

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DE AMBIENTES**  
**INTERNOS - BIBLIOTECAS**

Lissandra Xavier Ito

**Orientadora:** Prof. Dr<sup>a</sup>. Mônica Lopes Aguiar

**São Carlos, SP**

Junho, 2007.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DE AMBIENTES**  
**INTERNOS - BIBLIOTECAS**

Lissandra Xavier Ito

**Orientadora:** Prof. Dr<sup>a</sup>. Mônica Lopes Aguiar

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Engenharia Química, Área de Controle Ambiental

**São Carlos, SP**

Junho, 2007.

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

l89mq

Ito, Lissandra Xavier.

Monitoramento da qualidade do ar de ambientes internos :  
bibliotecas / Lissandra Xavier Ito. -- São Carlos : UFSCar,  
2007.

160 f.


Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,  
2007.

1. Ar - poluição. 2. Ar - qualidade. 3. Ambiente interno. 4.  
Material particulado. 5. Bibliotecas. I. Título.

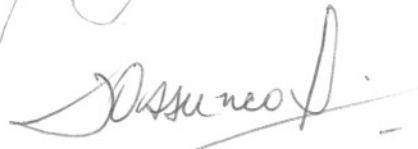
CDD: 628.53 (20<sup>a</sup>)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA TESE DE DOUTORADO DE  
**LISSANDRA XAVIER ITO**, APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS EM 09 DE ABRIL DE 2007.

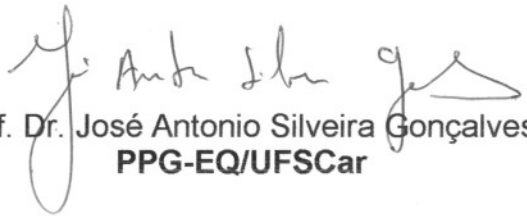
BANCA EXAMINADORA:

  
Profª. Drª. Mônica Lopes Aguiar  
**Orientadora, PPG-EQ/UFSCar**

  
Profª. Drª. Meuris Gurgel Carlos da Silva  
**FEQ/UNICAMP**

  
Prof. Dr. João Vicente de Assunção  
**FSP/USP**

  
Prof. Dr. Wicléf Dymurgo Marra Junior  
**EESC/USP**

  
Prof. Dr. José Antonio Silveira Gonçalves  
**PPG-EQ/UFSCar**

**À minha família.**

**"Dai-me, Senhor; a perseverança das ondas do mar, que fazem de cada recuo um ponto de partida para um novo avanço."  
(Cecília Meireles)**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus todo poderoso,

À Professora Mônica Lopes Aguiar, pela orientação, compreensão, amizade e carinho.

Ao Professor João Vicente de Assunção, pelo estímulo e bondade.

Aos professores da UFSCar.

As Bibliotecas da UFSCar, CQ-USP, Monteiro Lobato e Amadeu Amaral, por permitirem a realização deste trabalho.

À família, pelo amor e apoio em todos os momentos.

Aos amigos.

À FAPESP e CNPq pelo apoio financeiro.

## RESUMO

O principal objetivo desse trabalho foi monitorar e caracterizar o material particulado com diâmetro equivalente entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5-10}$ ), o particulado com diâmetro equivalente menor que 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ), o particulado total em suspensão (PTS) e alguns gases poluentes (amônia, cloro, dióxido de carbono, ozônio, benzeno, monóxido de carbono e tolueno) presentes em ambientes internos de Bibliotecas públicas.

Foram escolhidas duas bibliotecas localizadas na cidade de São Paulo, a Biblioteca Conjunto das Químicas da Universidade de São Paulo (CQ – USP) e a Biblioteca Infante Juvenil Monteiro Lobato e duas bibliotecas localizadas na cidade de São Carlos, a Biblioteca Amadeu Amaral e a Biblioteca comunitária da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Foi utilizado um Amostrador de Pequenos Volumes (APV), que capturou as partículas empregando como meio filtrante um filtro de fibra de vidro e membranas nucleopore hidrofóbicas; e um sistema de monitoramento por chip (CMS), onde foram medidas as concentrações de gases. Os experimentos foram realizados dentro das bibliotecas e no ambiente externo das bibliotecas, trabalhou-se com uma vazão de 16 L/min e tempo de amostragem de 1 hora, 1 vez por semana, variando em relação ao dia da semana e ao horário de amostragem.

Após a coleta, foram realizadas análises de Fluorescência de Raios X (XRF) para quantificar os elementos químicos com número atômico acima de 13 g/mol, os elementos químicos que foram encontrados no material particulado desses ambientes internos foram: Al, Ca, Fe, Cu, Br, Rb, Cl, K, Ti, V, Sr e S.

Os resultados mostraram que as concentrações de particulados nas faixas  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_{2,5-10}$  no ambiente interno das bibliotecas apresentaram valores sempre maiores no



ambiente interno do que no externo. As Bibliotecas localizadas na região central das cidades de São Paulo e São Carlos (Amadeu Amaral e Monteiro Lobato) apresentaram maiores concentrações de particulados internos nas duas faixas de particulados,  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ , sendo justificadas pela poluição veicular, indústrias, ressuspensão do solo e queimadas de cana de açúcar.

## ABSTRACT

The main objective of this study was to monitor and to characterize the particulate material (PM) with equivalent diameter between 2,5 and 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5-10}$ ), particulate with equivalent diameter smaller than 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ), particulate with total suspended particles (TSP), and some pollutant gases (ammonia, chlorine, carbon dioxide, ozone, benzene, carbon monoxide and toluene) presents in the indoor environments of public Libraries.

Two libraries located in the city of São Paulo were chosen, the Chemistry Buildings Library of the University of São Paulo (CQ – USP), and the Library Monteiro Lobato, and two libraries located in the city of São Carlos, the Library Amadeu Amaral and the Communitarian Library of the Federal University of São Carlos (UFSCar).

It was used a Small Volume Sampler (APV) which captured the particles using a glass fibre filter and nuclepore hydrophobic membranes, and a chip monitoring system (CMS) which measured the gases concentrations. The experimental essays were followed in the indoor and outdoor environments of the libraries, working with a flow of 16 L/min and sampling time of 1 hour, once a week, varying in relation to the day of the week and the schedule of sampling.

After the collection, analyses of X-Ray Fluorescence (XRF) were done to quantify the chemical elements with atomic number superior of 13 g/mol. The chemical elements found in the particulate material of those indoor environments were: Al, Ca, Fe, Cu, Br, Rb, Cl, K, Ti, V, Sr, and S.

The results showed that the particulate concentrations between  $\text{PM}_{2,5-10}$  and  $\text{PM}_{2,5}$  in the indoor environments of the libraries were always greater than in the outdoor ones.

The Libraries located downtown São Paulo and São Carlos (Amadeu Amaral and Monteiro Lobato) presented greater concentrations of indoor particulate in the two fractions,  $PM_{2.5}$  and  $PM_{2.5-10}$ , justified by the pollution of vehicles, industries, soil resuspension and burning of sugarcane.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	05
<b>2.1. Poluição do ar</b> .....	05
<b>2.2. Poluição do Ar Interior</b> .....	07
<b>2.3. Qualidade do Ar de Interiores e Saúde Pública</b> .....	10
<b>2.4. Poluentes internos</b> .....	13
2.4.1. Material particulado .....	18
2.4.2. Faixas de tamanhos de partículas .....	19
<b>2.5. Legislações e Recomendações</b> .....	22
2.5.1. Legislações e Recomendações brasileiras .....	23
2.5.2. Legislações internacionais .....	29
<b>2.6. Bibliotecas</b> .....	30
<b>2.7. Outros Estudos de Casos</b> .....	39
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	49
<b>3.1. Locais de Estudo – Bibliotecas Públicas</b> .....	49
3.1.1. Biblioteca Municipal Amadeu Amaral .....	49
3.1.2. Biblioteca Comunitária da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) .....	52
3.1.3. Biblioteca Conjunto das Químicas da Universidade de São Paulo (CQ – USP) .....	54
3.1.4. Biblioteca Infante Juvenil Monteiro Lobato .....	55
<b>3.2. Materiais - Meio filtrante</b> .....	57
<b>3.3. Equipamentos Utilizados</b> .....	58
3.3.1. Amostrador de Pequenos Volumes .....	58
3.3.2. Amostrador de Gases .....	60
3.3.3. Outros equipamentos .....	61
<b>3.4. Métodos Experimentais</b> .....	61
3.4.1. Realização dos experimentos .....	61
3.4.2. Métodos de Análise Química – Fluorescência de Raios-X .....	64
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	69
<b>4.1. Testes preliminares</b> .....	69
4.1.1. Monitoramento de PTS na Biblioteca da UFSCar .....	69
<b>4.2. Resultados da Biblioteca Amadeu Amaral</b> .....	74
4.2.1. Temperatura e Umidade Relativa .....	74
4.2.2. Resultados das concentrações de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> .....	76
<b>4.3. Resultados da Biblioteca da Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR</b> .....	85
4.3.1. Temperatura e Umidade Relativa .....	85
4.3.2. Resultados das concentrações de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>10</sub> .....	87
<b>4.4. Resultados da Biblioteca Conjunto das Químicas – USP</b> .....	94
4.4.1. Temperatura e Umidade Relativa .....	94
4.4.2. Resultados das concentrações de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>10</sub> .....	100
<b>4.5. Resultados da Biblioteca Monteiro Lobato</b> .....	105

4.5.1. Temperatura e Umidade Relativa .....	105
4.5.2. Resultados das concentrações de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> .....	107
<b>4.6. Comparação dos Resultados das Bibliotecas Públicas .....</b>	<b>114</b>
<b>4.7. Monitoramento de Gases .....</b>	<b>116</b>
<b>4.8. Análises Químicas .....</b>	<b>118</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>125</b>
<b>6. SUGESTÕES .....</b>	<b>127</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXO I .....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO II .....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO III .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO IV .....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXO V .....</b>	<b>154</b>
<b>ANEXO VI .....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXO VII .....</b>	<b>160</b>

## NOMENCLATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento
ACGIH	<i>American Conference Of Governmental Industrial Hygienist</i> (Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais)
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APV	Amostrador de pequenos volumes
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i> (Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado).
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COVS	Compostos Orgânicos Voláteis
FAPESP	Fundação de Amparo a Pesquisa no estado de São Paulo
FURG	Fundação Universidade Federal do Rio Grande
HKIAQ	Padrões de qualidade do ar interno para <i>Hong Kong</i>
JEQS	<i>Japanese Environmental Quality Standards</i> (Norma Japonesa de Qualidade Ambiental)
MAK	<i>Maximale arbeitsplatzkonzentrationen.</i> (Limite ocupacional alemão)
MPT	Material Particulado Total
NIOSH	<i>National Institute of Occupational Safety and Health.</i> (Instituto Nacional de Segurança e Saúde)
OPS	Organização Pan-Americana de Saúde
OMS	Organização Mundial de Saúde
PM <sub>10</sub>	Material Particulado com diâmetro menor que 10 µm
PM <sub>2,5-10</sub>	Material Particulado com diâmetro equivalente entre 2,5 e 10 µm
PM <sub>2,5</sub>	Material Particulado com diâmetro equivalente menor que 2,5 µm
PMOC	Plano de Manutenção, operação e controle
RENABRAVA	Recomendação Normativa da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SED	Síndrome do Edifício Doente
THC	Hidrocarbonetos totais
US.EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (Agência de Proteção Ambiental dos EUA)
WHO	<i>World Health Organization</i> (Organização Mundial de Saúde)

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Tipos de problemas identificados em edifícios, investigações realizadas pelo instituto Nacional de Segurança Ocupacional e Saúde (NIOSH), USA.....	08
Tabela 2.2. Sistema respiratório e doenças associadas ao material particulado.....	11
Tabela 2.3. Queixa de problemas de saúde investigada nos ambientes internos de edifícios, NIOSH, USA.....	13
Tabela 2.4. Classificação dos poluentes orgânicos de ambientes internos.....	15
Tabela 2.5. Principais diferenças da fração PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> .....	22
Tabela 2.6. Possíveis fontes de poluentes químicos e biológicos encontrados em interiores.....	24
Tabela 2.7. Recomendações internacionais com padrões referenciais de qualidade do ar interior, para particulados PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>10</sub> .....	29
Tabela 2.8. Sintomas relatados nos 130 questionários realizados nas 4 bibliotecas da Itália.....	36
Tabela 2.9. Resultados das análise realizadas em trabalhadores expostos a contaminação fúngica.....	37
Tabela 2.10. Valores da concentração média do ar interno de casas de Seoul e Taegu na Coréia do Sul e respectiva relação I/O.....	40
Tabela 2.11. Valores da concentração média do ar interno de escritórios Seoul e Taegu na Coréia do Sul e respectiva relação I/O.....	40
Tabela 2.12. Valores da concentração média do ar interno de restaurantes de Seoul e Taegu na Coréia do Sul e respectiva relação I/O.....	41
Tabela 2.13. Descrição geral dos 14 locais públicos.....	42
Tabela 2.14. Valores de I/O para diferentes poluentes em 14 locais estudados.....	43
Tabela 2.15. Concentrações de poluentes encontrados no ar de escritórios localizados no Rio de Janeiro e respectiva relação I/O.....	44
Tabela 2.16. Concentrações de compostos carbonílicos voláteis (ppb) e relação I/O.....	45
Tabela 2.17. Níveis de formaldeído e acetaldeído obtidos no estudo no campus da FURG.....	46
Tabela 2.18. Valores da concentração média e máxima no convento e na estação de monitoramento, e a relação I/O.....	47
Tabela 3.1. Limites de detecção para XRF.....	67
Tabela 4.1. Concentração de particulados PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> no ambiente interno da Biblioteca Amadeu Amaral, no período de julho de 2005 a junho de 2006.....	79
Tabela 4.2. Concentrações médias anuais das partículas PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> nos pisos e a relação I/O, na Biblioteca Amadeu Amaral.....	83
Tabela 4.3. Valores de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> , no período de agosto de 2005 a junho de 2006... 88	88
Tabela 4.4. Relação I/O das concentrações médias anuais de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> , na Biblioteca da UFSCar.....	91
Tabela 4.5. Valores de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> , no período de julho de 2005 a junho de 2006... 102	102
Tabela 4.6. Relação I/O das concentrações médias anuais de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> .....	105
Tabela 4.7. Valores de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> , no período de julho de 2005 a junho de 2006... 109	109
Tabela 4.8. Relação I/O das concentrações de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>2,5-10</sub> .....	113
Tabela 4.9. Monitoramento de gases e suas concentrações médias no período de amostragem, na Biblioteca da UFSCar e da CQ – USP.....	117
Tabela 4.10. Resultados das análises químicas nas membranas amostradas no interior das bibliotecas.....	119

Tabela 4.11. Resultados das análises químicas nas membranas amostradas no exterior das bibliotecas.....	123
Tabela 1. Valores das mutações ocorridas nos locais de exposição da planta .	142



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Sistema respiratório humano.....	11
Figura 2.2. Diagrama do conforto humano.....	32
Figura 3.1. Vista da Biblioteca Municipal Amadeu Amaral.....	50
Figura 3.2. Vista da Biblioteca da UFSCar.....	52
Figura 3.3. Vista da Biblioteca Conjunto das Químicas da USP.....	54
Figura 3.4. Vista da Biblioteca Monteiro Lobato.....	56
Figura 3.5. Amostrador de Pequenos Volumes (APV).....	58
Figura 3.6. a) vista geral do APV e b) detalhes dimensionais do impactador do APV.....	59
Figura 3.7. Esquema do funcionamento do APV.....	59
Figura 3.8. Amostrador de gases CMS.....	60
Figura 4.1. Concentração média ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de PTS nos Pisos 1, 2, 3, 4, 5, na sala de ar-condicionado e no ambiente externo da Biblioteca, no período de 11 de janeiro a 03 de fevereiro de 2005.....	71
Figura 4.2. Temperatura na Biblioteca Amadeu Amaral no período de amostragem, no período de jul/05 a jun/06.....	74
Figura 4.3. Umidade Relativa na Biblioteca Amadeu Amaral no período de amostragem, no período de jul/05 a jun/06.....	75
Figura 4.4. Precipitação pluviométrica na cidade de São Carlos, no ano de 2006 (INMET, 2006).....	76
Figura 4.5. Concentração média de $\text{PM}_{2,5}$ durante os meses de amostragem nos pisos monitorados da Biblioteca Amadeu Amaral.....	77
Figura 4.6. Concentração média de $\text{PM}_{2,5-10}$ durante os meses de amostragem nos pisos monitorados da Biblioteca Amadeu Amaral.....	78
Figura 4.7. Concentração mássica de partículas $\text{PM}_{2,5}$ e $\text{PM}_{2,5-10}$ na Biblioteca Amadeu Amaral, no período de jul/05 a jun/06.....	80
Figura 4.8. Razão $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{2,5-10}$ , no período de jul/05 a jun/06.....	82
Figura 4.9. Temperatura interna e externa da Biblioteca da UFSCar no período de amostragem, no período de agost/05 a jun/06.....	84
Figura 4.10. Umidade Relativa interna e externa da Biblioteca da UFSCar no período de amostragem, no período de agost/05 a jun/06.....	85
Figura 4.11. Concentração média de $\text{PM}_{2,5}$ nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca UFSCar.....	86
Figura 4.12. Concentração média de $\text{PM}_{2,5-10}$ nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca UFSCar.....	87
Figura 4.13. Concentração mássica de particulados $\text{PM}_{2,5}$ e $\text{PM}_{2,5-10}$ na Biblioteca Federal de São Carlos, no período de ago/05 a jun/06.....	89
Figura 4.14. Razão de $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{2,5-10}$ , no período de ago/05 a jun/06.....	90
Tabela 4.15. Temperatura interna e externa da Biblioteca CQ – USP no período de amostragem, no período de jul/05 a jun/06.....	94
Figura 4.16. Umidade Relativa interna e externa na Biblioteca CQ – USP no período de amostragem, no período de jul/05 a jun/06.....	95
Figura 4.17. Precipitação pluviométrica na cidade de São Paulo, no ano de 2006 (INMET, 2006).....	96
Figura 4.18. Estantes de livros cobertas com plástico.....	97
Figura 4.19. Estantes de livros cobertas com plástico e balde ao lado.....	97
Figura 4.20. Vista do aparelho desumidificador na Biblioteca CQ – USP.....	98
Figura 4.21. Vasos de plantas encontrados nas Bibliotecas CQ – USP.....	99

Figura 4.22. Concentração média de $PM_{2,5}$ nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca CQ – USP .....	100
Figura 4.23. Concentração média de $PM_{2,5-10}$ nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca CQ – USP .....	101
Figura 4.24. Concentração mássica de particulados $PM_{2,5}$ e $PM_{2,5-10}$ na Biblioteca CQ – USP, no período de jul/05 a jun/06 .....	103
Figura 4.25. Razão de $PM_{2,5}$ por $PM_{2,5-10}$ , no período de jul/05 a jun/06 .....	104
Figura 4.26. Temperatura interna e externa da Biblioteca Monteiro Lobato, no período de jul/05 a jun/06 .....	106
Figura 4.27. Umidade Relativa interna e externa na Biblioteca Monteiro Lobato, no período de jul/05 a jun/06 .....	106
Figura 4.28. Concentração média de $PM_{2,5}$ nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca Monteiro Lobato .....	108
Figura 4.29. Concentração média de $PM_{2,5-10}$ nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca Monteiro Lobato .....	108
Figura 4.30. Concentrações médias anuais de particulados $PM_{2,5}$ e $PM_{2,5-10}$ na Biblioteca Monteiro Lobato, no período de jul/05 a jun/06 .....	110
Figura 4.31. Razão de $PM_{2,5}/PM_{2,5-10}$ , no período de jul/05 a jun/06 .....	111
Figura 4.32. Biblioteca Monteiro Lobato e suas fontes originárias de poluição .....	112
Figura 4.33. Concentração média anual de particulados $PM_{2,5}$ e $PM_{2,5-10}$ no ambiente interno e externo das Bibliotecas, no período de jul/05 a jun/06 .....	115
Figura 1. Esquema de parte da biblioteca da Faculdade de Medicina da USP, contígua à sala de cópias e os pontos de amostragem A, B, C e D .....	141
Figura 2. Relação da Frequência de mutações pela distância das fotocopiadora .....	143

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento das grandes cidades, o processo de industrialização e a conseqüente urbanização forçaram a civilização a conviver com impactos ambientais cada vez mais relevantes e ameaçadores ao ser humano. A poluição do ar começou a afetar a qualidade de vida e a agredir a natureza e o meio ambiente, levando na década de 1970 à criação de padrões de qualidade do ar para fontes de emissões poluidoras. Mesmo que estabelecidas algumas restrições na política ambiental, grande parte do mundo não consegue conviver com o desenvolvimento e a conservação do meio ambiente e, conseqüentemente, ainda são emitidos muitos agentes poluentes na atmosfera.

