitoramento consistia na utilização de amostradores gravimétricos de material particulado e decibelímetros instalados em um suporte, a aproximadamente 1,5 metro do chão (Figura 9), podendo ser utilizado tanto no ambiente interno quanto externo (para as coletas em ambiente externo, o suporte era colocado dentro das lojas, em uma distância menor que 1 metro da calçada). Além disso, um monitor de material particulado, temperatura e umidade relativa era colocado em um balcão interno próximo aos outros equipamentos. A descrição com maiores detalhes dos equipamentos e metodologias utilizados será realizada a seguir.

4.4 Ruído

As coletas de dados de ruído foram realizadas entre julho a dezembro do ano de 2012. Foram utilizados medidores de nível de pressão sonora (decibelímetros), modelo DEC-490 da marca *Instrutherm* (Figura 10), com escala de medição de 30 a 130 dB. O aparelho armazena a sequência de leituras de ruído ao longo do tempo, com intervalo de 30 segundos. O procedimento da coleta de dados foi realizado, acompanhando-se a Norma Técnica NBR 10.151 (ABNT, 2000). Foram utilizados dois decibelímetros, para a realização de medidas no ambiente interno e externo simultaneamente.

Figura 9 – PEM e decibelímetro instalados no suporte

Figura 10 – Decibelímetro Instrutherm modelo DEC-490

4.5 Material Particulado

A concentração mássica de material particulado em suspensão foi medida em duas frações: o material particulado inalável (MP_{10}) e o material particulado inalável fino ou respirável ($MP_{2,5}$). A análise química foi realizada no material particulado total

(PTS). Duas metodologias distintas foram utilizadas para quantificação da concentração mássica do material particulado: gravimetria e fotometria, que serão descritas em detalhes a seguir.

4.5.1 Amostrador PEM

Ambas as frações do MP foram quantificadas, seguindo-se a metodologia *IP-A10*, redigida pela empresa *SKC, Inc.*, que foi sugerida para se tornar norma reguladora da USEPA. Nesta metodologia, o material particulado é coletado com um equipamento chamado *Personal Environmental Monitor* (PEM) (Figura 11).

O material particulado foi coletado nos amostradores PEM em duas campanhas, que foram divididas em estação seca (meses de agosto, setembro e outubro de 2012) e estação chuvosa (mês de janeiro de 2013). Na estação seca, foram realizadas amostragens no ambiente interno e externo, sendo coletada apenas uma fração do MP por dia. Na estação chuvosa, optou-se por realizar coletas apenas no ambiente interno, sendo possível, desta forma, amostrar as duas frações do MP simultaneamente e determinar a razão $MP_{2,5}/MP_{10}$.

O amostrador PEM é um aparelho que consiste de um impactador em estágio único, seguido de filtração. Ele deve ser acoplado a uma bomba de vácuo com vazão constante de $10 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. Neste trabalho, foram utilizadas bombas *Leland Legacy Sample Pump* da marca *SKC*. A bomba de sucção para o amostrador gravimétrico era colocada dentro de uma caixa de isolamento acústico, e o amostrador PEM, preso a um suporte na altura de aproximadamente 1,5 metro do solo.

A etapa de impactação é realizada para coleta das partículas maiores que o diâmetro aerodinâmico de corte, que são retidas no anel de impactação do PEM untado com vaselina. As partículas menores que o diâmetro de corte ficam então retidas na membrana de PTFE. Neste trabalho, foram utilizadas membranas da marca *Pall* de 37 mm de diâmetro, com poros de $2 \mu\text{m}$, conforme especificado pelo fabricante.

Figura 11 – Amostrador PEM montado (a), desmontado (b) e esquema (c)

Os ensaios gravimétricos com as membranas utilizadas nos amostradores PEM foram realizados em uma microbalança da marca *Mettler Toledo*, modelo XP2U, com resolução de 0,1 µg, localizada no Laboratório de Controle Ambiental do Departamento de Engenharia Química da UFSCar. Houve também o auxílio de um eletrodo para remoção de cargas eletrostáticas presentes nas membranas. As membranas eram mantidas em um dessecador por 24 ± 1 h antes da pesagem, para reduzir os efeitos da umidade. A microbalança e o eletrodo podem ser vistos na Figura 12.

Figura 12 – Microbalança e eletrodo utilizados nos ensaios gravimétricos

A determinação da concentração da fração do MP coletado é obtida por ensaio gravimétrico, através da pesagem das membranas, antes e após a coleta, e dividindo a massa acumulada pelo volume amostrado, conforme a Equação 1.

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

- C = concentração mássica ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$);
- m_1 = massa da membrana pré-coleta, (μg);
- m_2 = massa da membrana pós-coleta, (μg);
- V = volume amostrado (m^3).

4.5.2 Monitor pDR 1.500

De forma a comparar os dados obtidos com os amostradores PEM, foi utilizado um monitor de material particulado *personal Data Ram* 1.500 (pDR 1.500) da marca

Thermo Scientific (Figura 13). O pDR 1.500 é um contador de partículas em tempo-real de material particulado que se baseia no princípio fotométrico. A corrente de ar entra em vazão constante através de um ciclone que, ajustando a vazão, define o diâmetro aerodinâmico de corte das partículas. A corrente passa então pelo sensor óptico que mede a concentração de material particulado em tempo real por fotometria de espalhamento de luz.

Para o presente trabalho, foram utilizados intervalos de registro de dados de 1 min. Essa tecnologia é independente da velocidade com que as partículas passam pelo sensor, então, mudanças na vazão não têm efeito na medida da concentração. Para o MP_{10} , foi utilizada uma vazão de $1,52 \text{ L.min}^{-1}$ e para o $MP_{2,5}$, foi utilizada uma vazão de $1,19 \text{ L.min}^{-1}$, além de ciclones de entrada diferentes, conforme especificado pelo fabricante. O valor de referência fixado como zero era obtido, utilizando-se um filtro HEPA antes de cada amostragem.

Figura 13 – Monitor pDR 1.500

4.5.3 Análise Química

A análise química do material particulado foi realizada por fluorescência de raios-X (FRX), que é um método quali/quantitativo, baseado na medida de comprimento de onda ou nas energias e intensidades dos raios-X característicos, emitidos por elementos químicos que constituem a amostra (POZZA, 2005).

A análise química foi realizada apenas no particulado total em suspensão (PTS), uma vez que estudos anteriores mostraram que as membranas de PTFE utilizadas nos amostradores PEM não são adequadas para utilização da técnica de FRX

(SCHORNOBAY, 2012). Além disso, foi escolhido utilizar uma bomba com vazão maior do que aquela utilizada com os amostradores PEM, para obter um volume amostral maior.

As coletas de PTS foram realizadas, utilizando-se um suporte com membrana filtrante e uma bomba de vácuo. A bomba de vácuo utilizada era da marca Fisatom com vazão constante de 1.400 L.h^{-1} durante 7 h em cada local, totalizando um volume de 9.800 L em cada amostra. As membranas filtrantes utilizadas eram de fibra de vidro da marca *Machenerey-Nagel*, modelo MN GF-3, de 47 mm de diâmetro, com poros de $0,6 \mu\text{m}$ de diâmetro. Foi utilizado um suporte de membrana simples, e não houve preparação prévia das membranas. As análises foram realizadas no Laboratório de Controle Estrutural do departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar. Foi utilizado o espectrômetro EDX-720 *Energy Dispersive X-Ray Spectrometer* da marca *Shimadzu* (Figura 14), com colimador de 10 mm e a atmosfera de ar. O limite de detecção é elevado para os elementos de número atômico entre sódio ($Z = 11,23 \text{ g/mol}$) e urânio ($Z = 92,24 \text{ g/mol}$).

Figura 14 – Espectrômetro EDX-720

4.6 Temperatura e umidade relativa

Para o ambiente interno dos estabelecimentos comerciais, foram utilizados os dados de temperatura e umidade relativa registrados pelo monitor pDR 1.500, com intervalo de registro de um minuto. Para o ambiente externo, foram utilizados os dados

de temperatura média, umidade relativa e precipitação da estação meteorológica da Embrapa Sudeste, localizada nos arredores da cidade de São Carlos, distante aproximadamente 8 km dos pontos amostrais (Figura 15). O equipamento utilizado para a medição da temperatura e umidade relativa do ar na estação meteorológica é o sensor HMP 50, da *Campbell Scientific*, conectado a um coletor automático de dados CR 1000, também da *Campbell Scientific*.