Com a grande ocupação das cidades, o interesse econômico na utilização de terrenos em regiões centrais e a sofisticação arquitetônica, foram surgindo um número cada vez maior de edifícios comerciais e residenciais. Esses edifícios começaram a ser projetados cada vez mais altos, com maior quantidade de vidros e totalmente fechados. No início a preocupação dos arquitetos na construção de edifícios cada vez mais fechados, era prevenir a infiltração da poluição externa, como a fuligem da combustão do carvão utilizado em indústrias e residências. Isso levou a um consumo excessivo de energia, além da dependência do sistema de ventilação mecânico, criando a necessidade de estruturas com dutos de ar que eram resfriados ou aquecidos por um equipamento centralizado, que poderia recircular o ar interno.

Os avanços da tecnologia, que possibilitaram a criação de novos materiais para: pisos, paredes e móveis, que são introduzidos no meio interno; o desenvolvimento de novos materiais de limpeza, para facilitar a vida das pessoas e, principalmente, das donas de casa, a fumaça de cigarro e a construção de edifícios modernos totalmente fechados, vem contribuindo para a má qualidade do ar interior. Tudo isso leva a condições necessárias para a criação de um meio propício à proliferação de doenças humanas.

De acordo com a *Environmental Protection Agency* EPA (USEPA, 1987), a pior poluição não está nas ruas e nem é gerada pelas fábricas, não está, como se acredita, na água que bebemos ou no alimento que comemos, a pior poluição está onde menos suspeitamos onde normalmente nos refugiamos das agressões do mundo externo, ela está dentro das nossas casas.

Segundo alguns estudos conduzidos pela EPA (USEPA, 1987) e pela *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH, 1998), os níveis de poluentes em ambientes internos chegam a ser 10 a 100 vezes superiores aos existentes no exterior. Os efeitos adversos para a saúde, associados à poluição do ar em ambientes internos, podem variar de um desconforto térmico até mesmo a uma ocorrência de morte. Não é possível identificar nenhuma doença específica. As queixas podem estar localizadas ou espalhadas por todo o ambiente, podem ter origens biológicas, alérgicas, químicas e fisiológicas. De acordo com a *World Health Organization* (WHO, 1999), um ambiente interno poluído pode causar doenças nos olhos (irritação, secura e prurido), no nariz (irritação, secura e congestionamento), na garganta (secura, rouquidão, prurido e tosse), na pele (irritação, secura, prurido), na cabeça (dores, náuseas e tonturas) e nos pulmões (asma, obstrução pulmonar crônica, doenças cardiovasculares e câncer nos pulmões). Segundo Peter Toft (2001), diretor de projetos especiais da Divisão de Saúde e Meio Ambiente da Organização Pan-Americana de Saúde (OPS), os pulmões do ser humano são mil vezes mais vulneráveis à poluição do ar em ambientes fechados do que ao ar livre. Essa situação é mais agravante em ambientes com fumaça de cigarro, já que esta é uma mistura complexa de inúmeros componentes químicos, inclusive alguns cancerígenos.

Portanto, são exigidas ações para prevenir ou reduzir os efeitos da degradação da qualidade do ar o que já foi demonstrado ser compatível com o desenvolvimento industrial e social. A gestão da qualidade do ar envolve a definição de limites de concentração dos poluentes na atmosfera, de limitação de emissão dos mesmos, bem como a intervenção no

processo de licenciamento, na criação de estruturas de controle da poluição em áreas especiais e apoios na implementação de tecnologias menos poluentes.

Pesquisando a área de poluição do ar e analisando os últimos anos observa-se um tema importantíssimo que ganhou grande destaque: a poluição do ar interior. Principalmente porque houve um grande aumento de queixas relacionadas à qualidade do ar em locais fechados nos países desenvolvidos. Essas queixas geraram estudos que foram conduzidos em diferentes países e períodos, indicando que o ar dentro de casas e outros locais fechados estavam mais poluídos do que o ar externo nas grandes cidades industrializadas.

Devido a toda a problemática da qualidade do ar interior, constatou-se a importância de se realizar um estudo de poluição do ar em ambientes internos, como o das bibliotecas, no sentido de se quantificar e caracterizar os tipos de poluentes encontrados nesses ambientes. Esse monitoramento consiste na amostragem do ar suspenso, determinando a concentração e as propriedades físico-químicas deste material, e verificando o enquadramento na legislação vigente.

Deste modo, os principais objetivos do monitoramento da qualidade do ar em ambientes internos das bibliotecas foram: coletar amostras do material particulado com diâmetro equivalente entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5-10}$ ), particulado com diâmetro menor que 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ) e de alguns gases (amônia, cloro, dióxido de carbono, ozônio, benzeno, monóxido de carbono e tolueno), no sentido de analisar e quantificar os principais poluentes presentes nos ambientes internos das bibliotecas.

Nessa direção, pretende-se:

- (a) Efetuar a caracterização química e física das amostras coletadas nas bibliotecas, para identificar o material particulado presente nesses ambientes;

- (b) Verificar a influência que a poluição de origem externa provoca no ambiente interno, e acompanhar as tendências e mudanças na qualidade do ar devido a alterações nas emissões dos poluentes de origem interna e externa;
- (c) Caracterizar e quantificar a presença de gases poluentes;
- (d) Identificar as principais fontes ou processos de formação dos poluentes presentes em bibliotecas, para estabelecer medidas corretivas e preventivas quanto à questão da contaminação por poluentes;
- (e) Avaliar a qualidade do ar para proteger a saúde e o bem estar das pessoas, fornecendo dados para ativar ações de emergência quando os níveis de poluentes nos interiores forem altos e representar risco à saúde pública.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Poluição do ar**

A Revolução Industrial teve início no século XVIII, na Inglaterra, com a mecanização dos sistemas de produção. Com este progresso o ser humano teve que conviver com o ar poluído e com todos os prejuízos advindos da queima do carvão mineral que despejava na atmosfera das cidades industriais européias, toneladas de poluentes.

Vários outros eventos ocorreram no século XX e trouxeram graves conseqüências à saúde do ser humano. Em dezembro de 1952, a combinação de altas concentrações de fumaça (material particulado) e dióxido de enxofre ocasionaram em Londres cerca de 4 mil mortos. Na cidade de São Paulo, em 1972, aconteceu o primeiro smog, que é uma combinação de smoke (fumaça) com fog (neblina), ocasionando uma redução da transparência da atmosfera causada pela junção de partículas e gases. Em junho de 1976, em Santo André, ocorreu um episódio crítico de poluição do ar por inversão térmica e altas concentrações de dióxido de enxofre e material particulado, tendo como conseqüência um aumento em hospitalizações por doenças e problemas respiratórios. Na década de 1980, a região de Cubatão atingiu várias vezes altos níveis de poluição do ar, principalmente por material particulado.

Atualmente, quase todas as grandes cidades do mundo sofrem os efeitos nocivos da poluição do ar. Cidades como São Paulo, Tóquio, Nova Iorque e Cidade do México estão na lista das mais poluídas do mundo.

A poluição gerada nas cidades de hoje são resultados, principalmente, da queima de combustíveis fósseis como, por exemplo, carvão mineral e derivado do petróleo (gasolina e diesel). A queima destes produtos tem lançado uma grande quantidade de monóxido e dióxido de carbono na atmosfera. Estes dois combustíveis são responsáveis pela geração de

energia que alimenta os setores industriais, elétricos e de transportes de grande parte das economias do mundo. Por isso, deixá-los de lado atualmente é extremamente difícil.

Esta poluição do ar tem gerado diversos problemas, tem interferido nos ecossistemas, no patrimônio histórico e cultural em geral, pode também estar afetando o nosso clima e; muitos ambientalistas já declararam que o fenômeno do efeito estufa está aumentando a temperatura em nosso planeta e pode provocar sérios problemas a qualidade de vida mundial. Mas o principal prejudicado pela poluição é o próprio ser humano e a sua saúde.

O homem tem estudado e tentado procurar soluções para estes problemas, a tecnologia vem avançando no sentido de gerar máquinas e combustíveis menos poluentes. O mundo está empenhado em diminuir a poluição industrial, e muitos automóveis já estão utilizando outros tipos de combustíveis.

Mesmo com a tentativa de controlar e reduzir os poluentes liberados no meio ambiente, a maioria dos países em desenvolvimento ainda não reconhece o perigo da poluição em interiores. As leis de proteção ambiental estão mais voltadas ao controle das fontes emissoras, e não a outra ponta, o ambiente onde as pessoas permanecem a maior parte do tempo.

Mas a poluição vem crescendo e dominando o ar dos ambientes internos (*indoor*), interferindo diretamente na qualidade de vida do homem, invadindo o interior de suas casas, escolas, escritórios, *shoppings*, aeroportos e os locais fechados em geral.

Portanto, considerando que as pessoas passam a maior parte do tempo em ambientes internos, torna-se importante verificar o nível dessa contaminação de forma a caracterizar o risco à saúde dos seus ocupantes.



## 2.2. Poluição do Ar Interior

O primeiro acontecimento trágico que chamou a atenção para a qualidade do ar em ambientes internos ocorreu em Julho de 1976, num encontro de legionários americanos, na Filadélfia. A bactéria *Legionella pneumophila*, que se multiplica na água de resfriamento de sistemas de condicionamento de ar e pode se espalhar pelo ar interno, causou 182 casos de infecção e 25 mortes (ASSUNÇÃO, 1997).

Um relatório de alerta, publicado na década de 80, pela *World Health Organization* (WHO) (citado por KULCSAR, 2003), definiu a Síndrome do Edifício Doente (SED). Essa SED consiste num número de sintomas que são comuns na população em geral, mas pode num senso temporal ser relacionado a um edifício em particular ou, também, pode ser caracterizada quando 20% ou mais da população de um edifício apresenta queixas ou sintomas que são comuns e não específicos para a população em geral. Porém, regredem ao saírem do edifício com problemas de qualidade do ar. Os sintomas mais comuns descritos por trabalhadores de escritórios são: dor de cabeça, fadiga, letargia, prurido e ardor nos olhos, irritação de nariz e garganta, anormalidades na pele e falta de concentração.

Segundo a EPA, estima-se que a maioria da população americana passa 90 % do seu tempo em interiores, que deve ser entendido como se referindo a ambiente tais como: casas, escolas, edifícios públicos, veículo e outros espaços fechados aos quais as pessoas têm acesso. A exposição dentro de ambientes internos pode variar de 8 horas/dia em prédios de escritórios e indústrias; e 16 a 24 horas/dia em residências. Em contraste, a média do tempo que a pessoa passa fora de ambientes internos é aproximadamente 2 horas/dia. Portanto, longos períodos de exposição ocorrem nos edifícios e os níveis de alguns poluentes comuns no ar são muitas vezes maiores no interior do que no exterior (GODISH, 1997).

No Brasil, uma vez que a ventilação do ambiente interior é feita muitas vezes deixando-se as janelas abertas, a poluição do ar exterior é considerada como fator determinante da qualidade do ar interior (*indoor*), tanto em residências como em escritórios e casas comerciais situados próximos a rua (BRICKUS, 1998).

Em pesquisas realizadas por GODISH entre 1971 e 1988, em países desenvolvidos, o principal problema encontrado em ambientes internos foi o sistema de ventilação inadequado, que pela proporção errada de ar reciclado, com a combinação de má limpeza dos ductos de ventilação e filtros não trocados em tempo especificado pela norma, geram um aumento da poluição do ambiente interno e o aparecimento de microorganismos que passam a se desenvolver em maior quantidade nos sistemas de refrigeração e umidificação. O segundo maior problema é a contaminação de origem externa, que em parceria com o sistema de ventilação inadequado tornam o meio interior propício à proliferação de doenças (GODISH, 1997).

Uma pesquisa, desenvolvida nos Estados Unidos, pelo *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), identificou os principais problemas encontrados no ambiente interno de 529 edifícios, no período entre 1971 e 1988 (GODISH, 1997). Os dados são relatados na **Tabela 2.1**.

**Tabela 2.1.** Tipos de problemas identificados em edifícios, investigações realizadas pelo Instituto Nacional de Segurança Ocupacional e Saúde (NIOSH), USA.

<b>Tipos de problemas</b>	<b>Edifícios investigados</b>	<b>%</b>
Contaminação de origem interna (indoor)	80	15
Contaminação de origem externa (outdoor)	53	10
Contaminação originada da estrutura dos edifícios	21	4
Contaminação microbiológica	27	5
Ventilação inadequada	280	53
Desconhecidos	68	13
Total	529	100

Fonte: GODISH, 1997.

No entanto, ao analisar um ambiente interno deve-se prestar atenção a alguns indicadores de problemas da qualidade interna do ar, como:

- Odores;
- Sujeira ou condições anti-higiênicas (ex: pó excessivo);
- Crescimento visível de fungos ou cheiro de mofo (problemas de umidade);
- Sinais de danos por mofo ou umidade em paredes (ex: abaixo de janelas, em colunas, cantos externos, tetos e pisos);
- Presença de substâncias perigosas;
- Verificar a existência de temperaturas desiguais, odores persistentes, poeiras e sensação de abafamento (sinais de desconforto dos ocupantes);
- Manutenção inadequada do sistema de ventilação;
- Super ocupação do local;
- Fontes de calor (quantidades de computadores e fotocopiadoras);
- Observar a localização de equipamentos geradores de poluição (ex: impressoras, fotocopiadoras...).

Alinhando-se com a tendência internacional, o Brasil, em 1998, adotou uma política para controle de qualidade do ar em ambientes internos, através da publicação da Portaria 3.523 do Ministério da saúde. Em 2000, dando continuidade a este trabalho, foi publicada a Resolução Re-176, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que estabelece os parâmetros de avaliação da qualidade do ar, revisada e publicada como Re nº 09, de 16 de janeiro de 2003. Também em 2003, foi publicada a Recomendação Normativa da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento (ABRAVA), RN 02, visando à qualidade do ar interior em sistemas de condicionamento de ar e ventilação para conforto.

Todas essas normas e recomendações foram pesquisadas e publicadas pensando principalmente na saúde da população, que permanece por muito tempo dentro de ambientes internos (*indoor*).

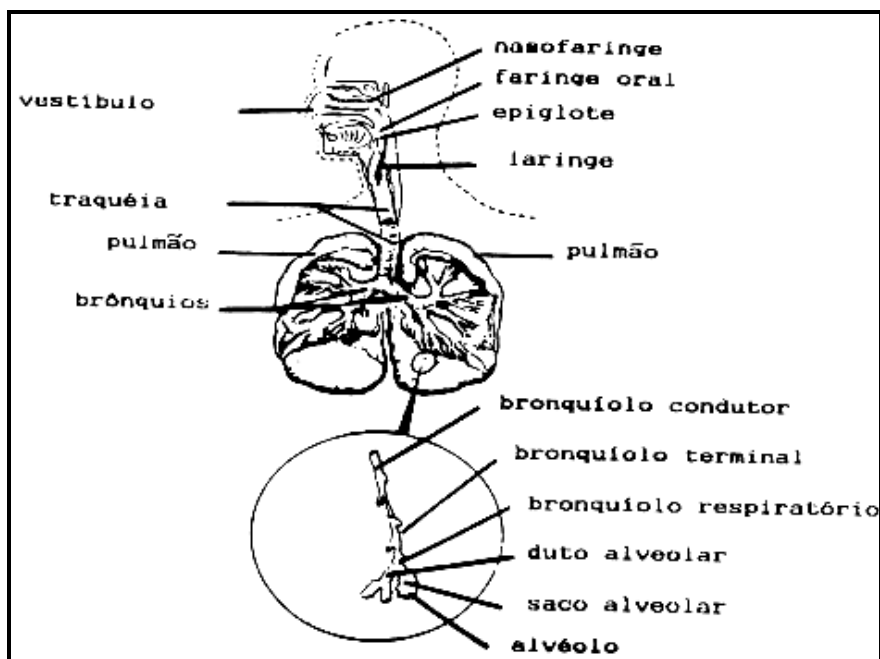
### **2.3. Qualidade do Ar de Interiores e Saúde Pública**

Segundo a Organização de Saúde, saúde pode ser definida como: “estado de completo bem estar físico, mental e social e não consistindo somente da ausência de uma doença ou enfermidade”.

Deve-se novamente ressaltar que as pessoas permanecem mais tempo em interiores do que no ambiente externo. A preocupação dos órgãos de saúde é o tempo de permanência das pessoas em ambientes internos e os problemas associados à exposição de poluentes presentes neste meio. A grande questão é o impacto dos poluentes na saúde humana, afetando as vias respiratórias, pulmonares e trazendo riscos cancerígenos.

As partículas inaladas podem ter dimensões entre 100 e 0,01  $\mu\text{m}$ . As partículas de dimensões superiores a 100  $\mu\text{m}$  não atingem o pulmão, mas as inferiores a 10  $\mu\text{m}$  podem atingi-lo por inalação. As partículas entre 2,5  $\mu\text{m}$  e 10  $\mu\text{m}$  depositam-se essencialmente nos brônquios principais. Uma parte fica nas vias respiratórias extratorácicas, outra na árvore traqueobrônquica e uma outra na área das trocas gasosas, região pulmonar ou alveolar que inclui os bronquíolos respiratórios, os dutos alveolares e os alvéolos (GOMES, 2002).

A **Figura 2.1** mostra o sistema respiratório humano.



Fonte: HINDS, 1999.

**Figura 2.1.** Sistema respiratório humano.

Na **Tabela 2.2** está apresentado o sistema respiratório dividido em: vias aéreas superiores, região torácica e região de troca de gases, pelas doenças associadas ao material particulado.

**Tabela 2.2.** Sistema respiratório e doenças associadas ao material particulado.

Sistema respiratório	Órgãos	Doenças
Vias aéreas superiores	Nariz	Irritação de septo nasal, faringe e laringe. Câncer de faringe e laringe.
	Boca	
	Faringe	
	Laringe	
Região Torácica	Traquéia	Broncoconstrição, bronquite crônica e câncer bronquial.
	Brônquios	
	Bronquíolos	
Região de troca de gases	Bronquíolos respiratórios	Pneumoconioses, enfisema, alveolite e câncer pulmonar.
	Dutos alveolares	
	Sacos alveolares	
	Alvéolos	

Segundo o Laboratório de poluição atmosférica da Universidade de São Paulo (USP, 2005), as partículas mais finas podem atingir os alvéolos pulmonares, que se constituem na região mais profunda do sistema respiratório. Os principais sintomas relacionados são:

- **Alergias:** é uma resposta exagerada do sistema imunológico a uma substância estranha ao organismo, uma hipersensibilidade imunológica a um estímulo externo específico;
- **Asma:** é uma doença inflamatória caracterizada por obstrução crônica ao fluxo de ar nas vias respiratórias. Sua fisiopatologia está relacionada ao edema da mucosa brônquica, a hiperprodução de muco nas vias aéreas e a contração da musculatura lisa das vias aéreas, com conseqüente diminuição de seu diâmetro;
- **Bronquite crônica:** surge, na maioria dos casos, após 20 a 30 anos de exposição das vias aéreas (brônquios) a irritantes como o fumo, poluição do ar e outras fontes. Esta doença é definida quando há presença de tosse com muco (catarro) na maioria dos dias do mês, em três meses do ano, por dois anos sucessivos, sem outra doença que explique a tosse. Quase todos os casos da doença ocorrem pelo efeito nocivo do fumo nos pulmões por vários anos, o que determina uma inflamação da mucosa dos brônquios (tubos que espalham o ar dentro dos pulmões). A bronquite crônica pode preceder ou acompanhar o enfisema. Ela afeta pessoas de todas as idades, mas, geralmente, aquelas com mais de 45 anos;
- **Morte:** provocada por pneumonia e infarto agudo do miocárdio (também conhecido como ataque cardíaco, é o processo de morte de parte ou todo o músculo cardíaco por falta de aporte adequado de nutrientes e oxigênio).

Neste mesmo estudo do Laboratório de poluição atmosférica da USP (2005), verificou-se que oito pessoas em média morrem na capital paulista por dia, em razão de problemas de saúde decorrentes da poluição. Em uma pesquisa com 85 ratos saudáveis expostos ao material particulado fino, verificou-se também que a poluição do ar não prejudica somente os pulmões, mas o sistema cardíaco e circulatório.

Nos Estados Unidos a partir de 1970 houve um maior crescimento nas pesquisas sobre a qualidade do ar em ambientes internos, tendo em vista a saúde dos seus ocupantes. Em um dos primeiros estudos a NIOSH, no período entre 1978 a 1985, realizou uma pesquisa identificando as principais queixas da população em 356 edifícios, causadas pela poluição de interiores, listadas na **Tabela 2.3** (GODISH, 1989).

**Tabela 2.3.** Queixa de problemas de saúde investigada nos ambientes internos de edifícios, NIOSH, USA.

<b>Queixas de problemas de saúde</b>	<b>% de edifícios</b>
Irritação nos olhos	81
Garganta ressecada	71
Dores de cabeça	67
Fadiga	53
Congestão nasal	51
Irritação na pele	38
Falta de ar	33
Tosses	24
Tonturas	22
Náuseas	15

Fonte: GODISH, 1999.