Figura 15 – Localização da estação meteorológica Embrapa Sudeste

4.6.1 Conforto térmico

Para a análise do conforto térmico, foi utilizado o diagrama de conforto térmico recomendado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Figura 16, que define limites máximos e mínimos para a temperatura e umidade relativa. Também foi utilizada uma expressão do índice de calor (IC), da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (ROTHFUSZ; HEADQUARTERS, 1990). O índice de calor ou a “temperatura aparente” é uma medida precisa da sensação de calor, quando a umidade relativa é adicionada à temperatura do ar. O limite para conforto térmico do índice de calor é 80 °F (26,7 °C).

Para elaboração deste índice, são levados em consideração valores monitorados de temperatura e umidade relativa do ar. Outros parâmetros são considerados neste cálculo, mas, para estes, os valores são assumidos, baseados em estudos

biometeorológicos, afim de simplificar o modelo (SCHORNOBAY, 2012). O índice IC é calculado, utilizando-se a Equação 2.

Figura 16 – Diagrama do conforto térmico – INMET

$$\begin{aligned}
 IC = & -42,379 + 2,04901523(T) + 10,14333127(UR) - 0,22475541(T \cdot UR) \\
 & - 6,83783 \cdot 10^{-3}(T^2) - 5,481717 \cdot 10^{-2}(UR^2) \\
 & + 1,22874 \cdot 10^{-3}(T^2 \cdot UR) + +8,5282 \cdot 10^{-4}(T \cdot UR^2) \\
 & - 1,99 \cdot 10^{-6}(T^2 UR^2)
 \end{aligned}$$

Equação 2

Sendo:

- IC = Índice de calor (°F);
- T = Temperatura (°F);
- UR = Umidade relativa (%).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados foi realizada nos meses de julho de 2012 a janeiro de 2013. Primeiramente, iniciou-se o monitoramento no dia 5/7/2012 em apenas um estabelecimento comercial (E1). A partir do dia 1/8/2012 foram realizadas amostragens também no segundo estabelecimento (E2), e no dia 27/8/2012 o terceiro (E3) começou a ser monitorado. A Tabela 7 apresenta o número de amostras diárias realizadas para cada parâmetro monitorado.

Tabela 7 – Número de amostras diárias

Local	MP _{2,5}		MP ₁₀		Ruído		Temperatura e umidade relativa	
	PEM		PEM					
	pDR 1.500		pDR 1.500					
	I	E	I	E	I	I	E	I
E1	5	3	6	5	3	11	8	12
E2	5	3	4	5	3	7	10	10
E3	5	3	5	6	3	6	8	9
Total	15	9	15	16	9	24	26	31

5.1 Temperatura e umidade relativa

No ambiente interno dos estabelecimentos comerciais, foram utilizadas as leituras de temperatura e umidade relativa do monitor pDR 1.500 e também foram utilizados dados da estação meteorológica da Embrapa Pecuária Sudeste, localizada na zona rural da cidade. A relação de todas as amostras de temperatura e umidade relativa, bem como o índice de calor calculado podem ser vistos no APÊNDICE 1.

A Figura 17 apresenta o gráfico termopluviométrico do ano de 2012 construído a partir dos dados da estação meteorológica. É possível observar que o período de chuvas inicia-se no mês de novembro, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos. Os meses mais secos foram julho e agosto, e as menores temperaturas médias mensais ocorreram entre maio e julho.

Figura 17 – Gráfico termopluiométrico do ano de 2012 construído a partir de dados da estação meteorológica

A Figura 18 apresenta os valores de temperatura em médias diárias, e a Figura 19 apresenta os valores de umidade relativa em médias diárias, tanto do ambiente interno dos estabelecimentos comerciais monitorados, quanto da estação meteorológica, no campo.

É possível observar que o ambiente do centro urbano possui temperatura maior e umidade relativa menor que a estação meteorológica. Segundo Tubelis e Nascimento (1984), quando o solo se aquece devido à incidência constante de radiação direta, o ar próximo começa a se aquecer por contato, expande-se, eleva-se e é substituído por ar de maior densidade. Esse processo ocorre durante todo o dia, elevando a temperatura das camadas mais superficiais do ar, a partir da radiação emitida pelo solo. Como no campo o solo recebe menos radiação solar, as temperaturas tendem a ser menores.

Os valores observados nos estabelecimentos comerciais foram em média 5,1 °C maiores que aqueles observados na estação meteorológica. Para a umidade relativa, as amostragens foram em média 35,5% menores. No ambiente interno dos locais monitorados, a temperatura diária variou de 17,3 a 30,1 °C e a umidade relativa diária variou de 22,6 a 47,6%. Na estação meteorológica, a temperatura média diária variou de 12,2 a 25,8 °C e a umidade relativa média diária variou de 48,7 a 96,7%. Observou-se uma forte correlação entre o ambiente interno e externo para as duas variáveis. O coeficiente de correlação calculado para a razão I/E foi de 0,83 para a temperatura e 0,81 para a umidade relativa, indicando que o ambiente externo tem forte influência no ambiente interno com relação ao clima.

Figura 18 – Médias diárias de temperatura do ambiente interno dos três estabelecimentos comerciais e da estação meteorológica

Figura 19 – Médias diárias de umidade relativa do ambiente interno dos três estabelecimentos comerciais e da estação meteorológica

Apesar da média diária poder apresentar valores adequados, existe uma variação nos valores ao longo do dia, fato que pode expor os ocupantes desses locais às condições de desconforto térmico. A Figura 20 apresenta o gráfico com o comportamento diário dos níveis de temperatura e umidade relativa do ar, dos dias 21/8/2012 (E1), dia de baixa umidade relativa (23%) e 19/11/2012 (E3), dia de alta

umidade relativa (42%) e que houve precipitação (18,8 mm). Nota-se que, no primeiro, a temperatura e a umidade relativa são inversamente proporcionais, com a temperatura crescendo e a umidade relativa decrescendo ao longo do dia. No segundo, nota-se um crescimento menor da temperatura e pequena variação na umidade relativa.

Figura 20 – Comportamento diário de temperatura e umidade relativa do ar dias 21/08/2012 (E1) e 19/11/2012 (E3)

Os gráficos *boxplot* dos dados de temperatura interna dos estabelecimentos comerciais E1, E2 e E3 podem ser visualizados na Figura 21, Figura 22 e Figura 23, respectivamente. Os gráficos *boxplot* dos dados de umidade relativa interna dos mesmos locais podem ser visualizados na Figura 24, Figura 25 e Figura 26, respectivamente. Os dias 5/7, 12/7 e 16/7 não estão apresentados porque se utilizou coletas com 5 minutos de intervalo e, depois, preferiu-se utilizar um minuto. O dia 18/1 foi removido porque possuía um número de pontos menor (cerca de cinco horas de coleta) devido ao descarregamento da bateria.

A temperatura e umidade relativa tiveram, em geral, maior variação nos valores no E3, em que podem ser observados gráficos com o maior número de *outliers*. O E2 foi o local que apresentou menor variação espacial dos dados, tanto de temperatura quanto de umidade relativa. Esse fato deve-se, possivelmente, à maior influência do ambiente externo do que nos outros dois locais, uma vez que o monitor era colocado mais próximo à saída.

Figura 21 – Gráficos *boxplot* de temperatura diária – E1

Figura 22 – Gráficos *boxplot* de temperatura diária – E2

Figura 23 – Gráficos *boxplot* de temperatura diária – E3

Figura 24 – Gráficos *boxplot* de umidade relativa diária – E1

Figura 25 – Gráficos *boxplot* de umidade relativa diária – E2

Figura 26 – Gráficos *boxplot* de umidade relativa diária – E3

5.1.1 Conforto térmico

Conforme descrito na metodologia, a avaliação do conforto térmico foi realizada, utilizando-se duas metodologias distintas: o diagrama de conforto térmico recomendado pelo INMET, e o índice de calor recomendado pelo NOAA, ambos construídos a partir do monitoramento da temperatura e umidade relativa. Para o índice de calor (Equação 2), o aumento da temperatura e da umidade relativa fazem com que o IC apresente valores maiores. Existe apenas um limite superior, de 80°F (26,7°C). Já o diagrama de conforto térmico estipula as seguintes zonas: “muito seco”, “muito úmido”, “muito frio”, “muito quente”, “necessita de vento”, “necessita de sol” e “confortável”.