#### **2.4. Poluentes internos**

Existe uma variedade de poluentes que podemos encontrar em ambientes internos, porém neste trabalho serão citados os principais componentes encontrados no ar desses ambientes. A seguir será feita uma breve descrição dos poluentes: materiais particulados, compostos orgânicos

voláteis, formaldeído, fumaça de cigarro, dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, ozônio e fungos.

**Material Particulado** – os poluentes atmosféricos conhecidos como "material particulado" não constitui uma espécie química definida, mas um conjunto de partículas que incluem pós, poeiras, fumaças e aerossóis. As fontes geradoras de partículas nos interiores são: ressuspensão, escamação da pele, tapetes, cortinas, estofados, carpetes, roupas, papéis (jornais, revistas e livros), máquinas copadoras, sistemas de limpeza, ventilação, condicionamento de ar, fumaça de cigarro e partículas de origem externa. Os particulados presentes na atmosfera classificam-se em: Particulados Totais em Suspensão (PTS), que é a concentração de particulados totais no ar; Material Particulado Inalável ( $PM_{10}$ ), composto de partículas finas, sendo que as menores frações da faixa de partículas grossas com diâmetro aerodinâmico equivalente menor que  $10\ \mu m$  são o Material Particulado Respirável ( $PM_{2,5}$ ), que inclui somente as partículas finas com diâmetro aerodinâmico equivalente menor que  $2,5\ \mu m$ , e as Partículas Ultrafinas, que são as partículas com diâmetros menores que  $0,05\ \mu m$  (BAIRD, 2002). Para a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH, 2003), as partículas menores que  $100\ \mu m$  são nomeadas partículas inaláveis, as partículas torácicas são as menores que  $25\ \mu m$  e as partículas menores que  $10\ \mu m$  estão na faixa das respiráveis.

**Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)** – a *World Health Organization* (WHO, 1987) caracterizou os poluentes orgânicos de ambientes interiores em quatro grupos, como indicado na **Tabela 2.4**.



**Tabela 2.4.** Classificação dos poluentes orgânicos de ambientes internos.

Categoria	Descrição	Abreviatura	Faixa de ponto de ebulição (°C)	Elemento de coleta
1	Compostos orgânicos muito voláteis (gases)	COMV	<0 a 50-100	Adsorção em carvão ativado
2	Compostos orgânicos voláteis	COV	50-100 a 240-260	Adsorção em tenax, carvão ativado
3	Compostos orgânicos semi-voláteis	COSV	240-260 a 380-400	Adsorção em espuma de poliuretano
4	Compostos orgânicos associados com partículas ou material particulado orgânico	MPO	>380	Filtros

Fonte: WHO, 1987.

Os compostos orgânicos voláteis são constituídos de hidrocarbonetos (alcanos, alquenos e aromáticos), oxigenadores (álcoois, aldeídos, cetonas, éteres) e espécies que contém alógeno (metil-cloroformo, tri-cloroetano). Alguns COV<sub>s</sub> provocam irritação nos olhos, no nariz, na garganta, danos no sistema nervoso central, dores de cabeça e lapsos de memória. O benzeno e o butadieno são cancerígenos e provocam leucemia (são genotóxicos – afeta o material genético, o DNA).

**Formaldeído** – o formaldeído ( $H_2C=O$ ) é um poluente orgânico dos mais importantes encontrados em ambientes internos. Ele é bastante difundido, sendo um intermediário estável na oxidação do metano e de outros COV<sub>s</sub>. Esse gás é encontrado em interiores pela emissão de fumaça de cigarro e de materiais sintéticos que contém resinas de formaldeído. Essas resinas são utilizadas na manufatura de isolamento em espumas de uréia-formaldeído; para secagem e colagem de carpetes, pisos e tecidos e em adesivos de laminados de madeira compensada e aglomerada. Nos primeiros anos após sua fabricação, tais materiais liberam pequenas quantidades de formaldeído livre gasoso. O formaldeído quando excede níveis mais altos que 0,1 ppm pode causar irritação nos olhos, nariz, garganta e pele; e quando encontrado na fumaça de cigarro causa irritação nos olhos. Um

estudo realizado pela EPA (1987), em animais, classificou o formaldeído como um provável cancerígeno humano (BAIRD, 2000).

**Fumaça de cigarro** – a fumaça de cigarro em ambientes internos consiste tanto de gases como de partículas. Os gases encontrados são o CO, o NO<sub>2</sub>, o formaldeído, o cádmio, os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, os COV<sub>S</sub> e o polônio; já as partículas (alcatrão) são a nicotina e os hidrocarbonetos menos voláteis. A fumaça de cigarro em interiores causa irritação nos olhos e nas vias respiratórias, asma, angina no peito e câncer. Um estudo britânico estimou que a prática de fumar em lugares fechados mata anualmente 140.000 europeus, tanto de câncer como de doenças respiratórias (BAIRD, 2000).

**Dióxido de carbono** – o CO<sub>2</sub> é originado da queima de combustíveis fósseis e de produtos de metabolismo humano. Por isso, um ambiente interno que apresenta elevada concentração de pessoas deve ter uma boa troca de ar, uma ventilação adequada. A Recomendação normativa da ABRAVA RN 02 recomenda que a concentração máxima aceitável para ocupação permanente é de 3500 ppm e concentrações a partir de 1500 ppm ou 2000 ppm, devem ser evitadas em ambientes ocupados por pessoas sedentárias inativas, pois tendem a provocar nas pessoas certa sonolência e redução da produtividade. Segundo um curso de qualidade do ar interior de treinamento avançado (NTT, 2005), picos de concentração de CO<sub>2</sub> acima de 1000 ppm indicam ventilação inadequada.

**Monóxido de Carbono** – o CO pode ter sua concentração em interiores aumentada pela combustão incompleta de combustíveis contendo carbono, como madeira, gasolina, querosene ou gás. A exposição a concentrações muito altas de CO resulta em dores de cabeça, fadiga, perda de consciência e morte.

**Dióxido de Nitrogênio** – a concentração de NO<sub>2</sub> é maior no interior do que em exteriores, em residências que contêm fogões, aquecedores de ambientes e de água que

funcionam a gás. Um estudo realizado por pesquisadores de Harvard revelou que um aumento de 15 ppb na concentração média de NO<sub>2</sub> em interiores, leva a um aumento de 40 % no aparecimento de sintomas no sistema respiratório entre crianças de 7 a 11 anos.

**Ozônio** – o ozônio é formado quando NO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> são expostos à radiação solar, sendo um oxidante fotoquímico e o maior componente do "Smog". O "Smog fotoquímico" é um fenômeno que ocorre quando os hidrocarbonetos e seus produtos de oxidação, óxidos de nitrogênio e álcoois, reagem na presença de luz produzindo espécies altamente oxidantes. Enquanto o O<sub>3</sub> na atmosfera superior é benéfico para a vida, porque é uma barreira natural aos raios ultravioletas que atingem a Terra, altas concentrações de O<sub>3</sub> ao nível do solo tornam-se um problema para a saúde e o meio ambiente. A reatividade do O<sub>3</sub> causa irritação nos olhos e está associado ao agravamento dos problemas respiratórios como a asma, com sintomas semelhantes ao enfisema e à redução da capacidade pulmonar. Mesmo pessoas saudáveis têm se mostrado sensíveis aos efeitos do ozônio. A exposição longa a baixas concentrações causa envelhecimento precoce e reduz a capacidade de resistência a infecções respiratórias. A *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH, 2003) recomenda que o limite de exposição ao ozônio para um trabalhador com jornada de trabalho normal de 8 horas diárias não deva exceder 0,05 até 0,20 ppm, conforme o nível físico do trabalho (pesado, moderado ou leve).

**Fungos** – os fungos constituem-se de duas partes diferenciadas: a vegetativa que é composta de hifas que servem de fixação e absorção de alimentos; e a reprodutiva, onde se encontra uma célula que produz vários esporos. Com poucas exceções, sua reprodução se faz por esporulação. Os esporos são células ovais, altamente resistentes aos ambientes desfavoráveis. Portanto, além de ser uma forma de reprodução, a esporulação também é uma forma de resistência. Neste caso, há a formação de somente um esporo por célula que, em

condições ideais, volta a se desenvolver. As condições ideais para o crescimento dos fungos estão entre 22 a 30°C, sendo que este desenvolvimento pode também ocorrer em condições de 0 a 62°C. No papel, as colônias de fungos costumam se apresentar por manchas da cor amarela, sendo um amarelo mais escuro no centro e um amarelo mais claro nos contornos. Dependendo da espécie do fungo, as manchas se ampliam e se apresentam sob diversas tonalidades. Em condições muito favoráveis, formam bolores e seus esporos, em grande quantidade, dão à impressão de um pó (COSTA, 2003). A Re nº 9, da ANVISA (2003), recomenda um valor máximo  $\leq 750 \text{ ufc/m}^3$  de fungos.

Neste trabalho de monitoramento do ar de ambientes internos de bibliotecas foram realizadas amostragens de materiais particulados propondo à caracterização e quantificação desses compostos, por isso o material particulado será evidenciado nos próximos itens.

#### **2.4.1. Material particulado**

Uma revisão citada por ASSUNÇÃO (2004) define material particulado como uma composição de partículas sólidas ou líquidas, que ficam suspensas no ar, emitidas na forma de poeira, fumaça, fumo e névoa.

**Poeiras** – partículas sólidas formadas por processos de desintegração mecânica, que possuem formato não esférico, com diâmetro equivalente na faixa acima de 1  $\mu\text{m}$ . Por exemplo: Poeiras de cimento, poeira de amianto, poeira de algodão, poeira de rua;

**Fumos** – partículas sólidas formadas por condensação ou sublimação de substâncias gasosas originadas da vaporização/sublimação de sólidos. Essas partículas são de pequeno tamanho, em geral de formato mais esférico. Exemplos: fumos de chumbo, fumos de alumínio, fumos de zinco, fumos de cloreto de amônia;

**Fumaça** – partículas principalmente sólidas, formadas na queima de combustíveis fósseis, materiais asfálticos ou madeira. São partículas de diâmetro muito pequeno. Exemplos: fuligem, partículas líquidas e as cinzas, no caso de biomassa e carvão, que é uma fração mineral importante;

**Névoas** – partículas líquidas produzidas por condensação ou por dispersão de um líquido (atomização). Apresentam tamanho de partículas em geral maior que 5  $\mu\text{m}$ . Alguns exemplos: névoas de óleo de operação de cortes de metais, névoas de pulverização de pesticidas, névoas de tanques de tratamento superficial (galvanoplastia) e névoas de ácido sulfúrico.

#### **2.4.2. Faixas de tamanhos de partículas**

A faixa de tamanho das partículas é um dos fatores mais importantes, é por esta característica que se sabe o local de deposição no sistema respiratório, o transporte, seus caminhos e a dispersão no meio ambiente.

WHO (1994) apud ALMEIDA (1999), define que as faixas de partículas podem ser divididas em Material Particulado em Suspensão (MPS), aerossol, Material Particulado Total em Suspensão (PTS), fração inalável e fração respirável. Segundo ALMEIDA (1999):

**Material Particulado em Suspensão** – conjunto de partículas sólidas e/ou líquidas dispersa no ar. Compreende uma faixa de tamanho de algumas dezenas de nanômetros (nm) até poucas centenas de micrômetros ( $\mu\text{m}$ );

**Aerossol** – conjunto de partículas sólidas e/ou líquidas suspensas em um meio gasoso. Geralmente, o tamanho das partículas dos aerossóis compreende uma faixa entre 0,001 e 100  $\mu\text{m}$ ;

**Particulado Total em Suspensão (PTS)** – é uma estimativa da massa de partículas totais em suspensão, obtidas através de um amostrador de grande volume (Hi-vol). Compreendem as partículas na faixa de tamanho que vai de poucos micrômetros até cerca de 50  $\mu\text{m}$ ;

**Fração inalável** – é definida como a fração em massa das partículas totais em suspensão que são inaladas através da boca e do nariz. Essa fração depende principalmente da velocidade e direção do movimento do ar próximo à cabeça, taxa de respiração (inspirações por minuto) e volume de respiração (mL inspirado);

**Fração respirável** – é definida como a fração em massa das partículas inaláveis que penetra até os alvéolos pulmonares. A fração respirável é definida por um diâmetro de corte em 50% ( $D_{50}$  – na média 50% das partículas com diâmetro aerodinâmico desse tamanho irá passar através do orifício da entrada) igual a 4  $\mu\text{m}$  e um diâmetro de corte superior ( $D_{\text{sup}}$  – nenhuma partícula com diâmetro aerodinâmico acima desse tamanho poderá passar através do orifício de entrada) igual a 12  $\mu\text{m}$ .

Segundo ASSUNÇÃO (2004), quando o alvo dos estudos são populações de alto risco (crianças e adultos com certas doenças torácicas), existe uma outra convenção para a fração respirável, denominada de  $\text{PM}_{2,5}$ , centralizada em partículas com pequeno diâmetro aerodinâmico.

**Fração  $\text{PM}_{2,5}$**  – é definida como a fração das partículas coletadas por um amostrador com um orifício de entrada com eficiência de captura de 50% para partículas com 2,5  $\mu\text{m}$  de diâmetro aerodinâmico. A fração  $\text{PM}_{2,5}$  é definida por um diâmetro de corte 50% ( $D_{50}$ ) igual a 2,5  $\mu\text{m}$  e um diâmetro de corte superior ( $D_{\text{sup}}$ ) igual a 7  $\mu\text{m}$ .

**Fração torácica** – é definida como a fração em massa da partícula inalável que penetra além da laringe. A fração torácica é definida por um diâmetro de corte em 50%

( $D_{50}$ ) igual a 11,64  $\mu\text{m}$  e um diâmetro de corte superior ( $D_{\text{sup}}$ ) igual a 30  $\mu\text{m}$ . A converção para fração torácica é muito semelhante à definição para a fração  $\text{PM}_{10}$ , sendo esta última comumente utilizada para representar a fração torácica.

**Fração  $\text{PM}_{10}$**  – é definida como a fração em massa das partículas coletadas por um amostrador cujo orifício de entrada possui corte de 50% de eficiência para partículas com 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro aerodinâmico. A fração  $\text{PM}_{10}$  é definida por um diâmetro de corte em 50% ( $D_{50}$ ) igual a 10  $\mu\text{m}$  e um diâmetro de corte superior ( $D_{\text{sup}}$ ) igual a 30  $\mu\text{m}$ .

Os efeitos das partículas variam muito em função de sua natureza química e de suas dimensões, podendo se acentuar em pessoas asmáticas. Partículas grossas, isto é, com diâmetro maior que 10  $\mu\text{m}$  são retidas nas vias superiores do aparelho respiratório, enquanto que as partículas menores podem atingir os alvéolos pulmonares. Algumas partículas sólidas podem se acumular nos pulmões, ocasionando pneumoconiose (doenças pulmonares causadas pela inalação de poeiras). Substâncias tóxicas e carcinogênicas podem ser adsorvidas no material particulado, aumentando ainda mais os efeitos da doença nas pessoas. A presença no ar de algumas substâncias na forma de material particulado tende a agravar os efeitos de certos gases.

Na **Tabela 2.5** são apresentadas as diferenças entre as partículas na faixa  $\text{PM}_{2,5-10}$  e  $\text{PM}_{2,5}$ , CELLI (1999).

“Estudos realizados pela Universidade de São Paulo mostraram que, quando o teor de particulados no ar passa de 70  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (valor médio), para 170  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  as internações nos hospitais por problemas respiratórios aumentam em 20 a 25 % e as mortes por insuficiência respiratória aumentam em 10 a 11 %” (LORA, 2002).

**Tabela 2.5.** Principais diferenças da fração PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub>.

Características	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>2,5-10</sub>
Diâmetro aerodinâmico	< 2,5 µm	2,5 a 10 µm
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 “spray” marinho
Composição	Sulfatos, nitratos, amônia, carbono, compostos orgânicos (ex. aromáticos) e metais (Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn etc.)	Poeira de ressuspensão do solo, cinzas de combustão. Óxidos de elementos da crosta terrestre (Si, Al, Ti, Fe) CaCO <sub>3</sub> , 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 <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> e componentes orgânicos. Processos de alta temperatura, fundições e oinhos 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. “spray” marinho”
½ 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.

Verificando os problemas de saúde da população, quanto à poluição do ar em ambientes fechados (*indoor*), alguns órgãos ambientais estipularam e criaram regulamentações específicas para esse tipo de contaminação interior, descritas no **item 2.5**.

## 2.5. Legislações e Recomendações

Neste item serão apresentadas legislações e recomendações existentes e em vigor no Brasil, e alguns padrões referenciais de qualidade do ar interior para material particulado encontrados na literatura internacional.



### 2.5.1. Legislações e Recomendações brasileiras

No Brasil existem algumas legislações e recomendações associadas a ambientes internos produzidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), pelo Ministério da Saúde e pela Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento (ABRAVA).

**Agência Nacional de Vigilância Sanitária** – a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003) elaborou a Resolução – Re nº 9, de 16 de janeiro de 2003, regulamentando padrões referenciais de qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

Segundo a ANVISA, aerodispersóides são definidos como um sistema que está disperso em um meio gasoso, composto de partículas sólidas e/ou líquidas. O mesmo que aerossol. Recomenda seguir o padrão para uma concentração  $\leq 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de aerodispersóides totais no ar, como indicador de grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado público e coletivo. Para contaminação microbiológica o valor máximo recomendável deve ser  $\leq 750 \text{ufc}/\text{m}^3$  de fungos.

Na **Tabela 2.6** são apresentadas algumas das possíveis fontes de poluentes biológicos e químicos encontrados em ambientes internos de uma biblioteca e as principais medidas de correção indicadas pela ANVISA, Re nº 9, de 16 de janeiro de 2003.

A Re nº 9, de 16 de janeiro de 2003, também recomenda que a temperatura, a umidade, a velocidade e a taxa de renovação do ar e de grau de pureza do ar, deverão estar de acordo com a NBR 6401 – Instalações Centrais de Ar Condicionado para conforto – Parâmetros da ABNT.

**Tabela 2.6.** Possíveis fontes de poluentes químicos e biológicos encontrados em interiores.

<b>Agentes químicos e biológicos</b>	<b>Principais fontes em ambientes interiores</b>	<b>Principais medidas de correção em ambientes interiores</b>
O <sub>3</sub>	Máquinas copiadoras e impressoras a laser	Adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores, com exaustão do ambiente ou enclausuramento em locais exclusivos para os equipamentos que apresentem grande capacidade de produção de O <sub>3</sub> .
Formaldeído	Materiais de acabamentos, mobiliário, cola, produtos de limpeza domissanitários.	Selecionar os materiais de construção, acabamento e mobiliário que possuam ou emitam menos formaldeído; usar produtos domissanitários que não contenham formaldeído.
COV	Cera, mobiliário, produtos usados em limpeza e domissanitários, solventes, materiais de revestimento, tintas, colas, etc.	Selecionar os materiais de construção, acabamento, mobiliário; usar produtos de limpeza e domissanitários que não contenham COV ou que não apresentem alta taxa de volatilização e toxicidade.
Material particulado	Poeira e fibras	Manter filtragem de acordo com NBR-6402 ABNT; evitar isolamento termo acústico que possa emitir fibras minerais, orgânicas ou sintéticas para o ambiente climatizado; reduzir as fontes sinternas e externas; higienizar as superfícies fixas e mobiliários sem o uso de vassouras, escovas ou espanadores; selecionar os materiais de construção e acabamento com menor porosidade; adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores (vide biológicos); restringir o tabagismo em áreas fechadas.
COS-V	Queima de combustíveis e utilização de pesticidas.	Eliminar a contaminação por fontes pesticidas, inseticidas e a queima de combustíveis; manter a captação de ar exterior afastada de poluentes.
CO	Combustão (cigarros, queimadores de fogões e veículos automotores).	Manter a captação de ar exterior com baixa concentração de poluentes; restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; eliminar a infiltração de CO proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
NO <sub>2</sub>	Combustão.	Restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; impedir a infiltração de NO <sub>2</sub> proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
CO <sub>2</sub>	Produtos de metabolismo humano e combustão.	Aumentar a renovação de ar externo; restringir as fontes de combustão e o tabagismo em áreas fechadas; eliminar a infiltração de fontes externas.
Bactérias	Reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, serpentinas de condicionadores de ar, umidificadores, desumidificadores e superfícies úmidas e quentes.	Realizar a limpeza e a conservação das torres de resfriamento; higienizar os reservatórios e bandejas de condensado ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes; eliminar as infiltrações; higienizar as superfícies.