O diagrama de conforto térmico do INMET com valores de temperatura e umidade relativa amostrados pode ser visualizado na Figura 27. O índice de calor calculado para os mesmos dados de temperatura e umidade relativa pode ser visto na Figura 28. Na Tabela 8, podem ser visualizados os dias que apresentaram desconforto térmico de acordo com o diagrama e com o índice de calor. Pelo diagrama, 16 dias foram considerados desconfortáveis e, pelo índice de calor, 9 dias superaram o limite de conforto térmico. Foram considerados desconfortáveis 5 dias pelas duas metodologias simultaneamente.

Nota-se que a maior parte dos dias de desconforto indicados pelo diagrama são devidos ao clima ser considerado “muito seco”, por isso ele apontou mais dias de desconforto térmico do que o índice de calor. O índice de calor apontou nove dias que ultrapassaram a temperatura aparente limite para conforto térmico.

Tabela 8 – Médias diárias de temperatura, umidade relativa, índice de calor e área do diagrama de conforto térmico do ambiente interno dos estabelecimentos comerciais

Amostra	Dia	Local	T(°C)	UR(%)	IC(°F)	Zona do diagrama de conforto térmico
1	5/7/2012	E1	25,3	31	78,0	Muito seco
2	12/7/2012	E1	21,0	54	76,7	Confortável
3	16/7/2012	E1	17,3	59	78,9	Necessita de sol
4	19/7/2012	E1	20,9	32	76,4	Confortável
5	24/7/2012	E1	23,7	35	77,2	Confortável
6	26/7/2012	E1	26,3	23	78,4	Muito seco
7	30/7/2012	E1	23,6	37	77,2	Confortável
8	1/8/2012	E2	20,9	40	77,0	Confortável
9	3/8/2012	E1	26,3	27	78,6	Muito seco
10	7/8/2012	E2	20,3	36	76,9	Confortável
11	9/8/2012	E1	26,0	27	78,3	Muito seco
12	13/8/2012	E1	24,2	29	77,1	Muito seco
13	17/8/2012	E2	23,6	34	77,1	Confortável
14	21/8/2012	E1	23,8	23	76,2	Muito seco
15	23/8/2012	E2	22,2	24	75,5	Muito seco
16	29/8/2012	E3	25,2	31	77,9	Muito seco
17	5/9/2012	E3	26,5	31	79,1	Muito seco
18	24/9/2012	E2	22,7	53	76,9	Confortável
19	26/9/2012	E1	21,2	38	76,9	Confortável
20	28/9/2012	E3	22,5	23	75,5	Muito seco
21	2/10/2012	E3	27,7	27	80,2	Muito seco
22	4/10/2012	E2	28,6	25	81,2	Muito seco
23	8/10/2012	E3	30,1	24	83,2	Muito seco
24	16/10/2012	E2	25,1	40	78,3	Confortável
25	18/10/2012	E3	26,4	36	79,3	Confortável
26	24/10/2012	E2	27,2	46	81,2	Confortável
27	26/10/2012	E1	29,7	39	84,6	Necessita de vento
28	7/11/2012	E2	27,4	41	80,9	Confortável
29	13/11/2012	E2	25,1	53	78,9	Confortável
30	16/11/2012	E3	27,1	33	79,9	Confortável
31	19/11/2012	E3	27,4	42	81,1	Confortável
32	21/11/2012	E1	27,1	33	79,9	Confortável
33	29/11/2012	E3	30,1	37	85,2	Necessita de vento
34	3/12/2012	E2	27,7	44	81,8	Confortável
35	16/1/2013	E3	25,6	52	79,3	Confortável
36	18/1/2013	E2	24,2	48	77,8	Confortável
37	21/1/2013	E1	25,0	42	78,4	Confortável

Figura 27 – Diagrama de conforto térmico das amostras de temperatura e umidade relativa do ambiente interno dos estabelecimentos comerciais

Figura 28 – Índice de calor calculado a partir das médias de temperatura e umidade relativa do ambiente interno dos estabelecimentos comerciais

5.2 Material Particulado

O material particulado foi coletado, utilizando-se amostradores PEM e um monitor pDR 1.500. Foi possível determinar a razão I/E, razão $MP_{2,5}/MP_{10}$, bem como realizar a comparação entre os dois equipamentos utilizados. As listas completas das concentrações obtidas de $MP_{2,5}$ e MP_{10} podem ser vistas no APÊNDICE 2 e no APÊNDICE 3, respectivamente. A relação de todos os ensaios gravimétricos realizados pode ser vista no APÊNDICE 4.

5.2.1 Amostrador PEM

A Figura 29 e a Figura 30 apresentam, respectivamente, as concentrações diárias médias de $MP_{2,5}$ e de MP_{10} obtidas através dos ensaios gravimétricos utilizando amostradores PEM. A linha horizontal determina o valor de referência de 24 h estipulado pela OMS ($25 \mu\text{g.m}^{-3}$ para o $MP_{2,5}$ e $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ para o MP_{10}).

Pode-se notar que, em cerca de um terço dos dias amostrados, as concentrações tanto de $MP_{2,5}$ quanto de MP_{10} estavam acima do valor de referência de 24 h estipulado pela OMS. É importante destacar que as coletas foram realizadas em horário comercial, quando mais pessoas estão expostas à poluição.

Figura 29 – Concentração diária de $MP_{2,5}$ nos estabelecimentos comerciais – amostrador PEM

Figura 30 – Concentração diária de MP₁₀ nos estabelecimentos comerciais – amostrador PEM

A concentração média das amostragens realizadas no período de seca foram, em média, 21,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$ para o MP_{2,5} e 49,9 $\mu\text{g.m}^{-3}$, para o MP₁₀. As amostras realizadas após o início das chuvas apresentaram média menor, de 17,0 $\mu\text{g.m}^{-3}$ para o MP_{2,5} e 27,4 $\mu\text{g.m}^{-3}$, para o MP₁₀. Desta forma, nota-se que a concentração média das amostras realizadas, no período de seca, foram 1,2 e 1,9 vezes maior para o MP_{2,5} e MP₁₀. Pode-se inferir que a ação das chuvas contribuiu com a redução do material particulado suspenso na atmosfera, sendo que o MP₁₀ teve uma redução maior que o MP_{2,5}.

A Tabela 9 exibe a concentração de MP₁₀ e de MP_{2,5}, correlação interno/externo e a razão interno/externo para as concentrações obtidas nos amostradores PEM durante a estação seca. A razão interno/externo do material particulado foi em média de 0,82 para o MP_{2,5} e de 0,86 para o MP₁₀.

A Tabela 10 e a Figura 31 apresentam as concentrações diárias e a razão MP_{2,5}/MP₁₀ da estação chuvosa, quando as duas frações do MP foram coletadas simultaneamente. Notam-se altos valores da razão MP_{2,5}/MP₁₀, variando de 46 a 76 %, indicando que grande parte das emissões da cidade são, possivelmente, devidas às atividades de combustão.

Tabela 9 – Concentração de MP_{10} e $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$), correlação interno/externo e razão interno/externo das amostras realizadas na estação seca (ago a out/2012)

Fração do MP	Média interna $\pm$ d.p.	Média externa $\pm$ d.p.	Correl. ^a I/E	Razão I/E ^b $\pm$ d.p.
$MP_{2,5}$	21,1 $\pm$ 8,4	24,1 $\pm$ 3,8	0,61	0,82 $\pm$ 0,15
MP_{10}	49,1 $\pm$ 11,4	54,9 $\pm$ 16,7	0,95	0,86 $\pm$ 0,09

^aCoefficiente de correlação interno/externo.

^bRazão entre ambiente interno/externo.

Tabela 10 – Concentração diária de MP_{10} e $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$) e razão $MP_{2,5}/MP_{10}$ diária (%) na estação chuvosa

Dia	$MP_{2,5}$	MP_{10}	Razão $MP_{2,5}/MP_{10}$
14/1/2013	16,2	21,3	0,76
15/1/2013	16,3	34,8	0,47
16/1/2013	11,4	25,0	0,46
18/1/2013	15,1	31,7	0,48
21/1/2013	18,4	25,8	0,71
Média $\pm$ d.p.	15,5 $\pm$ 2,6	27,7 $\pm$ 5,4	0,58 $\pm$ 0,15

Figura 31 – Concentração diária de MP_{10} e $MP_{2,5}$ e razão $MP_{2,5}/MP_{10}$ das amostras realizadas no interior dos estabelecimentos comerciais durante o período de chuvas

Quando comparada a relação $MP_{2,5}/MP_{10}$ de janeiro com estudos anteriores é possível identificar uma tendência de aumento desta relação para a estação chuvosa da cidade de São Carlos. Bruno et al. (2004) encontraram a relação $MP_{2,5}/MP_{10}$ variando de 30% a 80% na estação seca, e sendo cerca de 31% na estação chuvosa, para os anos de 2001 e 2002. Schornobay (2012) encontrou uma relação $MP_{2,5}/MP_{10}$ maior, de 56 % para a mesma estação. No entanto, a concentração de MP_{10} variou pouco durante os anos, sendo evidente que o aumento nos níveis de $MP_{2,5}$ ocasionou o aumento dos valores da relação $MP_{2,5}/MP_{10}$ no período chuvoso, como pode ser observado na Tabela 11 e na Figura 32.

Tabela 11 – Evolução do MP na estação chuvosa da cidade de São Carlos

Estudo	$MP_{2,5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	MP_{10} ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Razão $MP_{2,5}/MP_{10}$ (%)
Bruno et al., 2004	8,6	23,4	0,37
Schornobay, 2012	14,1	25,3	0,56
Neste estudo	15,5	27,7	0,56

Figura 32 – Evolução do MP na estação chuvosa da cidade de São Carlos

5.2.2 Monitor pDR 1.500

Os gráficos *boxplot* dos valores de $MP_{2,5}$ obtidos pelo monitor pDR 1.500 nos locais E1, E2 e E3 podem ser vistos na Figura 33, Figura 34 e Figura 35,

respectivamente. Os gráficos *boxplot* dos valores de MP_{10} obtidos pelo monitor pDR 1.500 nos locais E1, E2 e E3 podem ser vistos na Figura 36, Figura 37 e Figura 38, respectivamente. É possível observar uma variabilidade maior dos dados de MP_{10} , indicados pelo maior número de dados *outliers*. O E1 foi o local que apresentou maior variabilidade nos dados ao longo do dia.

5.2.3 Comparação entre equipamentos

A comparação entre os equipamentos utilizados para obter a concentração do MP em suspensão, PEM e pDR 1.500 foi realizada com base nas amostras diárias que foram obtidas com os dois equipamentos simultaneamente. A Tabela 12 e Tabela 13 apresentam a comparação entre os dois equipamentos utilizados para medida do $MP_{2,5}$ e MP_{10} , respectivamente. Em geral, as concentrações de MP obtidas por fotometria no contador de partículas pDR 1.500 foram inferiores às obtidas nos ensaios gravimétricos das membranas utilizadas nos amostradores PEM. Em média as concentrações foram 2,0 e 4,2 vezes maiores nos amostradores, para o $MP_{2,5}$ e MP_{10} , respectivamente. A Figura 39 e a Figura 40 apresentam, respectivamente, as concentrações de MP_{10} e $MP_{2,5}$, nos dias em que foram obtidas pelos dois equipamentos simultaneamente.

Nota-se que os valores obtidos pelo método fotométrico são, em geral, menores do que os obtidos com os ensaios gravimétricos, e que picos de concentração obtidos pelo PEM não são acompanhados pelo pDR 1.500. O coeficiente de correlação entre os equipamentos foi de 0,40 para o $MP_{2,5}$ e 0,53 para o MP_{10} .

Esta diferença entre os equipamentos utilizados é um forte indício que as diferentes metodologias podem apresentar resultados bastante diferentes. Sendo tomada a gravimetria como base, uma vez que é a metodologia mais utilizada, é possível notar que os níveis de MP medidos pela fotometria são, em geral, subestimados.

Figura 33 – Gráficos *boxplot* de $MP_{2.5}$ – E1

Figura 34 – Gráficos *boxplot* de $MP_{2.5}$ – E2

Figura 35 – Gráficos *boxplot* de $MP_{2.5}$ – E3

Figura 36 – Gráficos *boxplot* de MP_{10} – E1

Figura 37 – Gráficos *boxplot* de MP_{10} – E2

Figura 38 – Gráficos *boxplot* de MP_{10} – E3

Tabela 12 – Comparativo dos equipamentos utilizados para obtenção da concentração de $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$)

Dia	Amostra	PEM	pDR 1.500	PEM/pDR1.500
21/8/2012	1	13,5	16,3	0,8
23/8/2012	2	16,8	7,5	2,2
5/9/2012	3	23,9	14,7	1,6
24/9/2012	4	23,0	15,7	1,5
26/9/2012	5	17,2	10,0	1,7
28/9/2012	6	19,9	5,2	3,8
8/10/2012	7	23,3	11,5	2,0
24/10/2012	8	12,2	7,0	1,7
26/10/2012	9	40,6	14,6	2,8
Média ± d.p.		21,2 ± 8,4	11,4 ± 4,2	2,0 ± 0,9

Tabela 13 – Comparativo dos equipamentos utilizados para obtenção da concentração de MP_{10} ($\mu\text{g.m}^{-3}$)

Dia	Amostra	PEM	pDR 1.500	PEM/pDR1.500
13/8/2012	1	35,6	8,0	4,5
29/8/2012	2	31,5	11,1	2,8
2/10/2012	3	42,9	20,8	2,1
16/10/2012	4	55,2	11,7	4,7
18/10/2012	5	44,1	9,4	4,7
16/1/2013	6	25,0	4,8	5,2
18/1/2013	7	31,7	4,7	6,7
21/1/2013	8	25,8	8,5	3,0
Média ± d.p.		36,5 ± 9,6	9,9 ± 4,8	4,2 ± 1,4

Figura 39 – Concentrações diárias de $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$) obtidas pelos equipamentos PEM e pDR 1.500

Figura 40 – Concentrações diárias de MP_{10} ($\mu\text{g.m}^{-3}$) obtidas pelos equipamentos PEM e pDR 1.500

5.2.4 Análise química

As membranas utilizadas nas amostragens, juntamente com uma membrana branca, foram analisadas pelo método de FRX no Laboratório de Controle Estrutural da UFSCar. A Tabela 14 apresenta os resultados obtidos. Nota-se que não é possível observar uma diferença molar percentual significativa entre a maioria dos elementos

químicos da membranas amostradas com aqueles encontrados na membrana limpa, devido, possivelmente, à falta de acumulação de material particulado nas membranas. No entanto, é possível observar que, qualitativamente, os elementos químicos Ca, K, Zn, Fe e S apresentaram uma fração molar significativamente maior na amostra do que na membrana branca..

Tabela 14 – Análises químicas do PTS por FRX

Branco		E1		E2		E3	
Elemento	%	Elemento	%	Elemento	%	Elemento	%
Si	62.067	Si	59.935	Si	60.928	Si	60.650
Ba	10.646	Ba	11.500	Ba	11.142	Ba	11.113
Al	10.562	Al	10.263	Al	10.509	Al	10.736
Ca	7.702	Ca	8.489	Ca	8.167	Ca	8.234
K	5.661	K	5.942	K	5.733	K	5.668
Zn	2.791	Zn	3.017	Zn	3.014	Zn	2.850
Nd	0.270	S	0.489	S	0.256	S	0.418
Fe	0.165	Fe	0.339	Fe	0.221	Fe	0.302
S	0.111	Cu	0.011	Cu	0.012	Cu	0.011
Cu	0.010	Sr	0.010	Sr	0.009	Sr	0.009
Sr	0.009	Zr	0.005	Zr	0.005	Zr	0.005
Zr	0.005	-	-	Rb	0.003	Rb	0.002

Pozza (2005) realizou inventários de fontes de material particulado para a cidade de São Carlos, em ambientes externos. Foram designadas fontes poluentes e avaliou-se quais eram os elementos químicos presentes e suas concentrações. Os principais elementos para os cinco perfis de fontes estão apresentados a seguir:

1. Perfil de emissão veicular: Al, Ca, Fe, K, P, S, Si, Ti, Zn;
2. Perfil de ressuspensão de solo em vias pavimentadas: Al, Ca, Fe, K, P, S, Si, Ti;
3. Perfil de solo: Al, Ca, Fe, P, Si, Ti;
4. Perfil de queima de vegetação rasteira: Ca, Cl, K, S, Si;
5. Perfil de queima de cana-de-açúcar: Ca, Cl, Cu, Fe, K, Si, Zn;

A Tabela 15 resume as possíveis fontes emissoras de material particulado externas às lojas, considerando os perfis acima e utilizando a numeração dada a eles como legenda. Os elementos Ca, K, Zn e S são comumente encontrados em amostras de material particulado. O elemento Si, que seria comum de ser encontrado no material particulado possivelmente foi mascarado devido à composição original da membrana.