**Tabela 2.6.** Possíveis fontes de poluentes químicos e biológicos encontrados em interiores (cont.)

<b>Agentes químicos e biológicos</b>	<b>Principais fontes em ambientes interiores</b>	<b>Principais medidas de correção em ambientes interiores</b>
Fungos	Ambientes úmidos e demais fontes de multiplicação fúngica, como materiais porosos orgânicos úmidos, forros, paredes e isolamentos úmidos; ar externo, interior de condicionadores e dutos sem manutenção, vasos de terras com plantas.	Corrigir a umidade ambiental; manter sob controle rígidos vazamentos, infiltrações e condensação de água; higienizar os ambientes e componentes do sistema de climatização ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes; eliminar materiais porosos contaminados; eliminar ou restringir vasos de plantas com cultivo em terra, ou substituir pelo cultivo em água (hidroponia); utilizar filtros G-1 na renovação do ar externo.
Protozoários	Reservatórios de água contaminada, bandejas e umidificadores de condicionadores sem manutenção.	Higienizar o reservatório ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes.
Vírus	Hospedeiro humano.	Adequar o número de ocupantes por m <sup>2</sup> de área com aumento da renovação de ar; evitar a presença de pessoas infectadas nos ambientes climatizados.
Algas	Torres de resfriamento e bandejas de condensado.	Higienizar os reservatórios e bandejas de condensado ou manter tratamento contínuo para eliminar as fontes
Pólen	Ar externo.	Manter filtragem de acordo com NBR-6401 da ABNT.
Artrópodes	Poeira caseira.	Higienizar superfícies fixas e mobiliários, especialmente, os revestidos com tecidos e tapetes; restringir ou eliminar o uso desses revestimentos.
Animais	Roedores, morcegos e aves.	Restringir o acesso, controlar os roedores, os morcegos, ninhos de aves e respectivos excrementos.

Fonte: ANVISA, Re nº 9, de 16 de janeiro de 2003.

A faixa recomendável de operação das temperaturas de bulbo seco, nas condições internas para verão, deverá variar de 23 °C a 26 °C, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 21 °C e 23 °C. A faixa máxima de operação deverá variar de 26,5 °C a 27 °C, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 28 °C. A seleção da faixa depende da finalidade e do local de instalação. Para condições internas no inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 20 °C a 22 °C. A faixa recomendável de operação da umidade relativa, nas condições internas para verão, deverá variar de 40 % e 55 % durante o ano. O valor máximo de operação deverá ser de 65 %, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 70 %. A seleção da faixa depende da finalidade e do

local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 35 % a 65 %. O valor máximo recomendável de operação da velocidade do ar, no nível de 1,5 m do piso, na região de influência da distribuição do ar é de 0,25 m/s. A taxa de renovação do ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m<sup>3</sup>/hora/pessoa, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas. Nestes casos a taxa de renovação do ar mínima será de 17 m<sup>3</sup>/hora/pessoa, não sendo admitido em qualquer situação que os ambientes possuam uma concentração de CO<sub>2</sub> maior ou igual a 1000 ppm. O grau de pureza do ar nos ambientes climatizados será obtido utilizando-se, no mínimo, filtros de classe G-3 nos condicionadores de sistemas.

Na legislação da ANVISA Re nº 9, de 16 de janeiro de 2003, foi definida a Norma Técnica 004 – Qualidade do ar ambiental interior. Método de amostragem e análise de concentração de aerodispersóides em ambientes internos, (**Anexo I**).

A norma ainda cita:

- As unidades funcionais dos estabelecimentos com características epidemiológicas diferenciadas, tais como serviço médico, restaurantes, creches e outros, deverão ser amostradas isoladamente;
- Os pontos amostrados deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada.

**Ministério da Saúde** – o Ministério da Saúde, portaria nº 3.523/GM, de 28 de agosto de 1998, cita que em todos os sistemas de climatização devam estar adequados as normas de limpeza, de manutenção, de operação e de controle, observados as determinações abaixo relacionadas, visando à prevenção de riscos à saúde dos ocupantes:

- Manter limpos os componentes do sistema de climatização, tais como: bandejas, serpentinas, umidificadores, ventiladores e dutos, de forma a evitar a difusão ou multiplicação de agentes nocivos à saúde humana e manter a boa qualidade do ar interno;
- Utilizar, na limpeza dos componentes do sistema de climatização, produtos biodegradáveis devidamente registrados no ministério da saúde para esse fim;
- Verificar periodicamente as condições físicas dos filtros e mantê-los em condições de operação. Promover a sua substituição quando necessária;
- Restringir a utilização do compartimento onde está instalada a caixa de mistura do ar de retorno e ar de renovação, ao uso exclusivo do sistema de climatização. É proibido conter no mesmo compartimento materiais, produtos ou utensílios;
- Preservar a captação de ar externo livre de possíveis fontes poluentes externas que apresentem riscos à saúde humana e dotá-la no mínimo de filtro classe G1;
- Garantir a adequada renovação do ar de interior dos ambientes climatizados, ou seja, no mínimo 27 m<sup>3</sup>/hora/pessoa;
- Descartar as sujidades sólidas, retiradas do sistema de climatização após a limpeza, acondicionadas em sacos de material resistente e porosidade adequada, para evitar o espalhamento de partículas inaláveis.

**Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento** – a Recomendação Normativa da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento (ABRAVA - RENABRAVA II 2000), visando à qualidade do ar interior em sistemas de condicionamento de ar e ventilação para conforto, definiu que os poluentes presentes em interiores

são trazidos pelo ar exterior de ventilação, e originados no recinto e/ou no próprio sistema de condicionamento de ar, citados a seguir.

**Poluentes provenientes do ar exterior** – são poeiras e fuligem em suspensão, fumaças, pólen de plantas, esporos de fungos e bactérias, vapores e gases, que são introduzidos no sistema com o ar de ventilação.

**Poluentes originados no recinto** – os poluentes originados no recinto são:

- Decorrentes da presença das pessoas: dióxido de carbono da respiração, bioefluentes, escamas da pele e fios de cabelo, odores e perfumes, poeira e poluentes diversos trazidos com a roupa, microorganismos liberados por espirros e/ou a respiração;
- Poeira: fibras naturais ou sintéticas, mofo, fungos, pó de traças, fezes de ácaros, depositados e acumulados em móveis, carpetes, cortinas, papéis velhos, e posteriormente dispersos no ambiente;
- Compostos orgânicos voláteis: como formaldeído, benzeno, tricloroetileno, tetracloreto de carbono, desprendidos de resinas, pinturas, vernizes, produtos de limpeza, desinfetantes, toners de copiadoras, que são irritantes e alergênicos;
- Ozônio: produzido por copiadoras e impressoras a laser, são irritantes e tóxicos em altas concentrações.

**Poluentes originados no sistema de condicionamento de ar** – Fibras de lã de vidro, desprendidas de isolamento acústico, e poluente proveniente do ar exterior ou trazido do recinto pelo ar recirculado e não retidos nos filtros, podem se acumular:

- Nas bandejas de água de condensação, onde formam limo e lodo com a água mal drenada, e se constituem num caldo de cultura ideal para a proliferação de fungos e bactérias;

- Nas paredes do condicionador e nos ductos, onde o amálgama de poeira, fuligem e matéria orgânica se constituem também, no ambiente escuro e úmido, num meio propício à proliferação de fungos e bactérias.

Estes poluentes formam aerossóis, que podem ser arrastados pelo ventilador e espalhados no recinto.

Depois de verificar as recomendações para material particulado existentes no Brasil, e constatar que não há padrões referenciais para particulados nas faixas  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$ , buscou-se pesquisar na literatura internacional. Foram encontrados alguns órgãos que trabalham com qualidade do ar em ambiente interno e recomendam limites de liberação desses particulados, sendo apresentados no próximo item.

### 2.5.2. Legislações internacionais

Na literatura internacional encontraram-se legislações relacionadas à ambientes internos, as quais foram apresentadas pela: World Health Organization (WHO), American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Environmental Protection Agency (EPA), órgãos de Hong Kong, Noruega e Canadá, como mostra a **Tabela 2.7**.

**Tabela 2.7.** Recomendações internacionais com padrões referenciais de qualidade do ar interior, para particulados  $PM_{2,5}$  e  $PM_{10}$ .

Recomendações	Padrões recomendados da concentração média $PM_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrões recomendados da concentração média $PM_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
ASHRAE	-	150, em 24 h.
EPA	65, em 24 h	150, em 24 h.
WHO	70, em 24 h.	120, em 24 h.
<i>HKIAQ – Hong Kong</i>	-	180, em 8 h.
<i>Noruega</i>	40, em 8 h.	90, em 8 h.
<i>Canadá</i>	100, em 1 h.	-

- não existe padrão de referência para esta faixa de partículas.

Estes padrões referenciais de qualidade do ar interior para particulados nas faixas PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>, foram estabelecidas visando a saúde pública e baseadas em tempos experimentais de 8 ou 24 horas.

## **2.6. Bibliotecas**

Em relatos históricos sobre bibliotecas (WIKIPEDIA, 2004) encontra-se que em 1849 foi descoberta em *Ninive*, por *Layard*, a biblioteca cuneiforme do rei assírio *Assurbanipal*, cujos livros eram placas de argila. No entanto, a primeira biblioteca particular realmente importante, antes da biblioteca de Alexandria, foi à biblioteca de Aristóteles elaborada, em parte, graças aos generosos subsídios do Imperador Alexandre. Já no Brasil, a primeira Biblioteca Pública (atual Biblioteca Nacional), foi fundada por Dom João VI.

Alexandre criou as bibliotecas com o intuito de melhor compreender os povos conquistados, era necessário reunir e traduzir os seus livros, em especial os livros religiosos uma vez que a religião era "a porta de suas almas".

Desde então as bibliotecas ficaram incumbidas de armazenar, preservar e conservar acervos e coleções literárias. Segundo Costa (2003), a preservação é um conjunto de medidas e estratégias administrativas, política e operacional que contribuem para a proteção do patrimônio. A conservação é o levantamento, estudo e controle das causas de degradação, permitindo a adoção de medidas de prevenção, é um procedimento prático aplicado à preservação. E a conservação também são intervenções diretas, feitas com a finalidade de resguardar o objeto, prevenindo possíveis malefícios.

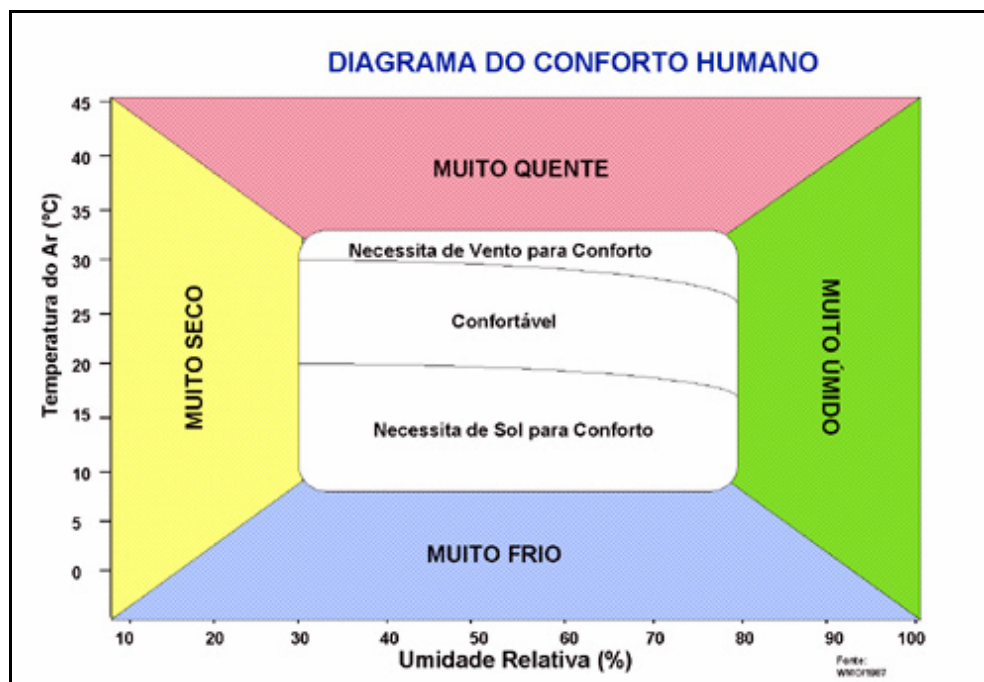


A degradação de papéis conta com a composição do papel (tipo de fibras, tipo de encolagem, resíduos químicos não eliminados, partículas metálicas, todos os componentes que fazem parte do papel) e com agentes físicos e biológicos, tais como: radiação ultravioleta, temperatura e umidade relativa, poluição, microorganismos, insetos, roedores, pessoas, etc.

A grande preocupação dos gerenciadores das bibliotecas é o controle da temperatura e da umidade, pois esses são os fatores primários que controlam as taxas de deterioração das coleções. Sabe-se que, para a preservação dos acervos de bibliotecas e boa conservação do papel, do ponto de vista químico e físico, a temperatura deve ser mantida entre 18 e 22 °C e a umidade relativa entre 45 e 55 %. O sistema de ar condicionado deverá estar ligado ininterruptamente para evitar oscilações bruscas sobre o acervo, a manutenção de condições estáveis é de grande importância. Os níveis de temperatura ou umidade não devem ser modificados à noite, nos fins de semana, ou em outras ocasiões em que bibliotecas ou arquivos estejam fechados. Caso a umidade relativa ultrapasse os padrões adequados, deverão ser usados aparelhos desumidificadores de ar (COSTA, 2003).

Na maior parte dos casos o gerenciamento de uma biblioteca visa somente à conservação das suas coleções (temperatura e umidade baixas), sendo que um ambiente propício à preservação de acervos bibliográficos pode não ser um ambiente adequado ao conforto humano e a qualidade do ar interior.

Na **Figura 2.2** está apresentado um diagrama do conforto humano, mostrando temperatura do ar e umidade relativa, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2007).



Fonte: INMET, 2007.

**Figura 2.2.** Diagrama do conforto humano.

Observando a **Figura 2.2**, nota-se que se fosse considerada a preservação do acervo com temperaturas entre 18 e 22 °C e umidade entre 45 e 55%, na temperatura de 18 °C esse indivíduo precisaria de sol para ter o conforto humano adequado.

Então, é preciso que especialistas em bibliotecas proponham recomendações normativas associando conservação do acervo e conforto humano. Padronizando medidas de temperatura e umidade relativa, considerando principalmente o bem estar e a saúde humana dos indivíduos que trabalham e freqüentam estes ambientes internos.

Em um estudo realizado em 1996 numa biblioteca do Rio de Janeiro, constatou-se que 50% das bibliotecárias apresentaram queixas dermatológicas e 38% problemas respiratórios (VIEGAS, 2004).

De acordo com VIEGAS (2004), a taxa de renovação de ar em bibliotecas deve ser de 15 a 25 o número de trocas totais/hora ou 10 pés cúbicos/min/pessoa, sendo esse um critério sugerido para projetos gerais de ventilação de ambientes.

Dentre os vários ambientes internos, que podem desenvolver a Síndrome de Edifícios Doentes, destacam-se as bibliotecas e no seu interior as prováveis fontes originárias de poluição e seus poluentes são:

- Materiais de limpeza – amônia, cloro, solvente;
- Limpeza – partículas;
- Mobiliário – formaldeído, solventes, COV<sub>S</sub>, mofo, ácaros;
- Ressuspensão – partículas;
- Impressoras – ozônio, COV<sub>S</sub>;
- Jornais, livros e revistas – tinta (solventes), partículas, fungos, ácaros, bactéria;
- Roupas – formaldeído, COV<sub>S</sub>, ácaros;
- Carpetes, tapetes e cortinas – partículas e fungos;
- Fotocopiadoras – formaldeído, ozônio, amônia, COV<sub>S</sub> e partículas adsorvidas pelos COV<sub>S</sub>;
- Umidade – microorganismos;
- Escamações da pele – ácaros e partículas;
- Metabolismo humano – CO<sub>2</sub>;
- Sistema de ar condicionado – partículas, ácaros, mofo;
- Vasos de plantas – fungos e bactérias;
- Poluentes de origem externa – os subprodutos de veículos, indústrias, construções civis, postos de gasolina, oficina mecânica, vegetação, animais.

Um dos exemplos de poluição gerada dentro das bibliotecas é a utilização de máquinas fotocopadoras. Ficar perto de uma máquina fotocopadora ou de uma impressora a laser pode expor a pessoa a um nível de ozônio milhares de vezes maiores que o gerado pela poluição de automóveis na rua (TOFT, 2001).

Essas geralmente são encontradas dentro das bibliotecas sem nenhum tipo de cuidado na instalação e até mesmo no manuseio, muitas vezes o local não possui uma ventilação adequada para essas máquinas. As fotocopadoras em funcionamento liberam no ambiente interno o ozônio (smog fotoquímico), os COV<sub>S</sub> e as partículas de carbono adsorvidas pelos COV<sub>S</sub>. Siderosilicoses e pneumonites granulomatosas têm sido cada vez mais identificadas em pessoas expostas à sílica, ferro e cobre presente na poeira do toner das fotocopadoras.

Em 1986 BERGLUND e LINDWALL iniciaram estudos sobre a qualidade do ar em bibliotecas, em 1989 pesquisaram os sintomas de doenças causadas pela má qualidade do ar em bibliotecas relacionando o sistema de ventilação. BERGLUND et al (1993) também analisaram as concentrações de compostos orgânicos voláteis (VOC) em ambientes internos de bibliotecas.

LUDIN (1993), CRANDAL et al. (1993), TARCITANI et al. (1994), BELLANTE DE MARTIIS et al. (1994, 1996) e MICALI et al (1996) estudaram a qualidade do ar no interior das bibliotecas e associaram altas concentrações de poluentes ao número de sintomas ligados a síndrome dos edifícios doentes (SED), presentes em usuários destes locais.

LEE et al. (1999) realizaram uma avaliação de material particulado PM<sub>10</sub> em ambientes públicos. Nesta avaliação foram incluídas duas bibliotecas (B1 e B2), na Universidade Politécnica de *Hong Kong*, China. Neste estudo os autores concluíram que a poluição interna por PM<sub>10</sub> está associada aos poluentes gerados por fotocopiadoras e pelos poluentes de origem externos gerados por estacionamentos de carros e tráfego pesado.

RIGHI et al. (2002), monitorando quatro Bibliotecas Universitárias de Modena e Reggio Emilia, na Itália, determinaram a presença de agentes poluentes como Partículas Totais em Suspensão (PTS), formaldeído e compostos orgânicos voláteis (benzeno, tolueno, e xileno). Os níveis de PTS variaram de 40 a 350 µg/m<sup>3</sup>, sendo que a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) recomenda não exceder 260 µg/m<sup>3</sup> em 24 h.

Os principais problemas encontrados nas bibliotecas foram: má ventilação, odor, pó excessivo, umidade relativa e temperaturas ruins e barulho.

Juntamente com o monitoramento, foram realizadas pesquisas, nas 4 bibliotecas de *Modena e Reggio Emilia*, onde foram distribuídos 130 questionários que relacionavam as pessoas que freqüentavam a biblioteca e alguns sintomas potenciais de ambientes internos com Síndrome do Edifício Doente (SED), como mostra a **Tabela 2.8**.

Na **Tabela 2.8** nota-se que os sintomas de calor, dificuldade respiratória, dor nos olhos e garganta seca são os sintomas mais freqüentes relacionados ao ambiente interno das bibliotecas.

**Tabela 2.8.** Sintomas relatados nos 130 questionários realizados nas 4 bibliotecas da Itália

Sintomas	Frequência total (%)	Frequência no ambiente interno da biblioteca (%)	Frequência no ambiente externo da biblioteca (%)
Dificuldade de atenção	51,5	14,6	36,9
Cansaço	29,2	6,9	22,3
Dor de cabeça	30,8	9,2	21,5
Náusea	8,5	2,3	6,2
Olhos lacrimejantes	10,0	4,6	5,4
Dor nos olhos	26,2	16,9	9,2
Nariz coçando	13,1	6,2	6,9
Nariz com coriza	16,2	6,2	10,0
Garganta seca	20,9	15,4	5,4
Tosse	11,5	3,8	7,7
Dificuldade respiratória	12,3	10,0	2,3
Pele irritada	9,2	4,6	4,6
Calor	25,4	22,3	3,1
Rosto coçando	6,6	2,3	3,8
Pele das mãos seca	23,8	6,2	17,7
Asma	3,0	1,5	1,5

Fonte: RIGHI, 2002.

Analisando a presença de fungos em Bibliotecas, BORTOLETTO (2002) verificou a contaminação fúngica do acervo da Biblioteca de Manguinhos da Fundação Oswaldo Cruz, vinculado ao Centro de Informação Científica e Tecnológica (CICT). O principal objetivo era fazer um registro de um ataque de fungos ocorrido em dezembro de 1996 no acervo da Biblioteca de Manguinhos, relacionando os problemas e relatando as ações desenvolvidas para sua solução. A primeira medida adotada para solução do problema foi à interdição do prédio e contratação de uma empresa especializada em diagnóstico de contaminação de ar de interiores. Os laboratórios do Hospital Evandro Chagas realizaram exames nos trabalhadores expostos e o Departamento de Micologia determinou a patogenicidade dos fungos presentes no ambiente.

Na descontaminação do acervo foi utilizado um aspirador especial com filtro de água, o resíduo do filtro foi enviado para esterilização em autoclave e para a higienização utilizou-se limpeza com escova e pincel sendo o pó succionado para um sistema de

filtração de ar, com três lâmpadas ultravioletas para eliminação das impurezas. Constatou-se a presença de *Aspergillus* e *Penicillium*, além de outros fungos de baixa patogenicidade, que podem causar processos alérgicos respiratórios e/ou dermatológicos. A CONTROLBIO concluiu que a principal causa do desequilíbrio da qualidade do ar e a contaminação fúngica eram pela falta de equalização do sistema de ar condicionado, que prejudicou a manutenção da temperatura e umidade relativa dentro dos padrões.

Depois de descoberta as causas da contaminação foram realizadas ações referentes à conservação do acervo e ações relativas à saúde do trabalhador, sendo necessário um treinamento do pessoal para a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), limpeza e higienização mecânica do material bibliográfico e manuseio das obras. A Coordenação da Saúde do Trabalhador (CST) da Faculdade desenvolveu um estudo epidemiológico contando com 122 trabalhadores, o inquérito identificou através de 92 questionários respondidos, que 50% dos trabalhadores apresentavam queixas dermatológicas, 38% queixas respiratórias e 23% outras queixas na ocasião do acidente.

Na **Tabela 2.9** estão apresentados os resultados de uma análise dermatológica, respiratória e clínica realizada nos trabalhadores expostos a contaminação fúngica ocorrida na Biblioteca da Faculdade Oswaldo Cruz.

**Tabela 2.9.** Resultados das análises realizadas em trabalhadores expostos a contaminação fúngica.

Análises	Análise dermatológica	Análise respiratória	Análise clínica
Número de trabalhadores examinados	25	70	97
Trabalhadores contaminados pelo acidente fúngico	1	7	6
Trabalhadores possivelmente contaminados pelo acidente fúngico	4	2	36
Trabalhadores saudáveis	20	61	55

Fonte: BORTOLETTO, 2002.

ITO, et al (2003) pesquisaram sobre máquinas fotocopadoras no ambiente interno da biblioteca da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP). Neste estudo empregou-se uma técnica experimental que utiliza uma planta *Tradescantia* denominado *KU20* (Trad-SHM). O tempo de exposição da planta foi de duas horas na sala de cópias da biblioteca, e foram amostrados quatro pontos distintos no ambiente interno. Os resultados obtidos a partir da exposição da *Tradescantia*, em quatro pontos estudados experimentalmente na sala de fotocópias, revelaram que as mesmas apresentam um elevado nível tóxico em relação ao controle, indicado pela frequência de mutações/1000. O ponto que estava mais próximo da fotocopadora (2,3 metros) obteve uma média de frequência de mutações/1000 igual a 50,44 e o controle teve média igual a 21,72, pode-se dizer que os compostos gerados pela máquina induziram um aumento de mutações nas células da planta, esse valor foi quase o dobro em relação ao controle. Concluiu-se que a fotocopadora libera uma contaminação e que quanto maior é a proximidade do indivíduo com as máquinas de xerox maior é o índice de contaminação pelos poluentes liberados por essas, como mostra o **Anexo II**.

LIU, et al (2003) estudaram 49 lugares públicos, incluindo 5 bibliotecas, em *Beijing* – China. O objetivo deste trabalho era analisar a concentração de material particulado nos lugares públicos, avaliar a origem da poluição interna e investigar a contribuição de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_1$  no particulado total em suspensão (PTS). Nas 5 bibliotecas estudadas foram obtidas médias de  $72,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para TSP,  $33,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $PM_{10}$ ,  $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $PM_{2,5}$  e  $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $PM_1$ , estando estes valores dentro do padrão recomendado pela USEPA de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $PM_{10}$  e  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $PM_{2,5}$ . Os níveis baixos de particulados no ambiente



interno das bibliotecas foram associados a freqüente utilização de aspirador de pó na superfície dos móveis e no chão.

DIAPOULI, et al (2006) realizou um trabalho em 7 escolas, incluindo uma biblioteca, e 2 residências em *Atenas*, Grécia. Esse estudo contou com o monitoramento de ambientes internos e externos, quantificando a concentração de particulados  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e partículas ultrafinas. No interior da biblioteca, foi encontrada uma concentração de  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o  $PM_{2,5}$  e aproximadamente  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o  $PM_{10}$ . Para essas duas faixas de partículas o ambiente externo apresentou maior número de particulados dados pela relação I/O 0,54 para  $PM_{10}$  e 0,67 para  $PM_{2,5}$ . De todos os ambientes internos da escola, investigados nesse estudo, foi no ambiente interno da biblioteca que foram encontrados os valores mais altos de concentrações de partículas ultrafinas ( $52.090 \text{ partículas}/\text{cm}^3$ ). Para esses valores elevados, foram atribuídos ao carpete e à grande densidade de pessoas/ $\text{m}^3$  no local.

## **2.7. Outros Estudos de Casos**

Pesquisando sobre qualidade do ar em ambientes internos foi possível encontrar na literatura nacional e internacional alguns estudos de casos, e abaixo serão descritos alguns desses casos.

BAEK (1997) monitorou três lugares internos (casa, restaurante e escritório) bastante utilizados nas cidades de *Seoul* e *Taegu*, Coréia do sul, para investigar a origem dos poluentes, e comparar a poluição originada nos ambientes interno e externo (I/O).

Os compostos analisados foram: Particulado Total em Suspensão (PTS), CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e Compostos Orgânicos Voláteis (COV<sub>s</sub>); as coletas foram realizadas em agosto, setembro e dezembro de 1994 e janeiro de 1995.

Concluiu-se que, nos três lugares analisados (casas, escritórios e restaurantes), a poluição interna era maior que a poluição externa, dada pela relação I/O. As concentrações médias de PTS foram: nas casas (91 µg/m<sup>3</sup>), nos escritórios (92 µg/m<sup>3</sup>) e nos restaurantes (159 µg/m<sup>3</sup>).

As Tabelas 2.10, 2.11 e 2.12 apresentam os valores das concentrações dos poluentes PTS, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, benzeno, tolueno e nicotina encontrados em ambientes internos (I) e externos (O) e a comparação de I/O.

**Tabela 2.10.** Valores da concentração média do ar interno de casas de Seoul e Taegu na Coreia do Sul e respectiva relação I/O.

Poluente	Concentração interna (I) (µg/m <sup>3</sup> )	Concentração externa (O) (µg/m <sup>3</sup> )	I/O
PTS	91,0	68,0	1,3
CO	1,8 ppm	1,6 ppm	1,1
CO <sub>2</sub>	685,0 ppm	494,0 ppm	1,4
NO <sub>2</sub>	24,0 ppb	29,0 ppb	0,8
Benzeno	7,9	6,9	1,1
Tolueno	31,0	27,4	1,1
Nicotina	0,6	0,3	2,0

Fonte: BAEK, 1997.

**Tabela 2.11.** Valores da concentração média do ar interno de escritórios Seoul e Taegu na Coreia do Sul e respectiva relação I/O.

Poluente	Concentração interna (I) (µg/m <sup>3</sup> )	Concentração externa (O) (µg/m <sup>3</sup> )	I/O
PTS	92,0	70,0	1,3
CO	1,9 ppm	1,9 ppm	1,0
CO <sub>2</sub>	770,0 ppm	439,0 ppm	1,8
NO <sub>2</sub>	19,0 ppb	29,0 ppb	0,7
Benzeno	6,2	3,8	1,6
Tolueno	34,4	14,6	2,4
Nicotina	1,1	0,3	3,7

Fonte: BAEK, 1997.

**Tabela 2.12.** Valores da concentração média do ar interno de restaurantes de Seoul e Taegu na Coréia do Sul e respectiva relação I/O.

Poluente	Concentração interna (I) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentração externa (O) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	I/O
PTS	159,0	67,0	2,4
CO	4,4 ppm	2,2 ppm	2,0
CO <sub>2</sub>	1034,0 ppm	506,0 ppm	2,0
NO <sub>2</sub>	56,0 ppb	40,0 ppb	1,4
Benzeno	6,9	7,6	0,9
Tolueno	42,8	30,0	1,4
Nicotina	3,0	0,3	10,0

Fonte: BAEK, 1997.

Observa-se nas Tabelas que a relação I/O é na maioria dos casos maior que 1, isso quer dizer que devido a equipamentos de escritório, móveis, aquecimento por querosene a poluição interna é maior que a externa.

Os valores de COV<sub>S</sub> são mais altos nos escritórios e nos restaurantes pela combustão para cozimento de alimentos. A alta concentração de PTS pode ser causada principalmente pela fumaça de cigarro, por isso os maiores valores de I/O encontrados foram de CO<sub>2</sub>, PTS e nicotina.

LEE et al. (1998) realizou um estudo da qualidade do ar de ambientes internos de *Hong Kong*. O estudo constou de uma avaliação em ambientes públicos, sendo: 3 restaurantes (R1, R2 e R3), 2 bibliotecas (B1 e B2), 3 lugares de recreação (RP1, RP2 e RP3), 3 *shopping centers* (S1, S2 e S3), 2 centros de esportes (C1 e C2) e 1 estacionamento de carros (E1). O objetivo desse estudo era analisar a relação dos poluentes internos e externos (I/O) de 14 lugares públicos e os poluentes analisados nos ambientes internos foram: SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Hidrocarbonetos Totais (THC) e Material Particulado Respirável (PM<sub>10</sub>). As coletas foram realizadas no mês de outubro de 1996 a março de 1997.

Na **Tabela 2.13** são descritos os 14 locais públicos que foram estudados neste trabalho.

**Tabela 2.13.** Descrição geral dos 14 locais públicos.

Ambientes	Código	tipo	Origem dos poluentes internos	Origem dos poluentes externos
Restaurante	R1	Comercial urbano	Queima de gás	Atividades construção
Restaurante	R2	Residencial rural	Queima de gás	Tráfego pesado
Restaurante	R3	Comercial rural	Queima de gás	Atividades construção
Biblioteca	B1	Comercial urbano	Fotocopiadoras	Estacionamento de carros e tráfego pesado
Biblioteca	B2	Rural	Fotocopiadoras	-
Lugar recreação	RP1	Comercial urbano	Fumaça cigarro	Tráfego pesado
Lugar recreação	RP2	Residencial urbano	Fumaça cigarro	Tráfego pesado
Lugar recreação	RP3	Comercial urbano	Fumaça cigarro	Tráfego pesado
Shopping	S1	Residencial urbano	Fumaça cigarro	Atividades de construção e tráfego pesado
Shopping	S2	Comercial urbano	Fumaça cigarro	Atividades de construção e tráfego pesado
Shopping	S3	Industrial urbano	Tinta	Atividades de construção e tráfego pesado
Centro esporte	C1	Comercial urbano	-	Construção e escapamento de veículos
Centro esporte	C2	Rural	-	-
Estacionamento carros	E1	Comercial urbano	Motor veículo	Escapamento de veículos

Fonte: LEE, 1998.

Na **Tabela 2.14** são apresentados os resultados comparativos da relação da poluição gerada em ambiente interno com a poluição do ambiente externo (I/O), nos 14 locais públicos estudados.

A **Tabela 2.14** mostra que os maiores valores da relação I/O são dados pelo CO, CO<sub>2</sub>, THC e pelo Material Particulado Respirável (PM<sub>10</sub>). Os níveis de THC foram afetados pela presença de poluentes originados de materiais de construção, carpetes, fumo, combustão e produtos de limpeza e para os níveis altos de CO e PM<sub>10</sub> estão relacionados principalmente a fumaça de cigarro.

**Tabela 2.14.** Valores de I/O para diferentes poluentes em 14 locais estudados.

Locais públicos	SO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	THC	PM <sub>10</sub>
R	0,95	0,86	2,36	0,99	0,70	0,78	1,17	1,06
B	0,93	0,93	1,75	1,38	0,72	0,86	1,00	0,34
RP	1,10	1,93	1,85	1,00	0,72	0,89	1,21	4,22
S	0,78	1,51	2,52	1,35	1,03	1,28	1,13	1,56
C	1,00	1,20	1,73	0,83	0,53	0,53	0,90	0,70
E	0,60	2,24	1,07	2,68	0,69	1,68	2,37	0,87
Média I/O	0,92	1,42	1,77	0,99	0,75	0,94	1,24	1,67

Fonte: LEE, 1998.

Um exemplo de material particulado inalável em alta quantidade foi encontrado no ambiente interno de recreação, RP2, onde foram quantificados níveis de PM<sub>10</sub> igual a 1760 µg/m<sup>3</sup>, estando esse valor acima do padrão recomendado pela ASHRAE que é de 260 µg/m<sup>3</sup> (em 24 horas de exposição) e pelos padrões de HKIAQ (Padrões Recomendados de qualidade do ar interno para *Hong Kong*) que determina o valor de 180 µg/m<sup>3</sup> para 8 horas de exposição. A poluição interna é afetada também por poluentes de origem externa e pelas más condições de ventilação, que são essenciais para a boa qualidade do ar interior.

BRICKUS (1998), em um dos primeiros trabalhos realizados no Brasil sobre qualidade do ar em ambiente interno, investigou a qualidade do ar interior de 4 andares distintos de escritórios do mesmo prédio (piso1, 9, 13 e 25), a influência da poluição externa em ambientes internos, avaliou a origem dos poluentes internos e relacionou os poluentes internos com os externos, I/O.

Na **Tabela 2.15** encontram-se as concentrações médias de acetaldeído, formaldeído e Particulado Total em Suspensão (PTS), nos ambientes internos dos quatro pisos de escritórios e a relação I/O.

**Tabela 2.15.** Concentrações de poluentes encontrados no ar de escritórios localizados no Rio de Janeiro e respectiva relação I/O.

Poluentes	Piso	Concentração interna (I) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentração externa (O) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	I/O
Acetaldeído	1	23,7	23,0	1,0
	9	4,1	18,6	0,2
	13	30,1	16,9	1,8
	25	18,6	10,0	1,8
Formaldeído	1	42,0	19,7	2,1
	9	93,8	19,8	4,7
	13	19,5	12,1	1,6
	25	22,6	7,9	2,8
PTS	1	91,4	141,4	0,7
	9	28,7	32,8	0,9
	13	53,5	58,8	0,9
	25	66,6	43,5	1,5

Fonte: BRICKUS, 1998.

Nota-se na **Tabela 2.15** que as maiores concentrações de poluentes estão presentes no ambiente interno dos escritórios, indicado pela relação I/O maior que 1. O poluente formaldeído chegou a apresentar I/O igual a 4,7, significando que o nível de formaldeído é quase 5 vezes maior no ar do ambiente interno se comparado ao ar externo aos escritórios.

Os resultados mostram que as concentrações de formaldeído variaram de 12,2 a 121,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  no ar interior e 7,1 a 21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  no ar externo; o acetaldeído apresentou níveis de 2,4 e 48,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  internamente e 8,8 a 27,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  no externo. A justificativa para a concentração do formaldeído e do acetaldeído ser maior em ambientes internos pode estar relacionada pelo uso de produtos de limpeza e móveis. A máxima concentração de PTS foi de 141  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  no exterior e o maior valor encontrado da média de PTS no ar dos escritórios foi de 91,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sendo que esses valores estão acima dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira. A Resolução Re nº 9 da ANVISA estabelece um valor menor ou igual a 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para aerodispersóides totais no ar, como indicador de pureza do ar e a

Resolução RN 02 da ABRAVA recomenda que as concentrações das partículas totais em suspensão deva ser menor que  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

CARVALHO (1999) analisou compostos carbonílicos voláteis encontrados no ar ambiente interno de 14 locais de trabalho não industriais da cidade de São Paulo e a relação dos compostos no interior e no exterior do ambiente (I/O).

A **Tabela 2.16** apresenta os valores dos compostos carbonílicos voláteis e a razão entre poluição interna e a poluição externa (I/O).

**Tabela 2.16.** Concentrações de compostos carbonílicos voláteis (ppb) e relação I/O.

Composto	Concentração média interna (I)	Concentração máxima interna (I)	Concentração média externa (O)	Concentração máxima externa (O)	I/O (média)
Formaldeído	29,0	188,0	9,0	23,0	3,0
Acetaldeído	17,0	68,0	10,0	31,0	1,7
Acetona	25,0	85,0	a	48	1,3
Propanal	1,5	5,2	1,6	4,9	1,3
Crotonaldeído	0,7	2,0	0,5	1,7	1,4
C4-isômeros	1,4	3,2	1,5	4,4	1,5
Glutaraldeído	79,0	121,0	-	-	-
Carbonílicos totais	48,0	-	32,0	-	2,2

a – abaixo do limite de detecção (25 ppb)

Fonte: CARVALHO, 1999.

Nota-se nesta tabela que para todos os compostos a concentração interna é maior que a externa, ou seja,  $I/O > 1$ .

A ASHRAE recomenda para ambientes internos o limite de tolerância de 100 ppb para o formaldeído, 900 ppb para o acetaldeído e 3000 ppb para a acetona.

CAVALCANTE (2002) que determinou níveis de formaldeído e acetaldeído no ar de ambientes internos de laboratórios, escritórios, biblioteca, gráfica, salas de aulas e na entrada do *campus* (ambiente externo) da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), na cidade de Rio Grande, Brasil.

Os níveis de formaldeído (HCHO) variaram de 22,5 a 161,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e o acetaldeído ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) variou de 18,3 a 160,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . A concentração de formaldeído ultrapassou o valor padrão especificado pela Resolução RN 02 da ABRAVA que é de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A **Tabela 2.17** mostra os valores de formaldeído e acetaldeído e a relação de poluentes internos com os poluentes externos (I/O).

**Tabela 2.17.** Níveis de formaldeído e acetaldeído obtidos em estudo no campus da FURG.

Local	HCHO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\text{CH}_3\text{CHO}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tipo de ventilação	Razão HCHO/ $\text{CH}_3\text{CHO}$	I/O HCHO	I/O $\text{CH}_3\text{CHO}$
Lab. Fisiologia	161,5	160,2	Ar condicionado	1,0	8,9	10,40
Lab. Química	96,5	79,4	Natural	1,2	5,3	4,1
Lab. Prática	56,5	38,1	Natural	1,5	3,1	2,5
Biblioteca	36,5	33,0	Natural	1,1	2,0	2,1
Escritório A	41,0	26,2	Ar condicionado	1,6	2,2	1,7
Escritório B	32,3	18,3	Natural	1,8	1,8	1,2
Gráfica	42,2	35,6	Natural	1,2	2,3	2,3
Sala de aula	22,5	19,0	Natural	1,2	1,2	1,2
Valores externos	18,2	15,4	-	1,2	-	-

Fonte: CAVALCANTE, 2002.

Analisando a **Tabela 2.17**, em todos os locais analisados, os níveis de formaldeído e acetaldeído são maiores no ambiente interno. Isso pode estar relacionado ao aumento do uso de produtos para forração, acabamento, mobiliário, construção civil e produtos de limpeza, os quais podem emitir estes compostos.



CARVALHO (2002) avaliou a Qualidade do Ar no convento de Nossa Senhora da Penha em Vila Velha, Vila Velha integra a região metropolitana da grande Vitória, onde se encontra um parque industrial relevante situado a nordeste em relação ao Convento de Nossa Senhora da Penha. O período do monitoramento foi de março a abril de 2001.

O complexo arquitetônico do convento é composto por um conjunto de edificações construídas em épocas diferentes, está integrado a um patrimônio natural e paisagístico, coberto por vasta vegetação, localizado a uma altura de 154 metros. A construção é de meados do século XVI e o tombamento foi realizado em 1943, pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Para a maioria dos poluentes as concentrações médias na estação de monitoramento do Suá apresentaram mais altas que no Convento de Nossa Senhora da Penha, isso aconteceu porque o local do convento é elevado, protegido por intensa arborização, associado com uma circulação de ar intensa favorecendo a dispersão de poluentes e reduzindo a concentração dos mesmos neste local.

A **Tabela 2.18** mostra as concentrações de Particulados Totais em Suspensão e gases (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, Nox, O<sub>3</sub>, NCH<sub>4</sub>HC, THC, CH e CO) medidos dentro do convento (I) e na estação de monitoramento do Suá (O), e uma relação comparativa I/O.