Tabela 15 – Possíveis fontes externas emissoras dos elementos identificados por FRX

Elemento	Fontes externas
Bário (Ba)	-
Cálcio (Ca)	1, 2, 3, 4 e 5
Potássio (K)	1, 2, 4 e 5
Zinco (Zn)	1 e 5
Enxofre (S)	1, 2 e 4

5.3 Poluição Sonora

As médias diárias de ruído (dBA), correlação interno/externo e razão interno/externo para cada ponto amostral podem ser vistos na Tabela 16. A Figura 41 apresenta os níveis médios de ruído nos ambientes interno e externo para cada ponto amostral.

Tabela 16 – Médias diárias de ruído (dBA), correlação interno/externo e razão interno/externo

Local	Média interna ± d.p.	Média externa ± d.p.	Correl.^a I/E	I/E^b ± d.p.
E1	59,4 ± 2,9	65,2 ± 4,1	0,92	0,91 ± 0,02
E2	55,5 ± 4,0	60,6 ± 1,5	0,41	0,92 ± 0,06
E3	62,1 ± 2,1	68,1 ± 0,8	0,45	0,90 ± 0,01

^aCoefficiente de correlação interno/externo.

^bRazão entre ambiente interno/externo.

Figura 41 – Médias de todas as amostras de ruído separadas por ponto amostral

Os níveis médios de ruído variaram de 56,6 a 72,8 dBA, no ambiente externo e de 50,6 a 67,2 dBA, no ambiente interno. Com relação ao limite de 70 dBA estipulado pela OMS, em nenhum dos dias amostrados, no ambiente interno, e 9% dos dias amostrados, no ambiente externo, os valores ultrapassaram este valor. Além disso, em 96% dos dias amostrados, o ambiente externo era mais ruidoso do que o interno.

É possível notar que, em todos os pontos, os níveis médios de poluição sonora se apresentaram superiores no ambiente externo. Esse fato pode ser atribuído ao tráfego de veículos, passagem de carros de som, passagem de pedestres nas calçadas e ao sistemas de som das lojas.

Com relação ao ruído interno, nenhum dos estabelecimentos comerciais apresentou dias preocupantes, sendo que todas as médias estiveram abaixo do limite estipulado pela OMS. O E2 apresentou os menores níveis de ruído, seguido pelo E1 e pelo E3.

Para o ruído do ambiente externo, no E3, localizado na via de maior movimento da cidade, foram encontrados os maiores valores médios de poluição sonora, além do menor desvio padrão. Isso demonstra que esse local está constantemente sujeito a uma poluição sonora maior que os outros dois locais, embora os valores não ultrapassem o VR adotado pela OMS (70 dBA). O E2, localizado em frente à via que apresentava tráfego mais congestionado, foi o que obteve os menores valores de ruído médio, tanto no ambiente interno quanto externo. No E1, localizado em frente à praça do mercado,

com grande movimentação de pessoas e veículos, apresentou ruído médio menor que no E3, mas, nesse local, foram encontrados os três dias (24/7, 30/7 e 09/8) que apresentaram médias superiores ao valor de referência da OMS.

A Figura 42 apresenta um gráfico do comportamento típico ao longo de um dia de coleta. Notam-se os valores do ambiente externo maiores que no ambiente interno. É possível observar picos de ruído nos seguintes horários: de 10h a 10h30min, de 12h a 12h30min e de 16h a 16h30min.

Os gráficos *boxplot* de ruído interno dos pontos amostrais E1, E2 e E3 podem ser observados na Figura 43, Figura 44 e Figura 45, respectivamente. Os gráficos *boxplot* de ruído externo dos estabelecimentos comerciais E1, E1 e E3 podem ser observados na Figura 46, Figura 47 e Figura 48, respectivamente. É possível observar uma grande presença de valores considerados *outliers*, fato comum em amostras de ruído. O E3 apresenta uma variabilidade maior nos dados externos, possuindo *outliers* tanto superiores quanto inferiores em todos os dias amostrados.

Figura 42 – Comportamento dos níveis de ruído em um dia de amostragem (E1 – 19/07/2012)

Figura 43 – *Boxplot* dos níveis de ruído interno (E1)

Figura 44 – *Boxplot* dos níveis de ruído interno (E2)

Figura 45 – *Boxplot* dos níveis de ruído interno (E3)

Figura 46 – Boxplot dos níveis de ruído externo (E1)

Figura 47 – Boxplot dos níveis de ruído externo (E2)

Figura 48 – Boxplot dos níveis de ruído externo (E3)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a presente pesquisa, foi possível concluir que:

- Os estabelecimentos comerciais da região central da cidade de São Carlos apresentaram, em média, valores de temperatura 5,1 °C maiores e de umidade relativa 35,5% menores que aqueles encontrados na estação meteorológica localizada na área rural da cidade.
- Foi observado um alto coeficiente de correlação entre os dados de temperatura (0,83) e umidade relativa (0,81) internos dos estabelecimentos comerciais e da estação meteorológica, indicando que o ambiente externo tem influência direta no ambiente interno. Com relação à variação ao longo do dia dos dados climáticos, o ambiente que possuía o ponto amostral mais próximo à saída apresentou a menor variabilidade e o ambiente que possuía o ponto amostral mais distante à saída apresentou a maior variabilidade.
- O índice de calor indicou que 24% dos dias amostrados estavam acima do limite para conforto térmico. No diagrama de conforto térmico, 42% dos dias foram denotados como desconfortáveis, sendo a maioria indicado como “muito seco”. Do total dos dias amostrados, 54% foram considerados desconfortáveis por uma ou outra metodologia.
- As concentrações de MP_{10} variaram de 18,4 a 85,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$, estando acima do padrão de referência de 24 h da OMS (50 $\mu\text{g.m}^{-3}$), em 33% dos dias amostrados.
- As concentrações de $MP_{2,5}$ variaram de 11,4 a 40,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$, estando acima do padrão de referência de 24 h da OMS (25 $\mu\text{g.m}^{-3}$), em 35% dos dias amostrados.
- A razão interno/externo do material particulado foi, em média, de 0,84 para o $MP_{2,5}$ e de 0,88 para o MP_{10} , indicando que o ambiente externo tem grande influência nos ambientes monitorados.
- A concentração média das amostras de material particulado realizadas na estação seca foi 1,9 vezes maior do que das amostras realizadas na estação chuvosa para o MP_{10} e 1,2 vezes maior para o $MP_{2,5}$, indicando que a ação das chuvas remove material particulado da atmosfera, sendo mais eficiente para a fração mais grossa.
- A razão $MP_{2,5}/MP_{10}$ médias das amostras realizadas na estação chuvosa foi de 56%, demonstrando que o $MP_{2,5}$ representa grande parte do MP_{10} e confirmando

que o $MP_{2,5}$ tem aumentado e se tornado uma fração maior da concentração de MP_{10} , nos últimos 10 anos.

- O coeficiente de correlação entre os equipamentos utilizados para medida do material particulado foi de 0,40 para o $MP_{2,5}$ e 0,53 para o MP_{10} , sendo que as concentrações obtidas pelo contador de partículas pDR 1.500 foram em média 4,2 e 2,0 menores que as concentrações obtidas nos amostradores gravimétricos PEM para o $MP_{2,5}$ e MP_{10} , respectivamente.
- A análise química do PTS realizada em membranas de fibra de vidro por fluorescência de raios-X encontrou os seguintes elementos químicos: Ca, K, Zn, Fe e S.
- Os dados de ruído variaram de 56,6 a 72,8 dBA, no ambiente externo, e de 50,6 a 67,2 dBA, no ambiente interno. Com relação ao limite de 70 dBA estipulado pela OMS, 9% dos dias amostrados no ambiente externo ultrapassaram este valor. A razão interno/externo do ruído foi em média 0,91.
- O ponto amostral mais ruidoso (E3) foi aquele localizado em frente à via com maior tráfego de veículos, e o menos ruidoso (E2) era localizado em frente a uma via com trânsito frequentemente congestionado.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10151. **Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade**, 2000.

AFEEVAS. Conselho estadual do meio ambiente. In: **Padrões de Qualidade do Ar Aprovados em 25/05/2011 pelo CONSEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente) para o Estado de São Paulo**. CONSEMA, 2012. Disponível em: <<http://www.afeevas.org.br/artigos.php>>. Acesso em: 2 mai. 2012.

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

BARBOSA, A. S. M.; CARDOSO, M. R. A. Hearing loss among workers exposed to road traffic noise in the city of São Paulo in Brazil. **Auris Nasus Larynx** n. 32, p. 17-21, 2005.

BASCOM, R. Health effects of outdoor air pollution. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 153, n. 1, p. 3–50, 1996.

BERNSTEIN, J. A. et al. Health effects of air pollution. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, Elsevier, v. 114, n. 5, p. 1116–1123, 2004.

BRAUER, M. et al. Cohort study of traffic-related air pollution impacts on birth outcomes. *Environmental Health Perspectives*, v. 116, n. 5, p. 680-686, 2008.

BRUCE, N.; PEREZ-PADILLA, R.; ALBALAK, R. Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 78, n. 9, p. 1078–1092, 2000.

BRUNO, R. L. **Material particulado atmosférico na cidade de São Carlos – SP: Quantificação e identificação de fontes**. 2005. 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

BRUNO, R. L. et al. Atmospheric particulate matter in the city of São Carlos/SP, Brazil. **Environment and Pollution**. v. 22, n.4, p. 477-489, 2004.

CASTANHO, A. D. A. **A determinação quantitativa de fontes de material particulado na atmosfera da cidade de São Paulo**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

CASTANHO, A. D. A.; ARTAXO, P. Wintertime and summertime São Paulo aerosol source apportionment study. **Atmospheric Environment** n.35, p. 4889-4902, 2001.

CELLI, C. E. **Monitoramento do material particulado respirável suspenso na atmosfera no centro da cidade de São Carlos - SP**. 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.

CETESB. **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo**. [S.l.], 2011.

CLARK, W. W.; BOHNE, B. Effects of noise on hearing. **The Journal of the American Medical Association**. v. 281, n. 17, p. 1658-1659, 1999.

COSTA, S. B.; LOURENÇO, R. W. Geoprocessing applied to the assessment of environmental noise: a case study in the city of Sorocaba, São Paulo, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, n.172, p.329-337, 2011.

DIAS, A. **Exposição ao ruído ocupacional e saúde dos trabalhadores**. 2007. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) - Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

EMBRAPA. Dados meteorológicos. In: **Pecuária Sudeste**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/dados-meteorologicos>>. Acesso em: 6 fev. 2013.

EVANS, G. et al. Community noise exposure and stress in children. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 109, p. 1023, 2001.

FREW, A. Advances in environmental and occupational diseases 2004. **Journal of allergy and clinical immunology**, Elsevier, v. 115, n. 6, p. 1197–1202, 2005.

HARRISON, R. et al. Processes affecting concentrations of fine particulate matter (PM_{2.5}) in the UK atmosphere. **Atmospheric Environment**, v. 46, p. 115–124, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **In: IBGE: São Carlos/SP.** IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=sp>>. Acesso em: 2 mai. 2012.

ITO, L. X.; AGUIAR, M. L. Indoor air quality of libraries in São Paulo, Brazil. **Indoor Built Environment**, n. 16, p. 190-193, 2007.

KAWAKITA, C. Y. **Medição do ruído de tráfego na rodovia SP 270 e avaliação da satisfação quanto ao conforto acústico de seus moradores.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LENSCHOW, P. et al. W. Some ideas about the sources of PM10. **Atmospheric Environment**, n. 1, p. s23-s33, 2001.

LIMA, E. A. P. **Um estudo sobre a qualidade do ar de Uberlândia: material particulado em suspensão.** 2007. 148 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

LIN, C. A. et al. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. **Paediatric and Perinatal Epidemiology**, v. 13, p. 475-488, 1999.

MARQUES, K. A. **Caracterização do material particulado suspenso na atmosfera da cidade de São Carlos.** 2000. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

MARQUES, K. A. et al. Assessment of atmospheric particulate matter in São Carlos-SP, Brazil. **Environmental Management and Health**, v. 12, n. 1, p. 17–25, 2001.

MARQUES, R.; SANTOS, E. S. Redes de monitoramento de material particulado inalável, legislação e os riscos à saúde. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v.8, n.14, p.115-128, 2012.

MUZET, A. Environmental noise, sleep and health. **Sleep medicine reviews**, Elsevier, v. 11, n. 2, p. 135–142, 2007.

MYERS, I.; MAYNARD, R. Polluted air - outdoors and indoors. **Occupational medicine**, Soc Occupational Med, v. 55, n. 6, p. 432, 2005.

NASCIMENTO, G. C. **Avaliação da qualidade ambiental de uma biblioteca pública**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

PASSCHIER-VERMEER, W.; PASSCHIER, W. Noise exposure and public health. **Environmental Health Perspectives**, National Institute of Environmental Health Science, v. 108, n. 1, p. 123, 2000.

PEKEY, B. et al. Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM10/PM2.5 in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. **Indoor Air**, n. 20, p.112-125, 2010.

PESCIA, J.; HOSPODSKY, D.; BIBBY, K. New Directions: A revolution in DNA sequencing now allows for the meaningful integration of biology with aerosol science. **Atmospheric Environment**, n. 45, p. 1896–189, 2011.

PETERS, J. et al. A study of twelve southern california communities with differing levels and types of air pollution. I. Prevalence of respiratory morbidity. **American journal of respiratory and critical care medicine**, Am Thoracic Soc, v. 159, n. 3, p. 760, 1999.

PETIAN, A. **Incomôdo em relação ao ruído urbano entre trabalhadores de estabelecimentos comerciais no município de São Paulo**. 2008. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

POKHREL, A. K., SMITH, K. R., KHALAKDINA, A., DEUJA, A., BATES, M. Case-control study of indoor cooking smoke exposure and cataract in Nepal and India. **International journal of epidemiology**, IEA, v. 34, n. 3, p. 702, 2005.

POPE III, C.A. Review: Epidemiological Basis for Particulate Air Pollution Health Standards. **Aerosol Science and Technology**, v. 32, p. 4-14, 2000.

POPE III, C. A. et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. **Journal of the American Medical Association**, v. 287, n.9, p.1132–1141, 2002.

POZZA, S. A. **Identificação das fontes de poluição atmosférica na cidade de São Carlos – SP**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

POZZA, S. A. **Características temporais da concentração de material particulado na atmosfera da cidade de São Carlos - SP**. 2009. 141 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

RICHARDSON, G.; EICK, S.; JONES, R. How is the indoor environment related to asthma?: literature review. **Journal of advanced nursing**, Wiley Online Library, v. 52, n. 3, p. 328-339, 2005.

ROTHFUSZ, L.; HEADQUARTERS, N. The heat index equation (or, more than you ever wanted to know about heat index). **National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service**. p. 90–23, 1990.

SALDIVA, P. H. et al. Respiratory alterations due to urban air pollution: an experimental study in rats. **Environmental Research**, Elsevier, v. 57, n. 1, p. 19–33, 1992.

SCHORNOBAY, E. **Caracterização de ambientes internos da região central de São Carlos/SP: material particulado e poluição sonora**. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado) -Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SILVA, L. M. **Avaliação da qualidade ambiental: mercado municipal de São Carlos/SP**. 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado) -Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

STERNBECK, J.; SJODIN, A.; ANDRÉASSON, K., Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension - results from two tunnel studies. **Atmospheric Environment** v. 36, n. 30, p. 4735-4744, 2002.

SUNDELL, J. On the history of indoor air quality and health. **Indoor air**, Wiley Online Library, v. 14, p. 51–58, 2004.