**Tabela 2.18.** Valores da concentração média e máxima no convento e na estação de monitoramento, e a relação I/O.

Componentes	Concentração média (I)	Concentração média (O)	Concentração máxima (I)	Concentração máxima (O)	I/O média
SO <sub>2</sub>	7,70 µg/m <sup>3</sup>	24,80 µg/m <sup>3</sup>	51,00 µg/m <sup>3</sup>	205,80 µg/m <sup>3</sup>	0,31
NO <sub>2</sub>	5,50 µg/m <sup>3</sup>	16,80 µg/m <sup>3</sup>	21,00 µg/m <sup>3</sup>	48,20 µg/m <sup>3</sup>	0,33
NO	6,10 µg/m <sup>3</sup>	22,10 µg/m <sup>3</sup>	95,00 µg/m <sup>3</sup>	144,10 µg/m <sup>3</sup>	0,27
Nox	11,00 µg/m <sup>3</sup>	39,00 µg/m <sup>3</sup>	94,00 µg/m <sup>3</sup>	188,00 µg/m <sup>3</sup>	0,28
O <sub>3</sub>	54,70 µg/m <sup>3</sup>	19,70 µg/m <sup>3</sup>	197,00 µg/m <sup>3</sup>	80,10 µg/m <sup>3</sup>	2,77
PTS	16,80 µg/m <sup>3</sup>	40,70 µg/m <sup>3</sup>	61,60 µg/m <sup>3</sup>	220,10 µg/m <sup>3</sup>	0,41
NCH <sub>4</sub> HC	0,03 ppmC	0,20 ppmC	1,33 ppmC	0,80 ppmC	0,15
THC	1,36 ppmC	1,90 ppmC	2,12 ppmC	2,60 ppmC	0,71
CH <sub>4</sub>	1,83 ppm	1,60 ppm	2,12 ppm	2,10 ppm	1,14
CO	1,36 ppm	0,53 ppm	2,85 ppm	3,11 ppm	2,57

Fonte: CARVALHO, 2002.

Verifica-se na **Tabela 2.18** que os valores de ozônio atingiram um valor máximo de  $197,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,16 ppm), sendo que a Resolução CONAMA nº 003 recomenda que a concentração média de 1 hora seja de  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e não deve ser excedida mais de uma vez por ano. O Particulado Total em Suspensão (PTS) atingiu um valor de  $61,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a resolução normativa RN 02 da ABRAVA recomenda um valor padrão limite de  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por isso, devem-se verificar com frequência os níveis de PTS e Ozônio, havendo a necessidade de monitoramento por períodos mais longos e o acompanhamento das condições de conservação do convento.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo serão apresentados os equipamentos de monitoramento de particulados e gases do ar interior (amônia, cloro, dióxido de carbono, ozônio, benzeno, monóxido de carbono e tolueno). Serão descritas as campanhas de amostragem nas bibliotecas públicas: Municipal Amadeu Amaral, Comunitária da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Conjunto das Químicas da Universidade de São Paulo (USP) e Infante Juvenil Monteiro Lobato.

#### **3.1. Locais de Estudo – Bibliotecas Públicas**

Foram escolhidas, para o desenvolvimento desse estudo, duas bibliotecas localizadas nas cidades de São Carlos e outras duas na cidade de São Paulo. As bibliotecas escolhidas são diferenciadas pela localização das cidades (interior e capital), características físicas internas, condições de uso, quantidade do acervo e sistemas de ventilação. Abaixo serão especificadas as bibliotecas estudadas.

##### **3.1.1. Biblioteca Municipal Amadeu Amaral**

A Biblioteca Municipal Amadeu Amaral está localizada à Rua Treze de maio, 2000, no centro da cidade de São Carlos, interior do estado de São Paulo, exibida na **Figura 3.1**.

O edifício onde atualmente funciona a Biblioteca Municipal foi construído destinado ao Paço Municipal de São Carlos. O prédio fica na Rua 13 de Maio esquina com a Avenida São Carlos, onde há trezentos metros está localizado um ponto de ônibus e pode-se dizer que nesta região se encontra o maior tráfego de veículos de toda a cidade. A frequência de utilização desta biblioteca é de aproximadamente 260 pessoas por dia.



**Figura 3.1.** Vista da Biblioteca Municipal Amadeu Amaral.

A biblioteca é composta de basicamente três pisos: infantil (3), consulta à internet (2) e de monografias (1). Cada um destes três pisos tem a sua frequência de visitas. O número de visitantes por pavimento é contabilizado mediante a assinatura do livro de presença localizado na entrada do piso de consulta a internet.

A descrição de cada pavimento será demonstrada abaixo:

**Piso 3 (Infantil)** – Este piso está localizado no subsolo da biblioteca, o pavimento tem um formato retangular e só um dos lados possui janelas de vidro armadas em metal. Todos os demais lados são fechados, com exceção do lado que contém a entrada para o recinto. As paredes são pintadas de látex branco e o teto é feito de concreto armado, sem qualquer pintura. Há 10 estantes, 4 de madeira e 4 de aço, de 1m de comprimento cada e repletas de livros, 8 pequenas mesas de fórmica, 2 mesas repletas de jornais e revistas, além de quatro sofás destinados aos usuários. Existem no ambiente interno alguns vasos de

plantas, que não geram flores. São utilizados 2 ventiladores para a ventilação do ambiente em dias quentes.

**Piso 2 (Consulta a internet)** – O piso 2 fica no andar térreo desta biblioteca e possui uma área retangular. Dois dos lados possuem portas de vidro e os outros são fechados. A sala é dividida em duas por divisórias de madeira, que separam uma sala de consulta a internet do ambiente onde trabalham a maioria dos funcionários da biblioteca. Estas divisórias não vão do chão até o teto, deixando, portanto, vários vãos por onde passa ar e, conseqüentemente, material particulado. Na sala de computadores existem 9 deles além de uma impressora a jato. O ar é renovado através de 2 ventiladores, um de cada lado da sala. No ambiente de trabalho dos funcionários há cerca de 6 mesas cada uma com seu respectivo computador e para a circulação do ar há um ventilador.

**Piso 1 (Monografias)** – Este piso está localizado no primeiro andar da biblioteca. As paredes e o teto de concreto são pintados de látex branco. Em um dos lados do pavimento há janelas de vidro, e ao longo destas estendem-se cortinas. Há no ambiente, 84 estantes de 1m de comprimento cada, todas feitas de aço e repletas de livros, 8 grandes mesas de fórmica, além de uma máquina de escrever eletrônica e um computador. A renovação do ar é feita, além das janelas, por 2 ventiladores.

As características comuns a todos os pavimentos são que em todos eles o piso é de revestimento em vinil. Na limpeza da biblioteca são utilizados os seguintes materiais de limpeza: água sanitária e desinfetante, a limpeza é realizada diariamente no período da manhã. Segundo funcionários os livros não são limpos periodicamente.

### 3.1.2. Biblioteca Comunitária da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

A biblioteca está localizada dentro do Campus Universitário da UFSCar na Rodovia Washington Luiz, Km 235, São Carlos, São Paulo. Foi construída em 17 de agosto de 1995 para atender à comunidade universitária e científica. Possui uma área total de 9.000 m<sup>2</sup>, dividido em 5 pisos e são recebidas em média 2000 pessoas por dia, vista na **Figura 3.2**.



**Figura 3.2.** Vista da Biblioteca da UFSCar.

A seguir, será feita uma breve descrição dos Pisos da Biblioteca Comunitária da UFSCar:

**Piso 1** – no piso 1 fica a entrada da biblioteca composta por portas de vidro, nesse ambiente está a administração e recepção da biblioteca, balcão para retirada dos livros e área de descanso com sofás para a leitura de jornal;

**Piso 2** – o piso 2 possui estantes repletas de livros com coleções de literatura e livros infantis, e uma área separada de repouso para crianças;

**Piso 3** – este piso 3 é composto por estantes com coleções de livros técnicos e teses, cabines com mesas para estudos, cabines com fotocopiadoras, aparentemente é neste piso que foi percebido a maior circulação de usuários;

**Piso 4** – o piso 4 possui estantes com revistas especializadas, revistas em geral e dicionários;

**Piso 5** – neste último piso da biblioteca estão as coleções de livros da área de humanas, apresentando aparentemente péssimo estado de conservação. Neste piso existe uma sala separada com divisórias e climatizada por sistema de ar condicionado, onde está o acervo do sociólogo Florestan Fernandes.

O piso de toda a biblioteca é de revestimento em vinil, suas mesas são de fórmica, as 904 estantes são de aço, há 600 postos de leitura, 13 cabines de estudos em grupo e 18 cabines de estudos individuais, onde circulam diariamente 2000 pessoas. Quanto à infraestrutura de informática, a biblioteca possui 128 microcomputadores, 14 impressoras matriciais, 15 de jato de tinta e 3 à laser, contando também com 2 máquinas fotocopiadoras de uso geral.

Para circulação do ar são usadas janelas e para refrigeração existem 6 salas que possuem um sistema de ar condicionado, sendo que 1 dessas salas climatizadas possui o acervo bibliográfico do sociólogo “Florestan Fernandes” e as outras são utilizadas por trabalhadores da biblioteca.

Na limpeza da biblioteca se utiliza detergente, água sanitária, sapólio e desinfetante para os sanitários; impermeabilizante para limpar o piso; desinfetante para limpar as mesas; para limpeza dos móveis são usados removedores de impermeabilizante e para vidros utiliza-se limpa vidro e álcool limpador.

### 3.1.3. Biblioteca Conjunto das Químicas da Universidade de São Paulo (CQ – USP)

A Biblioteca Conjunto das Químicas está localizada na Av. Prof. Lineu Prestes número 950, na Cidade Universitária na capital de São Paulo. Foi construída em 1965 para a reunião dos acervos da Biblioteca da Faculdade de Ciências Farmacêuticas e Biblioteca do Instituto de Química da USP, vista na **Figura 3.3**.



**Figura 3.3.** Vista da Biblioteca Conjunto das Químicas da USP.

O acervo é composto de 35.567 monografias, 11.491 audiovisuais e 46.655 periódicos. Possui uma área de 2.755 m<sup>2</sup> distribuídos em 3 pisos e são recebidas em média 500 pessoas por dia.

A seguir serão descritos as características físicas dos pisos 1 e 2, o Piso 3 não será descrito pois é local de administração da biblioteca sendo portanto desconsiderado deste trabalho.



**Piso 1** – este é o piso térreo da biblioteca onde se encontra acervo de periódicos e se tem acesso as bases de dados, atendimento de referência e onde se faz empréstimo. Neste piso está a sala *Chemical Abstracts*, sala de leitura, videoteca, sala de xerox, 5 salas feitas com divisórias para os empregados da biblioteca e sanitários. Este setor possui 41 prateleiras de aço com laterais de material compensado, 23 mesas de estudo de fórmica, 3 computadores, 7 vasos de plantas naturais, 4 aparelhos controladores de umidade e janelas de vidro que ficam constantemente fechadas. A sala de xerox conta com 6 fotocopiadoras em funcionamento.

**Piso 2** – este piso superior da biblioteca abriga o acervo de monografias, atendimento de referência, e trabalha com comutação bibliográfica. Possui 17 prateleiras de aço e fórmica, 26 mesas de fórmica, 6 computadores, 2 vasos de plantas artificiais, 4 salas separadas com divisórias para os funcionários da biblioteca e sanitários.

Na limpeza da biblioteca se utiliza água sanitária, desinfetante para os sanitários e cera no piso.

A ventilação da biblioteca é realizada por um sistema de ar condicionado central. Observou-se que este sistema de ar condicionado fica constantemente desligado e as janelas permanecem sempre fechadas.

#### **3.1.4. Biblioteca Infante Juvenil Monteiro Lobato**

A Biblioteca Monteiro Lobato está localizada na Rua General Jardim, 485 – Vila Buarque, na região central da cidade de São Paulo e está dentro de uma praça com uma ampla área verde. Esta foi inaugurada em 1936 por Lenyra Camargo Fraccaroli, e foi durante várias décadas o principal pólo de atração para as crianças e jovens de toda a cidade. A **Figura 3.4** mostra a frente da Biblioteca Infante Juvenil Monteiro Lobato.



**Figura 3.4.** Vista da Biblioteca Monteiro Lobato.

Esta biblioteca recebe sistematicamente ao longo do ano letivo visitas de inúmeras escolas tanto da rede pública como da privada bem como de outras instituições, sendo que nesses períodos, o público atendido é de aproximadamente 15 mil pessoas/mês. A biblioteca abriga acervo bibliográfico destinado ao público infantil e juvenil, além de acervos documentais referentes à sua história e ao de sua diretora-fundadora, Lenyra Camargo Fraccaroli. Além disso, é depositária de acervo especial sobre Monteiro Lobato, composto de obras do autor, documentos, objetos pessoais e sua biografia.

A biblioteca possui dois andares, Piso térreo e o Piso superior, descritos abaixo.

**Piso térreo** – no Piso térreo fica a entrada da biblioteca com recepção e lugar para guardar bolsas, uma sala chamada circulante, uma sala de literatura infantil “Sítio do PicaPau Amarelo”, sala do acervo “Júlio Gouveia”, auditório “Lúcia Lambertini”, museu Monteiro Lobato com mobiliário do escritor, aquarelas, fotografias, vestuário e

documentos e sanitários. A sala circulante é onde estão os livros para empréstimo de informação e literatura, contendo 20 estantes de ferro com livros e uma mesa de recepção onde fica a responsável por este setor, este local apresenta janelas grandes que ficam diariamente abertas tendo uma boa circulação do ar.

**Piso superior** – o Piso superior é composto de uma sala multimeios de jornais, revistas, atlas, mapas, vídeos educativos, recortes e slides. Esta sala é composta de 10 estantes de aço, 12 armários de arquivo, 5 mesas para funcionários, 1 computador e grandes janelas que ficam abertas constantemente. Ao lado desta sala multimeios encontra-se um local para computação com 3 computadores; uma sala de difusão cultural, programação, divulgação e cessão de espaço terceira-idade; sala de diretoria; sala de documentação Lenyra Fraccaroli; uma sala de informação e pesquisa e sanitários. A sala de informação e pesquisa contém 50 estantes de ferro, 14 mesas de madeira com fórmica, janelas que ficam sempre fechadas e 4 vasos de plantas naturais com flores. No corredor entre essas salas estão algumas mesas dispostas para uso comunitário.

Na limpeza dessa biblioteca os funcionários utilizam: água sanitária, desinfetante para os sanitários, álcool e sabão em pó.

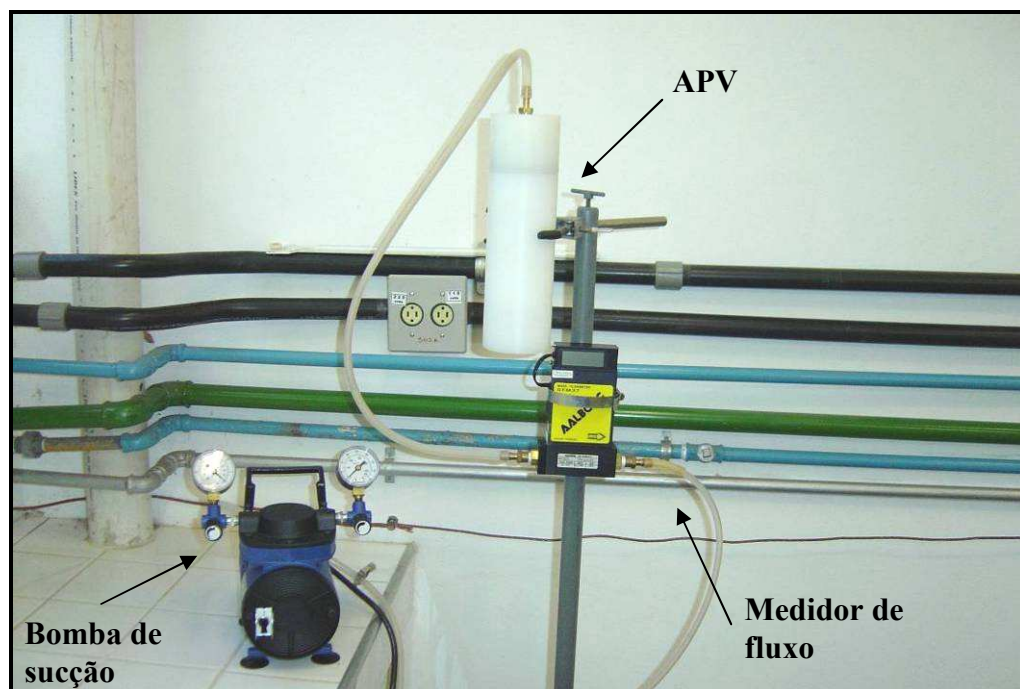
### **3.2. Materiais - Meio filtrante**

Neste trabalho foram utilizadas membranas da marca Whatman, Nuclepore de policarbonato e hidrofóbicas. Estas possuem 47 mm de diâmetro, com eficiência de coleta de 99 % e poros de 0,4 e 8,0  $\mu\text{m}$  de diâmetro para o respectivo monitoramento de particulados com diâmetro equivalente entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5-10}$ ) e particulados com diâmetro equivalente menor que 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ).

### 3.3. Equipamentos Utilizados

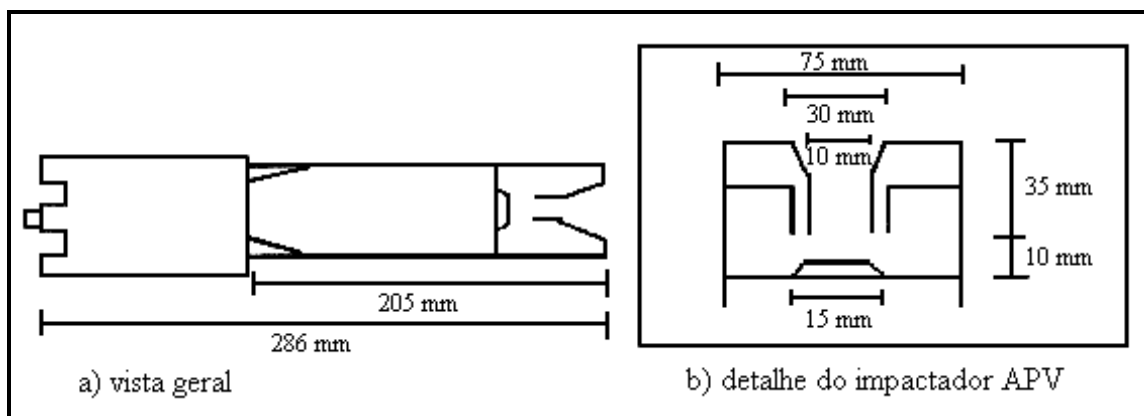
#### 3.3.1. Amostrador de Pequenos Volumes

O equipamento que foi utilizado neste trabalho para capturar as partículas do ar interior das bibliotecas está apresentado na **Figura 3.5**, composto por um Amostrador de Pequenos Volumes (APV) para as faixas de partículas  $PM_{2,5-10}$  e  $PM_{2,5}$ , medidor de fluxo da marca Aalborg e uma bomba de sucção da marca Millipore, modelo Millex FA-10.



**Figura 3.5.** Amostrador de Pequenos Volumes (APV).

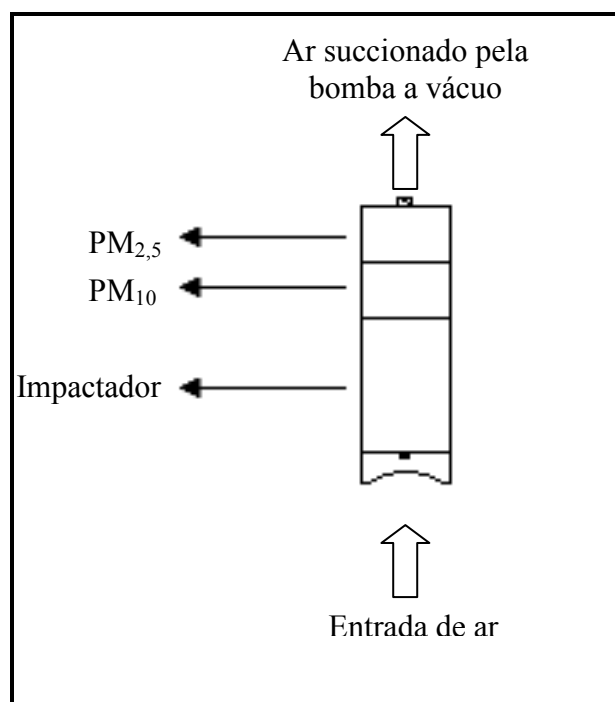
Este equipamento é baseado no Amostrador de Pequenos Volumes (APV – Lowvol), desenvolvido por HOPKE (1997), confeccionado em polietileno e segundo as dimensões especificadas na **Figura 3.6**.



Fonte: HOPKE, 1997.

**Figura 3.6.** a) vista geral do Amostrador de Pequenos Volumes b) detalhes dimensionais do impactador do APV

A **Figura 3.7** mostra o esquema de funcionamento do Amostrador de Pequenos Volumes (APV).