TUBELIS, A; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo, 1984.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **National air quality and emissions trends report: 2003 special studies edition**. Estados Unidos da América. 2003. Disponível em: <<http://www.epa.gov/airtrends/aqtrnd03/>>. Acesso em: 2 mai. 2012.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Our Nation's Air: Status and trends through 2010**. Estados Unidos da América. 2012. Disponível em: <<http://www.epa.gov/airtrends/2011/report/fullreport.pdf>>. Acesso em: 2 mai. 2012.

WARD, H.; ROBERTSON, S.; ALLSOP, R. Managing speeds of traffic on european roads: non-accident external and internal effects of vehicle use and how these depend on speed. **9th International Conference Road Safety in Europe**, Germany, 1998.

WHO – World Health Organization. **Guidelines for community noise**. Suíça, 1999. Disponível em: <<http://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-1.pdf>>. Acesso em: 2 mai. 2012.

WHO – World Health Organization. **Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide**. Alemanha, 2003. Disponível em: <http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2012.

WHO – World Health Organization. **WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogendioxide and sulfur dioxide: Global update 2005**. Suíça, 2006. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2012.

WYON, D. P. The effects of indoor air quality on performance and productivity. **Indoor Air**, n. 14, p. 92-101, 2004.

ZANNIN, P.; DINIZ, F.; BARBOSA, W. Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. **Applied Acoustics**, Elsevier, v. 63, n. 4, p. 351–358, 2002.

APÊNDICE 1 – AMOSTRAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA

Amostra	Dia	Local	UR, %		T, °C	
			Interno	Estação	Interno	Estação
1	05/07/2012	E1	31	77.5	25.3	17.1
2	12/07/2012	E1	54	88.0	21.0	16.8
3	16/07/2012	E1	59	88.2	17.3	14.1
4	19/07/2012	E1	32	81.8	20.9	12.2
5	24/07/2012	E1	35	75.4	23.7	19.4
6	26/07/2012	E1	23	70.2	26.3	18.7
7	30/07/2012	E1	37	68.2	23.6	18.7
8	01/08/2012	E2	40	69.5	20.9	17.7
9	03/08/2012	E1	27	73.8	26.3	17.6
10	07/08/2012	E2	36	65.0	20.3	17.6
11	09/08/2012	E1	27	65.4	26.0	18.4
12	13/08/2012	E1	29	66.4	24.2	18.7
13	17/08/2012	E2	34	63.3	23.6	19.8
14	21/08/2012	E1	23	56.7	23.8	18.4
15	23/08/2012	E2	25	48.7	22.2	19.4
16	29/08/2012	E3	31	73.7	25.2	17.8
17	05/09/2012	E3	31	62.2	26.5	21.2
18	24/09/2012	E2	53	84.7	22.7	18.9
19	26/09/2012	E1	38	86.9	21.2	13.1
20	28/09/2012	E3	23	58.5	22.5	15.8
21	02/10/2012	E3	27	57.8	27.7	23.9
22	04/10/2012	E2	25	57.5	28.6	24.0
23	08/10/2012	E3	24	53.2	30.1	23.8
24	16/10/2012	E2	40	68.8	25.1	21.9
25	18/10/2012	E3	36	72.0	26.4	22.5
26	24/10/2012	E2	46	86.1	27.2	22.1
27	26/10/2012	E1	39	70.0	29.7	26.1
28	07/11/2012	E2	41	73.4	27.4	22.8
29	13/11/2012	E2	53	88.8	25.1	20.9
30	16/11/2012	E3	33	67.3	27.1	21.5
31	19/11/2012	E3	42	81.2	27.4	20.9
32	21/11/2012	E1	34	64.1	27.1	24.2
33	29/11/2012	E3	37	63.5	30.1	25.8
34	03/12/2012	E2	44	85.1	27.7	22.3
35	16/01/2013	E3	52	96.7	25.6	19.0
36	18/01/2013	E2	48	79.9	24.2	22.2
37	21/01/2013	E1	42	73.4	25.0	21.1

APÊNDICE 2 – AMOSTRAS DE MP_{2,5}

Dia	Local	Concentração de MP_{2,5}, µg.m⁻³		
		pDR 1.500	PEM I	PEM E
30/07/2012	P1	24.9	-	-
07/08/2012	E2	12.1	-	25.7
09/08/2012	E1	11.7	-	26.1
21/08/2012	E1	16.3	13.5	23.2
23/08/2012	E2	7.5	16.8	18.2
05/09/2012	E3	14.7	23.9	28.6
24/09/2012	E2	15.7	23.0	29.1
26/09/2012	E1	10.0	17.2	22.7
28/09/2012	E3	5.2	19.9	19.2
08/10/2012	E3	11.5	23.3	24.2
24/10/2012	E2	7.0	12.2	-
26/10/2012	E1	14.6	40.6	-
30/10/2012	E3	19.6	-	-
01/11/2012	E3	13.2	-	-
05/11/2012	E1	9.4	-	-
10/01/2013	E3	-	24.7	-
14/01/2013	E2	-	16.2	-
15/01/2013	E1	-	16.3	-
16/01/2013	E3	-	11.4	-
18/01/2013	E2	-	15.1	-
21/01/2013	E1	-	18.4	-

APÊNDICE 3 – AMOSTRAS DE MP₁₀

DIA	PONTO	Concentração de MP₁₀, µg.m⁻³		
		pDR 1.500	PEM I	PEM E
05/07/2012	E1	9.0	-	-
12/07/2012	E1	17.3	-	-
16/07/2012	E1	17.6	-	-
19/07/2012	E1	5.3	-	-
24/07/2012	E1	14.3	-	-
26/07/2012	E1	12.7	-	-
01/08/2012	E2	9.7	-	-
03/08/2012	E1	8.9	-	43.3
13/08/2012	E1	8.0	35.6	38.6
17/08/2012	E2	11.6	-	36.2
29/08/2012	E3	11.1	31.5	-
12/09/2012	E1	-	70.9	85.7
14/09/2012	E3	-	52.2	66.4
18/09/2012	E2	-	58.9	71.1
20/09/2012	E3	-	48.6	58.8
02/10/2012	E3	20.8	42.9	45.8
04/10/2012	E2	-	51.4	48.6
16/10/2012	E2	11.7	55.2	-
18/10/2012	E1	9.4	44.1	-
07/11/2012	E2	13.2	-	-
13/11/2012	E2	19.7	-	-
16/11/2012	E3	12.6	-	-
19/11/2012	E3	13.4	-	-
21/11/2012	E1	13.6	-	-
29/11/2012	E3	26.5	-	-
03/12/2012	E2	8.7	-	-
08/01/2013	E3	-	25.7	-
14/01/2013	E2	-	21.3	-
15/01/2013	E1	-	34.8	-
16/01/2013	E3	4.8	25.0	-
18/01/2013	E2	4.7	31.7	-
21/01/2013	E1	8.5	25.8	-

APÊNDICE 4 – ENSAIOS GRAVIMÉTRICOS (CONTINUA)

Coleta	Local	Dia	MP	Ambiente	Volume, L	Peso inicial 1, mg	Peso inicial 2, mg	Peso inicial, mg	Peso final 1, mg	Peso final 2, mg	Peso final, mg	Massa, mg	Concentração, $\mu\text{g.m}^{-3}$
1	E1	03/08/2012	10	E	4800	229.5346	229.5322	229.5334	229.7416	229.7410	229.7413	0.2079	43.3
2	E2	07/08/2012	2,5	E	4800	219.8280	219.8268	219.8274	219.9517	219.9494	219.9506	0.1231	25.7
3	E1	09/08/2012	2,5	E	5000	203.8719	203.8708	203.8714	204.0012	204.0027	204.002	0.1306	26.1
4	E1	13/08/2012	10	E	4800	193.9773	193.9774	193.9774	194.1619	194.1629	194.1624	0.1850	38.6
	E1	13/08/2012	10	I	4800	210.0377	210.0374	210.0376	210.2077	210.2089	210.2083	0.1707	35.6
5	E2	17/08/2012	10	E	4900	205.0715	205.0696	205.0706	205.2486	205.2477	205.2482	0.1776	36.2
6	E1	21/08/2012	2,5	I	4800	214.2151	214.2102	214.2127	214.2774	214.2771	214.2773	0.0646	13.5
	E1	21/08/2012	2,5	E	4800	222.7727	222.7693	222.7710	222.8828	222.8823	222.8826	0.1115	23.2
7	E2	23/08/2012	2,5	I	4460	227.0974	227.0962	227.0968	227.1714	227.1721	227.1718	0.0750	16.8
	E2	23/08/2012	2,5	E	4460	214.0897	214.0893	214.0895	214.1712	214.1704	214.1708	0.0813	18.2
8	P?	27/08/2012	10	I	4400	225.9797	225.9802	225.9800	226.1110	226.1109	226.1110	0.1310	29.8
	P?	27/08/2012	10	E	4400	219.1439	219.1429	219.1434	219.2745	219.2752	219.2749	0.1315	29.9
9	E3	29/08/2012	10	I	4900	212.7431	212.7391	212.7411	212.8960	212.8951	212.8956	0.1544	31.5
10	E3	05/08/2012	2,5	I	4300	194.8656	194.8662	194.8659	194.9680	194.9692	194.9686	0.1027	23.9
	E3	05/08/2012	2,5	E	4300	191.4530	191.4505	191.4518	191.5753	191.5744	191.5749	0.1231	28.6
11	E1	12/09/2012	10	I	4300	196.3436	196.3451	196.3444	196.6500	196.6481	196.6491	0.3047	70.9
	E1	12/09/2012	10	E	4300	211.7118	211.7127	211.7123	212.0807	212.0810	212.0809	0.3686	85.7
12	E3	14/09/2012	10	I	3800	197.2582	197.2591	197.2587	197.4578	197.4577	197.4578	0.1991	52.2
	E3	14/09/2012	10	E	4600	200.2922	200.2903	200.2913	200.5959	200.5960	200.5960	0.3047	66.4
13	E2	18/09/2012	10	I	4800	224.1137	224.1130	224.1134	224.3965	224.3956	224.3961	0.2827	58.9
	E2	18/09/2012	10	E	4800	223.4562	223.4575	223.4569	223.7981	223.7980	223.7981	0.3412	71.1
14	E3	20/09/2012	10	I	4700	196.4000	196.4004	196.4002	196.6283	196.6285	196.6284	0.2282	48.6
	E3	20/09/2012	10	E	4700	205.7261	205.7279	205.7270	206.0028	206.0040	206.0034	0.2764	58.8
15	E2	24/09/2012	2,5	I	4000	205.9085	205.9093	205.9089	206.0015	206.0005	206.0010	0.0921	23.0
	E2	24/09/2012	2,5	E	4000	205.2162	205.2167	205.2165	205.3325	205.3334	205.3330	0.1165	29.1

APÊNDICE 4 – ENSAIOS GRAVIMÉTRICOS (CONTINUAÇÃO)

Coleta	Local	Dia	MP	Ambiente	Volume, L	Peso inicial 1, mg	Peso inicial 2, mg	Peso inicial, mg	Peso final 1, mg	Peso final 2, mg	Peso final, mg	Massa, mg	Concentração, $\mu\text{g.m}^{-3}$
16	E1	26/09/2012	2,5	I	4200	215.8875	215.8878	215.8877	215.9602	215.9596	215.9599	0.0722	17.2
	E1	26/09/2012	2,5	E	4200	188.4101	188.4101	188.4101	188.5063	188.5044	188.5054	0.0953	22.7
17	E3	28/09/2012	2,5	I	4200	194.7476	194.7460	194.7468	194.8321	194.8286	194.8304	0.0836	19.9
	E3	28/09/2012	2,5	E	4200	198.2381	198.2392	198.2387	198.3208	198.3176	198.3192	0.0805	19.2
18	E3	02/10/2012	10	I	4150	216.5425	216.5434	216.5430	216.7217	216.7205	216.7211	0.1781	42.9
	E3	02/10/2012	10	E	4150	208.9884	208.9884	208.9884	209.1788	209.1781	209.1785	0.1900	45.8
19	E2	04/10/2012	10	I	4300	207.2095	207.2098	207.2097	207.4310	207.4302	207.4306	0.2210	51.4
	E2	04/10/2012	10	E	4300	213.3555	213.3567	213.3561	213.5651	213.5649	213.5650	0.2089	48.6
20	E3	08/10/2012	2,5	I	4450	186.5052	186.5050	186.5051	186.6095	186.6083	186.6089	0.1038	23.3
	E3	08/10/2012	2,5	E	4450	215.6073	215.6073	215.6073	215.7154	215.7145	215.7150	0.1076	24.2
21	E2	16/10/2012	10	I	4300	214.0875	214.0897	214.0895	214.0893	214.3257	214.3267	0.2372	55.2
22	E1	18/10/2012	10	I	4750	214.2151	214.2151	214.2127	214.2102	214.4195	214.4211	0.2084	44.1
23	E2	24/10/2012	2,5	I	4350	215.2222	215.2210	215.2216	215.2747	215.2746	215.2747	0.0531	12.2
24	E1	26/10/2012	2,5	I	3900	220.8098	220.8080	220.8089	220.9669	220.9672	220.9671	0.1582	40.6
25	E3	08/01/2013	10	I	4200	213.6864	213.6859	213.6862	213.7950	213.7930	213.7940	0.1078	25.7
26	E3	10/01/2013	2,5	I	3900	205.8277	205.8272	205.8275	205.9244	205.9234	205.9239	0.0965	24.7
27	E2	14/01/2013	2,5	I	4000	206.4312	206.4378	206.4345	206.4997	206.4992	206.4995	0.0649	16.2
	E2	14/01/2013	10	I	4000	215.7326	215.7326	215.7326	215.8179	215.8178	215.8179	0.0853	21.3
28	E1	15/01/2013	2,5	I	4100	243.1135	243.1119	243.1127	243.1796	243.1792	243.1794	0.0667	16.3
	E1	15/01/2013	10	I	2000	203.6227	203.6227	203.6227	203.6918	203.6926	203.6922	0.0695	34.8
29	E3	16/01/2013	2,5	I	2500	194.1619	194.1629	194.1624	194.1913	194.1907	194.1910	0.0286	11.4
	E3	16/01/2013	10	I	4300	226.1110	226.1109	226.1110	226.2187	226.2184	226.2186	0.1076	25.0
30	E2	18/01/2013	2,5	I	3000	218.2763	218.2759	218.2761	218.3210	218.3215	218.3213	0.0452	15.1
	E2	18/01/2013	10	I	3000	192.5956	192.5951	192.5954	192.6919	192.6887	192.6903	0.0950	31.7
31	E1	21/01/2013	2,5	I	4400	176.7684	176.7676	176.7680	176.8496	176.8481	176.8489	0.0808	18.4
	E1	21/01/2013	10	I	4400	199.0505	199.0495	199.0500	199.1638	199.1631	199.1635	0.1135	25.8

APÊNDICE 5 – AMOSTRAS DE RUÍDO

Dia	Local	Ruído (dBA)			Razão I/E
		Interno	Externo		
19/07/2012	E1	61.0	64.8		0.94
24/07/2012	E1	63.3	72.6		0.87
30/07/2012	E1	63.9	70.0		0.91
01/08/2012	E2	60.9	61.4		0.99
03/08/2012	E1	-	63.3		-
07/08/2012	E2	63.1	62.2		1.01
09/08/2012	E1	-	72.8		-
13/08/2012	E1	-	63.6		-
12/09/2012	E1	58.6	62.7		0.93
14/09/2012	E3	-	69.3		-
18/09/2012	E2	57.7	60.5		0.95
20/09/2012	E3	62.3	67.7		0.92
24/09/2012	E2	55.1	62.1		0.89
26/09/2012	E1	57.5	63.7		0.90
28/09/2012	E3	61.4	68.1		0.90
02/10/2012	E3	60.8	67.3		0.90
04/10/2012	E2	53.4	60.8		0.88
08/10/2012	E3	61.7	67.1		0.92
16/10/2012	E2	52.3	60.3		0.87
18/10/2012	E1	56.8	63.2		0.90
24/10/2012	E2	52.3	60.6		0.86
26/10/2012	E1	56.8	61.8		0.92
30/10/2012	E3	61.1	67.7		0.90
01/11/2012	E3	60.6	68.5		0.88
05/11/2012	E1	57.6	61.7		0.93
07/11/2012	E2	53.7	56.6		0.95
13/11/2012	E2	50.6	60.7		0.83
16/11/2012	E3	62.0	69.2		0.90
19/11/2012	E3	-	68.0		-
21/11/2012	E1	-	62.6		-
29/11/2012	E3	67.2	-		-
03/12/2012	E2	56.3	60.9		0.92