**Figura 3.7.** Esquema de funcionamento do APV.

Os experimentos se iniciam com a passagem de ar com vazão de 16 L/min pelo amostrador, onde as partículas maiores que 10  $\mu\text{m}$  serão obstruídas por uma placa de impactação colocada anteriormente ao meio filtrante. O fluxo de ar com partículas menores que 10  $\mu\text{m}$  serão direcionadas através das membranas Nuclepore, o qual as partículas serão coletadas primeiramente na fração com diâmetro equivalente entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5-10}$ ) e na seqüência um outro cabeçote acoplado ao amostrador coletará as frações mais finas com diâmetro menor que 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ).

### 3.3.2. Amostrador de Gases

O amostrador CMS que foi utilizado para a quantificação de gases é um sistema de monitoramento por chip desenvolvido pela Dräger Indústria e Comércio, como mostra a

**Figura 3.8.**



**Figura 3.8.** Amostrador de gases CMS.

O sistema combina um chip específico para cada substância com um analisador eletrônico, para realizar uma medição instantânea e simples. Cada chip contém dez capilares, preenchidos por um sistema de reativos químicos específicos e um código de

barras impresso com informação de calibração armazenada. Esse código de barra é lido pelo analisador ótico, contendo informações sobre o número do lote, tipo do gás, a faixa de medição, e o tempo necessário para realizar a medição.

O analisador é ótico, e analisa a cor da reação com um controlador de fluxo de massa, que compensa automaticamente as diferenças de pressão atmosférica, e um sistema de bombeamento que aspira a mesma massa de ar através do capilar sempre que se realiza uma medição, dando ótima reprodutibilidade.

Este equipamento pode quantificar vários compostos, dentre eles: benzeno, butadieno, acetona, amônia, cloro, dióxido de enxofre, dióxido de carbono, dióxido de nitrogênio, etanol, formaldeído, hidrocarbonetos de petróleo, monóxido de carbono, metanol, ozônio, propano/butano, tolueno, xileno, entre outros.

### **3.3.3. Outros equipamentos**

Para realizar a pesagem dos filtros, utilizou-se uma balança analítica da marca Mettler Toledo, modelo MT5, com menor divisão de 1µg. Para medir temperatura e umidade no ambiente interno das bibliotecas utilizou-se um Termo-Higrômetro digital modelo MTH-1360 da marca Minipa Indústria e Comércio LTDA.

## **3.4. Métodos Experimentais**

### **3.4.1. Realização dos experimentos**

Para a realização dos experimentos de filtração, primeiramente realizou-se a pesagem inicial dos filtros, depois esses foram colocados em um suporte adequado para transporte até o local de amostragem, ao término do experimento esses filtros eram

transportados ao laboratório para nova pesagem e a massa de material particulado foi obtida por gravimetria.

A gravimetria consiste na filtração do ar para ser calculado a razão entre a diferença de massas do filtro pré e pós-coleta e o volume de ar amostrado, no qual o volume amostrado é a vazão volumétrica de operação do equipamento multiplicada pelo tempo de coleta.

O procedimento padrão de minimização da interferência da umidade relativa em análises gravimétricas é manter o filtro nas mesmas condições de temperatura e umidade durante as pesagens pré e pós-coleta. A simples subtração das massas do filtro pré e pós-coleta resulta na massa de material particulado amostrado, que dividido pelo volume total amostrado determina a concentração média do período de amostragem em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . A concentração de particulado pode ser calculada pela Equação (1).

$$C = \frac{m_f - m_i}{V} \quad (1)$$

Na qual:

$m_f$ : massa seca do filtro após a coleta ( $\mu\text{g}$ )

$m_i$ : massa inicial do filtro ( $\mu\text{g}$ )

$V$ : volume de ar amostrado ( $\text{m}^3$ )

Para a coleta de particulados internos das bibliotecas nas faixas de partículas  $\text{PM}_{2,5-10}$  e  $\text{PM}_{2,5}$ , foi utilizado o APV, com meio filtrante membranas Nuclepore de policarbonato de diâmetro de poros de  $8 \mu\text{m}$  e  $0,4 \mu\text{m}$ .

Operou-se com uma taxa de vazão  $16 \text{ L}/\text{min}$  seguindo o projeto de Hopke (1997) durante 60 minutos para um volume de  $960 \text{ L}$ . O período destas amostragens foi de julho



de 2005 até junho de 2006 e as coletas foram realizadas 1 vez por semana no interior e no exterior das bibliotecas.

Para a amostragem de particulados nas Bibliotecas de São Carlos (UFSCar e Amadeu Amaral) e de São Paulo (CQ – USP e Monteiro Lobato), foi utilizada como base a norma proposta pela ANVISA, para definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída dentro de uma mesma edificação e razão social. Norma Técnica 004 – Qualidade do Ar Ambiental Interior, Método de Amostragem e Análise de Concentração de Aerodispersóides em Ambientes Interiores, da Resolução Re nº 9, de 16 de janeiro de 2003 da ANVISA (**Anexo I**).

Todas as bibliotecas possuíam andares e eram separadas por salas, então seguindo a estratégia de amostragem por área de amostragem da norma técnica 004 – ANVISA, as amostras ficaram definidas assim:

- **Biblioteca da UFSCar** – como esta biblioteca era separada por pisos e esses possuíam ligação entre eles, considerou-se a área de 4500 m<sup>2</sup> freqüentada por usuários e realizou-se coletas em 8 pontos da biblioteca e 1 coleta no ambiente externo;
- **Biblioteca Amadeu Amaral** – esta biblioteca possuía 3 andares, com salas separadas, então considerando que cada sala tem até 1000 m<sup>2</sup> de área, foram realizadas 3 coletas em cada piso e no ambiente externo;
- **Biblioteca CQ – USP** – a biblioteca CQ – USP era separada por 3 pisos, com 2755 m<sup>2</sup> de área, sendo que um deles era ocupado pela administração e foi desconsiderado. Estes dois pisos usados para a biblioteca eram separados pelo andar térreo e superior, definiu-se que cada piso não tinha 1000 m<sup>2</sup> de área, então se realizou 1 coleta por piso e 1 coleta no ambiente externo;

- **Biblioteca Monteiro Lobato** – esta biblioteca possuía 2 andares, térreo e superior, e era separada totalmente por salas, cada sala não tinha 1000 m<sup>2</sup>. Estudou-se 2 salas que eram mais freqüentadas e foi realizado 1 coleta por sala e 1 coleta no ambiente externo.

O tempo de coleta foi de 1 hora para cada amostra obtida no interior das bibliotecas e as amostragens foram realizadas 1 vez por semana, variando em relação ao dia da semana e ao horário de amostragem. Por exemplo, na biblioteca da UFSCar os experimentos eram compostos de 9 coletas de 1 hora cada, então se a amostragem começasse às 8 horas da manhã ela terminaria às 17 horas. Nas outras bibliotecas que o número de coletas eram reduzidas de 3 a 4, foi possível realizar as amostragens no período da manhã ou à tarde.

Houve a tentativa de se fazer os experimentos em tempos maiores, porém os responsáveis pelas bibliotecas não permitiram longos períodos de coleta, devido à bomba de sucção que fazia barulho e seria incômodo para os usuários.

### **3.4.2. Métodos de Análise Química – Fluorescência de Raios-X**

É um método quali/quantitativo baseado na medida de comprimento de onda ou nas energias e intensidades dos Raios-X característico emitido pelos elementos que constituem a amostra. Utilizou-se a Fluorescência de Raios-X por dispersão de energia com reflexão total, já que esta técnica permite a avaliação da concentração de vários elementos químicos, de modo simultâneo e não destrutivo, com sensibilidade de detecção muito elevada, que tem a possível quantificação de concentrações extremamente pequenas dos elementos (ordem de ppb). Neste trabalho empregou-se um equipamento da marca Philips modelo, PW-1830, acoplado a um tubo de Raios-X alvo de

Molibdênio e um detector Si (Li) acoplado a um analisador multicanal Canberra. Este sistema apresenta uma boa sensibilidade e excelente limite de detecção, permitindo determinar a concentração mássica de todos os elementos com massa atômica acima de 13g/mol, como: Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, V, Ni, Br, Rb, Sr e Pb.

Segundo NASCIMENTO, citado por BRUNO (2005), a análise multi-elementar instrumental por XRF é baseada nas medidas de intensidade dos raios X característicos emitidos pelos elementos químicos componentes da amostra, quando devidamente excitada. Até 1966 a XRF era realizada, unicamente, por espectrômetros por dispersão por comprimento de onda (WD-XRF), baseados na lei de Bragg, os quais necessitam de um movimento sincronizado e preciso entre o cristal difrator e o detector.

Com o desenvolvimento do detector semi-condutor de Si (Li), capaz de discriminar raios X de energias próximas, foi possível o surgimento da fluorescência de raios X por dispersão e energia (EDXRF), também conhecida como fluorescência de raios X não dispersiva, com instrumentação menos dispendiosa e emprego mais prático.

Esta técnica vem sendo utilizada principalmente para amostras sólidas, permitindo a detecção simultânea ou seqüencial da concentração de vários elementos, sem a necessidade de destruição da amostra, ou seja, de modo instrumental, sem nenhum pré-tratamento químico.

A técnica de fluorescência de raios X se fundamenta basicamente na seguinte equação (NASCIMENTO, 1999):

$$I = S' c' A \quad (2)$$

sendo:

*I* a intensidade medida de raios X característicos (medida no equipamento em contagem por minuto, cpm)

$S$  a sensibilidade elementar (cps.cm<sup>2</sup>/μg)

$c$  a concentração do elemento (μg/cm<sup>2</sup>)

$A$  o fator de absorção (no caso de amostras finas, como filtros,  $A=1$ )

Inicialmente, mede-se a intensidade de raios X emitidos por amostras padrões monoelementares, contendo um elemento de concentração conhecida (μg/cm<sup>2</sup>), e com isso determina-se a sensibilidade para cada elemento. Foram utilizados padrões fornecidos pela MicroMatter, de concentração conhecida, para elaboração da curva sensibilidade.

Em seguida, irradia-se a amostra e calcula-se a concentração por área (μg/cm<sup>2</sup>):

$$C = I/S \quad (3)$$

A amostra é irradiada de duas maneiras, de modo a se conseguir detectar o maior número de elementos possível.

Quando se irradia com tubo de Mo, filtro de Zr, a amostra é excitada com raios X de 17,44 keV. Neste caso, podem-se excitar os eletrons da camada K dos elementos Al ao Sr, sendo que a sensibilidade é maior para os elementos com maior número atômico, isto é, a sensibilidade é alta para Sr e mínima para Al, de modo que os limites de detecção são melhores para Sr e piores para Al, além de se ter o problema de absorção dos raios X emitidos pelos elementos mais leves pelo ar que está entre a amostra e o detector.

Quando se irradia com tubo e Mo, e filtro de Fe, a amostra é excitada com raios X de 8 keV. Neste caso são excitados os elementos do Al ao Mn e a sensibilidade, e consequentemente o limite de detecção, é maior para os elementos de maior número atômico, ou seja, é alta para o Mn e menor para o Al.

Neste caso a excitação é realizada no vácuo, com o intuito de se evitar a absorção de raios X pelo ar, principalmente para os elementos leves, obtendo-se assim uma melhora na sensibilidade e consequentemente nos limites de detecção para os elementos leves.

Alguns elementos, como do K ao Mn, podem ser medidos tanto no 1º como no 2º modo, as com sensibilidades diferentes, e consequentemente, com diferentes limites de detecção. Para os elementos V ao Mn, as intensidades dos raios X, as sensibilidades e os limites de detecção são quase os mesmos e preferiram determinar estes elementos utilizando-se os dados do 1º modo de excitação, juntamente como Fe e o Sr (também Hg e Pb). Para os elementos na faixa do Al ao Ti preferiu-se o 2º modo de excitação.

Cada elemento químico medido está associado a um limite de detecção (LD), estes limites são mostrados na **Tabela 3.1**.

**Tabela 3.1.** Limites de detecção para XRF

Elemento	Massa atômica	LD ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	Elemento	Z	LD ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )
Al	13	0,235204	Mn	25	0,023461
Si	14	0,072495	Fe	26	0,017431
P	15	0,099223	Ni	28	0,013467
S	16	0,064502	Cu	29	0,008533
Cl	17	0,033281	Zn	30	0,007231
K	19	0,011835	Br	35	0,006154
Ca	20	0,008438	Rb	37	0,006635
Ti	22	0,008749	Sr	38	0,007145
Cr	24	0,3934	Pb	82	0,007318

Fonte: CENA – USP, 2006.

Os limites de detecção são calculados utilizando-se a seguinte equação:

$$C=3(BG)^{1/2} * (S*t) \quad (4)$$

onde:

$C$  é o limite de detecção ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )

$BG$  é o total de contagens da região contínua sob o pico do elemento de interesse

$S$  é a sensibilidade elementar ( $\text{cpscm}^2/\mu\text{g}$ )

$t$  é o tempo de excitação (s)

As amostras com particulados nas faixas  $\text{PM}_{2,5-10}$  e  $\text{PM}_{2,5}$  foram analisadas por XRF no laboratório de instrumentação nuclear, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo (USP), de Piracicaba (SP).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos durante a amostragem de material particulado presente nas bibliotecas públicas monitoradas, localizadas no interior de São Paulo e na capital.

Inicialmente serão apresentados os testes preliminares para particulados totais em suspensão (PTS) e em seguida os resultados obtidos no monitoramento do material particulado nas faixas  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ . Nessa etapa foi possível quantificar as concentrações mássicas e analisar os possíveis elementos químicos presentes no material particulado coletado nas bibliotecas, pelo método XRF.

Nesse capítulo também serão analisados os dados de Temperatura, Umidade Relativa, Precipitação pluviométrica, movimentação de pessoas, comportamentos, métodos de limpeza e outros acontecimentos que poderiam interferir no aumento da concentração de particulados e na qualidade do ar desses ambientes internos.

Todos os dados obtidos durante a campanha anual de monitoramento, temperatura (T), umidade relativa (UR) e concentrações de particulados  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  das Bibliotecas Amadeu Amaral, UFSCar, CQ – USP e Monteiro Lobato, estão apresentados nos **Anexos III a VI**.

### **4.1. Testes preliminares**

#### **4.1.1. Monitoramento de PTS na Biblioteca da UFSCar**

Primeiramente, foi realizado um trabalho preliminar que monitorou o Material Particulado Total em Suspensão (PTS) no ambiente interno da Biblioteca Comunitária da Universidade Federal de São Carlos, UFSCar. Os experimentos ocorreram no período de 11 de janeiro a 03 de fevereiro de 2005, com coletas constantes em todos os dias da

semana com paradas aos sábados e domingos, dias em que a biblioteca estava fechada. Deve-se ressaltar que o monitoramento foi realizado em período de férias escolares, período com pouca movimentação de pessoas.

No monitoramento do Material Particulado Total em Suspensão (PTS) o Amostrador de Pequenos Volumes (APV) foi utilizado com membranas de fibra de vidro, com diâmetro de 47 mm e diâmetro de poros de 0,2  $\mu\text{m}$ .

Estes testes foram realizados segundo a Norma Técnica 004, da Resolução Re nº 9 da ANVISA (2003) (**Anexo I**). Baseado nessa norma e considerando a área da Biblioteca Comunitária da UFSCar, a amostragem foi realizada em 8 pontos, trabalhando com vazão de 2 L/min e tempo de retenção de 25 minutos. Os experimentos incluíram duas amostragens nos Pisos 5, 4 e 3 e uma nos Pisos 1 e 2, além de uma amostra realizada no ambiente externo.

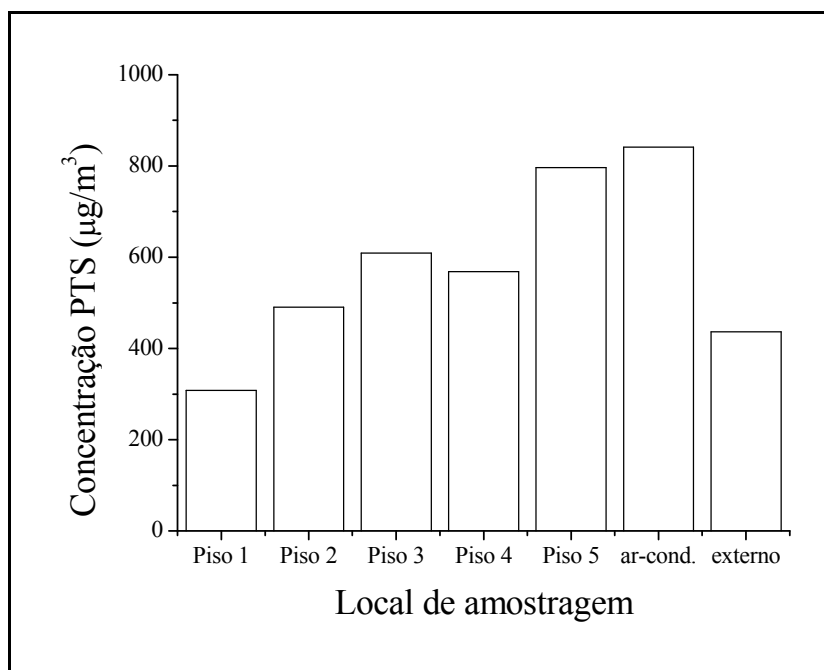
No ambiente interno da Biblioteca Comunitária da UFSCar a umidade relativa variou de 55% a 78,1% e a temperatura teve variação de 22,6 °C a 28,4°C, já no ambiente com ar condicionado a umidade esteve entre 34,6% a 70,7% e a temperatura apresentou valores de 22°C a 28°C.

A **Figura 4.1** apresenta a média da concentração de particulados totais em suspensão nos Pisos 1, 2, 3, 4, 5, na sala do acervo Florestan Fernandes (sala com ar condicionado) e no ambiente externo da Biblioteca da UFSCar.

Verifica-se na **Figura 4.1** que apenas o piso 1, com concentração média de PTS igual a 308  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , obteve valor abaixo da concentração média encontrada no ambiente externo da biblioteca Comunitária da UFSCar (436  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). No entanto, os pisos 2, 3, 4, 5, sala com ar-condicionado apresentaram valores médios de concentração de PTS iguais a



490, 609, 568, 796 e 841  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. Essas concentrações foram mais altas que as obtidas no ambiente externo.



**Figura 4.1.** Concentração média ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de PTS nos Pisos 1, 2, 3, 4, 5, na sala com ar-condicionado e no ambiente externo da Biblioteca da UFSCar, no período de 11 de janeiro a 03 de fevereiro de 2005.

Essas altas concentrações de PTS medidas no ambiente interno desta biblioteca também foram observadas por FANTUZZI et al. (1996), que investigaram 16 bibliotecas da cidade de Modena, Itália, e verificaram níveis de PTS variando entre 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 450  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . E em estudo mais recente RIGHI et al. (2002), monitoraram quatro Bibliotecas Universitárias de Modena e Reggio Emilia, na Itália, e os níveis de PTS variaram de 40 a 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

No Piso 5 foram obtidas as maiores concentrações de PTS (796  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), podendo ser justificado pelo armazenamento de coleções antigas de livros, pela localização mais

alta, pelo mal funcionamento do sistema de ar-condicionado e por todas as janelas ficarem fechadas, dificultando a circulação do ar e dispersão dos poluentes.

BRICKUS (1998) realizou um estudo em escritórios do Rio de Janeiro fazendo um monitoramento no primeiro, nono, décimo terceiro e vigésimo quinto andar e também quantificou valores maiores de PTS nos andares superiores.

A maior concentração de PTS ( $841 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) foi medida no piso 5, numa sala fechada refrigerada por um ar condicionado, onde é preservado o acervo Florestan Fernandes. Segundo LUNG et al, (2003), que realizou um estudo comparando os níveis quantitativos de particulados  $\text{PM}_{10}$  em salas com ventilação e sem ventilação, concluíram que ambientes com ventilação ( $178 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) possuem concentração de particulados quatro vezes menores quando comparados com ambientes sem ventilação ( $723 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Um dos fatores que devem ter contribuído para a alta concentração de PTS nessa sala com ar condicionado foi o período em que foram realizadas as amostragens (pela manhã), quando a sala se encontrava pouco climatizada pelo ar condicionado, porque o aparelho de refrigeração não funcionava em tempo integral, era ligada somente às 8 horas da manhã. De acordo com os métodos de conservação de coleções citados anteriormente, este procedimento de utilização em tempo parcial do sistema de refrigeração utilizado na Biblioteca da UFSCar está incorreto e prejudica a estabilidade dos parâmetros temperatura e umidade relativa que tanto influenciam na preservação da estrutura do acervo.

Considerando a qualidade do ar em ambientes internos, todas as concentrações médias de PTS estiveram muito acima dos padrões permitidos pela Recomendação da ANVISA (Re nº 9) que recomenda  $\text{PTS} \leq 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e pela Resolução da ABRAVA (Rn 02) que sugere  $\text{PTS} < 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A concentração média nesse mês para o ar externo ( $436 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) esteve acima do permitido pelos padrões CONAMA para particulados totais em

suspensão (PTS) que recomenda não ultrapassar  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em 24 horas, padrão primário (concentrações de poluentes que ultrapassadas poderão afetar a saúde da população). Porém, deve-se ressaltar que essa comparação realizada com padrões da ABRAVA e CONAMA foi apenas demonstrativa, pois essas amostragens foram realizadas em tempos de 25 minutos.

A relação do ar interno por externo (I/O) só foi menor que 1 no piso 1, nos outros pisos (2, 3, 4, 5 e sala com ar-condicionado) essa relação apresentou valores entre a 1 e 2, concluindo que os particulados PTS estiveram com concentrações até duas vezes maiores no ar interior da biblioteca do que no exterior dela.

A poluição interna por PTS na Biblioteca da Universidade de São Carlos, pode estar relacionada com móveis, acúmulo de livros, trânsito de pessoas, produtos de limpeza, equipamentos de uso interno (fotocopiadoras e impressoras) e principalmente pelas más condições de ventilação.

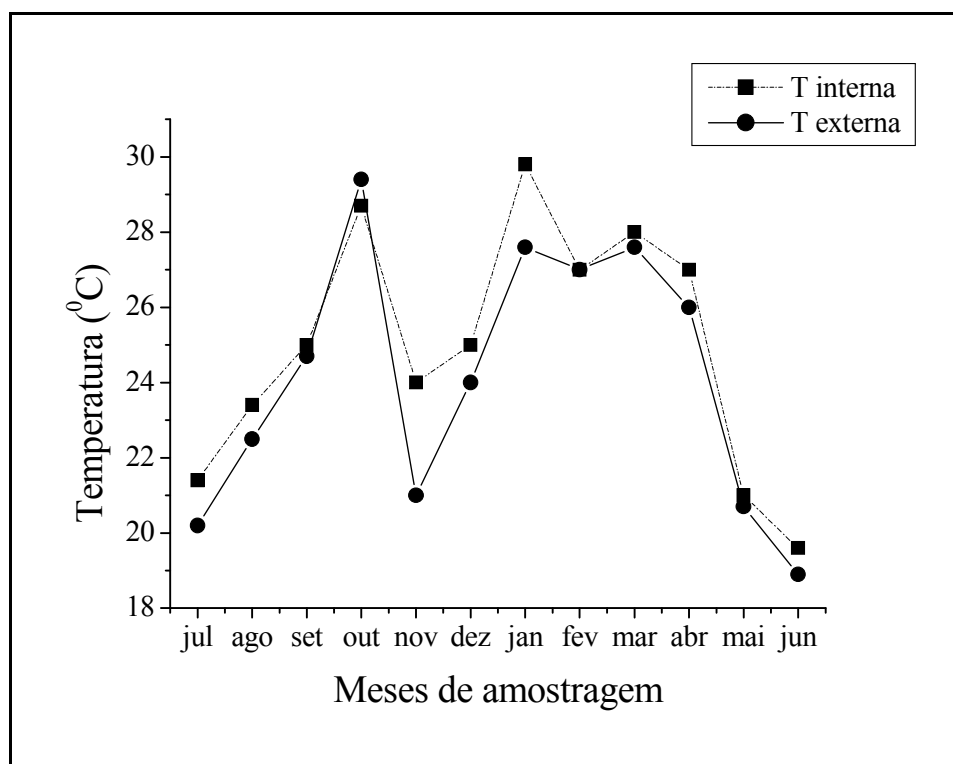
Depois dos testes preliminares para Particulados Totais em Suspensão (PTS), estudou-se o material particulado na faixa  $\text{PM}_{2,5-10}$ , partículas com diâmetro aerodinâmico entre  $2,5 \mu\text{m}$  a  $10 \mu\text{m}$ , e na faixa  $\text{PM}_{2,5}$ , partículas com diâmetro menor que  $2,5 \mu\text{m}$ . Como ambiente interno de estudo, para o monitoramento da qualidade do ar de interiores utilizaram-se as Bibliotecas Amadeu Amaral, UFSCar, CQ – USP e Monteiro Lobato.

Utilizou-se o amostrador de pequenos volumes (APV), membranas de policarbonato hidrofóbicas para capturar particulados nas faixas de  $\text{PM}_{2,5-10}$  e  $\text{PM}_{2,5}$ , com vazão de  $16 \text{ L}/\text{min}$  e tempo de amostragem de 1 hora. Os resultados serão apresentados nos próximos itens.

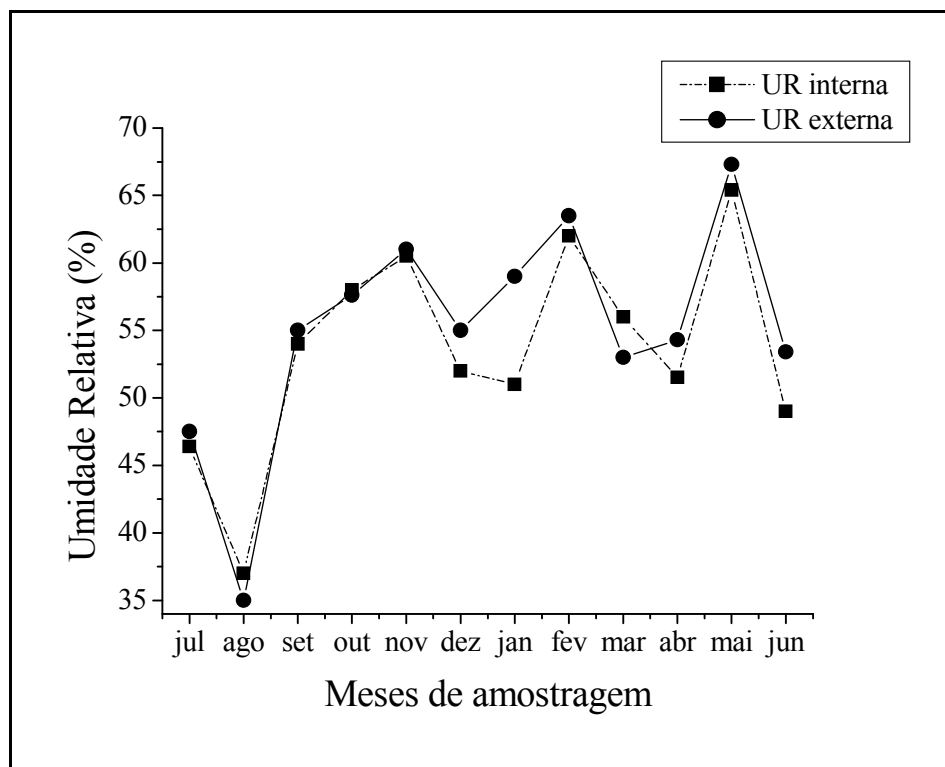
## 4.2. Resultados da Biblioteca Amadeu Amaral

### 4.2.1. Temperatura e Umidade Relativa

Em toda fase experimental de coleta de particulados da Biblioteca Amadeu Amaral, ocorrida no período de julho de 2005 a junho de 2006, foi realizado o monitoramento interno e externo da temperatura (T) e da umidade relativa (UR), apresentados nas **Figuras 4.2 e 4.3.**



**Figura 4.2.** Temperatura na Biblioteca Amadeu Amaral no período de amostragem, no período de jul/05 a jun/06.

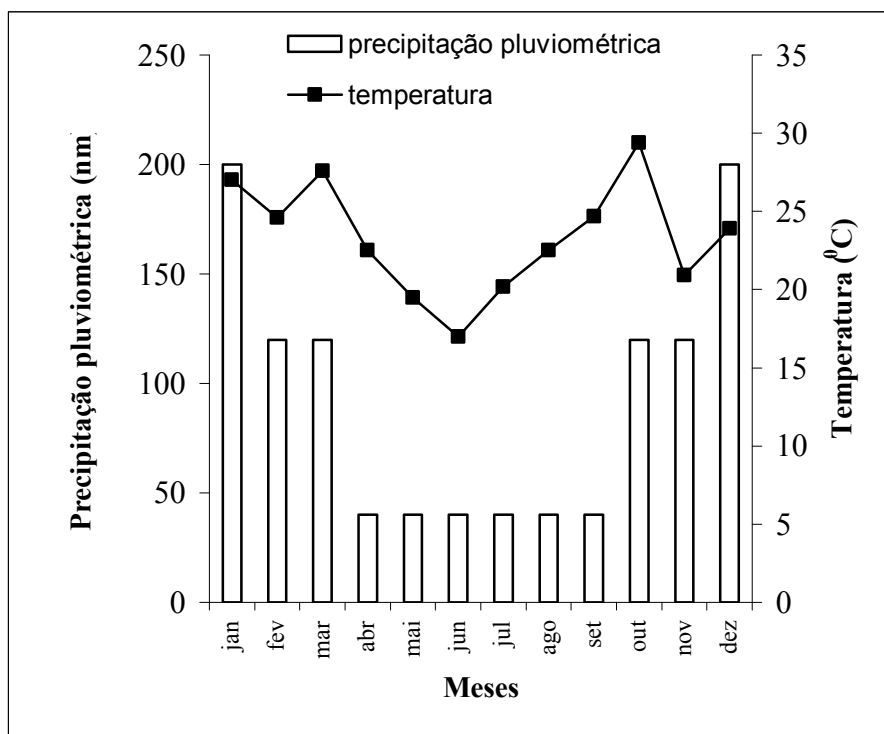


**Figura 4.3.** Umidade Relativa na Biblioteca Amadeu Amaral no período de amostragem, no período de jul/05 a jun/06.

Na Biblioteca Amadeu Amaral a temperatura variou de 19 a 30°C e a umidade relativa esteve entre 37 e 65%, com médias de 25°C e 53%. Diante desses dados, conclui-se que este ambiente está propício à proliferação de fungos, que crescem em meio a temperaturas de 22 a 30°C. Considerando o conforto humano em ambientes fechados, esta biblioteca está com T e UR dentro dos padrões da Anvisa Re nº 9, mas se for considerado a preservação do acervo a UR média está apropriada, porém a T média se encontra acima do valor recomendado que deveria estar entre 18 a 22 °C.

Observa-se nas **Figuras 4.2 e 4.3** que as curvas de temperaturas e umidade relativas internas e externas seguem a mesma tendência, e que a T externa decresce em média 1°C da interna e a UR externa é quase sempre maior que a interna com aumento de até oito pontos percentuais na umidade.

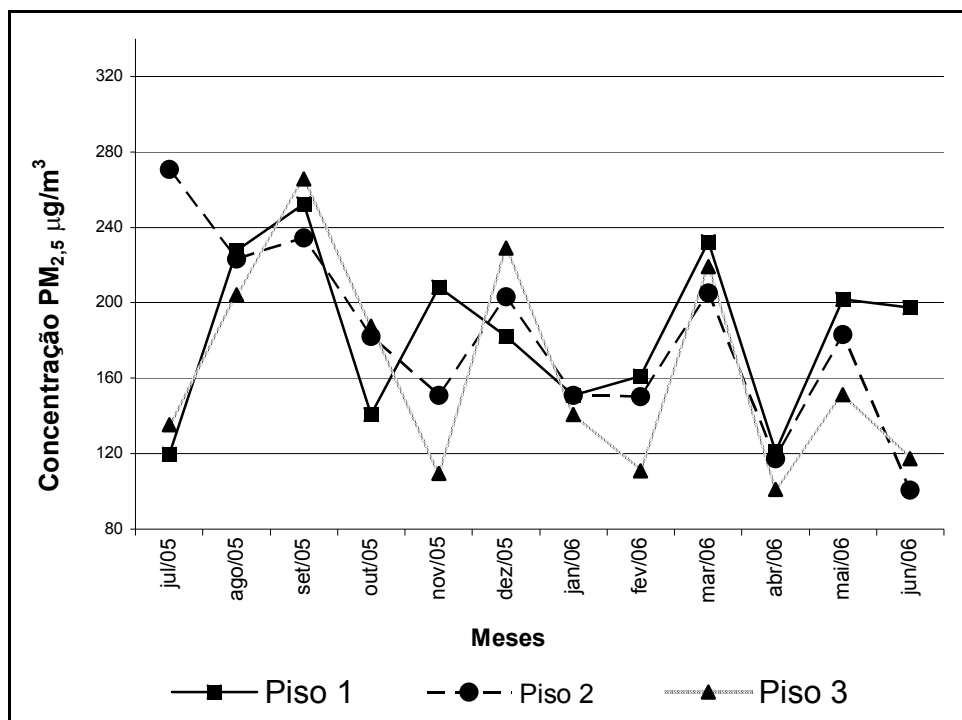
Considerando a influência de parâmetros externos em ambientes internos, a **Figura 4.4** mostra a precipitação pluviométrica na região de São Carlos no ano de 2006 (INMET, 2006) e as temperaturas externas amostradas durante o monitoramento das bibliotecas. Nota-se que esses dois parâmetros acompanharam a mesma tendência.



**Figura 4.4.** Precipitação pluviométrica na cidade de São Carlos, no ano de 2006 (INMET, 2006).

#### 4.2.2. Resultados das concentrações de $PM_{2,5}$ e $PM_{2,5-10}$

As **Figuras 4.5** e **4.6** apresentam as concentrações de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  medidas na Biblioteca Amadeu Amaral, nos Pisos 1, 2 e 3, durante o período de amostragem realizada nessa biblioteca.

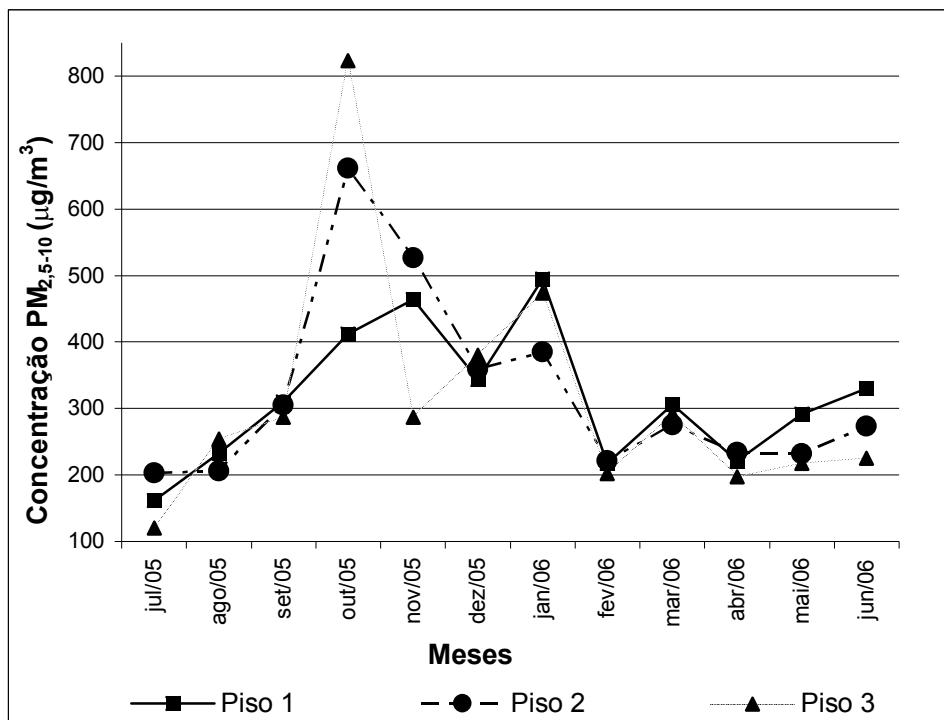


**Figura 4.5.** Concentração média de  $PM_{2,5}$  durante os meses de amostragem nos pisos monitorados da Biblioteca Amadeu Amaral.

Na **Figura 4.5**, para o  $PM_{2,5}$ , nota-se que em julho de 2005 e junho de 2006 foram os meses que ocorreram as maiores variações entre os pisos.

No piso 1, em julho de 2005, a concentração média foi de  $119,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , no piso 3 de  $135,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e no piso 2 diferenciou-se com um valor médio de  $270,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Neste piso 2 estão localizadas as salas de consulta a Internet e o ambiente onde trabalha a maioria dos funcionários da biblioteca, lugar bastante freqüentado e com grande movimentação de pessoas.

Já em julho de 2006, o piso 1 foi o que apresentou a maior concentração média de  $198 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , enquanto os outros pisos apresentaram valores de concentrações médias abaixo de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 4.6.** Concentração média de  $PM_{2,5-10}$  durante os meses de amostragem nos pisos monitorados da Biblioteca Amadeu Amaral.

Analisando a **Figura 4.6**, para a faixa  $PM_{2,5-10}$ , o mês de outubro de 2005 foi o que mais se destacou nas diferenças de concentrações por piso, apresentando valores de  $411,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (piso 1),  $661,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (piso 2) e  $822,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (piso 3). O piso 3 possui 2 vezes mais particulados quando comparado ao piso 1, isso pode ser justificado pela presença de plantas (piso 3) que acumulam fungos e bactérias sobre as folhas e liberam particulados.

O piso 3 é uma sala que está no subsolo da biblioteca e foi verificada a presença de plantas nesse local, foi observado também que neste mês de outubro a concentração externa de particulados esteve bastante alta com concentração média igual a  $338,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , podendo estar influenciando no ambiente interno.

Os dados de concentração média de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ , obtidos com o Amostrador de Pequenos Volumes (APV) na Biblioteca Amadeu Amaral, no período de julho de 2005 a



junho de 2006, os valores estatísticos, máximo e mínimo, e o desvio padrão apresentados na **Tabela 4.1**.

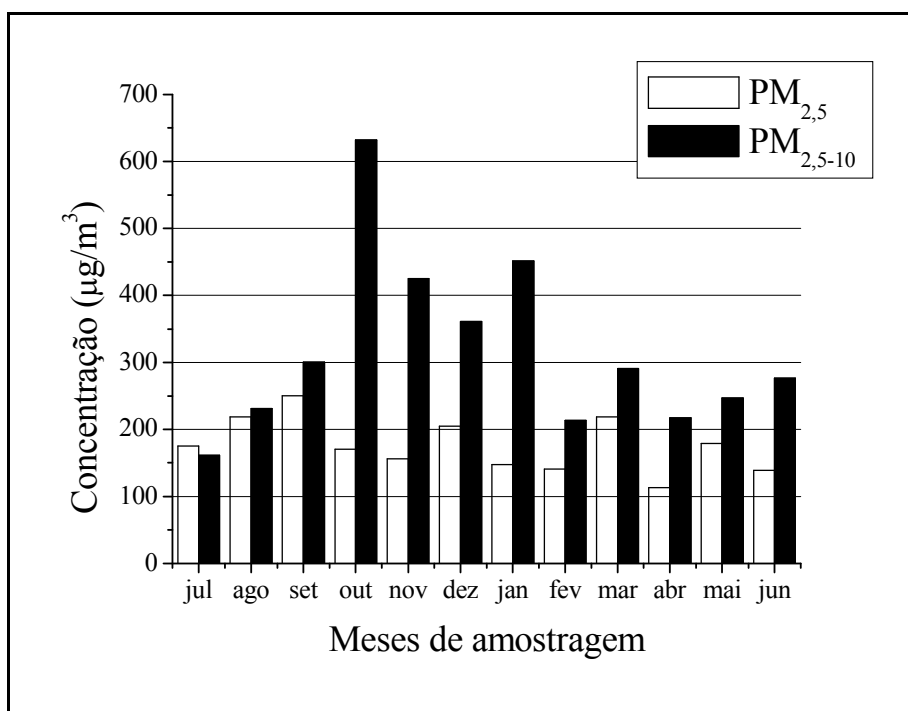
**Tabela 4.1.** Concentração de particulados PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub> no ambiente interno da Biblioteca Amadeu Amaral, no período de julho de 2005 a junho de 2006.

Meses	Média PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão	Média PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão
Jul/05	175,34	270,80	119,80	83,06	161,50	203,10	119,80	41,67
Ago/05	218,40	227,70	204,11	12,56	231,00	254,17	205,55	24,39
Set/05	250,50	265,62	234,37	15,69	300,40	309,90	286,46	12,31
Out/05	170,13	187,50	140,62	25,69	631,97	822,90	411,46	207,3
Nov/05	156,20	208,33	109,37	49,69	425,33	526,04	286,46	124,27
Dez/05	204,80	229,16	182,30	23,49	361,10	380,20	343,75	18,29
Jan/06	147,50	151,04	140,62	6,02	451,40	494,80	385,42	58,07
Fev/06	140,80	161,16	111,04	26,39	213,40	221,12	201,92	10,15
Mar/06	218,80	232,40	205,10	13,65	290,70	305,70	275,10	15,32
Abr/06	113,14	121,07	101,21	10,53	217,36	233,70	197,17	18,58
Mai/06	178,80	201,70	151,40	25,46	246,90	291,74	217,01	39,5
Jun/06	138,60	197,47	100,70	51,7	276,40	330,21	225,50	52,42

Pode-se notar pelo desvio padrão que os valores sofrem grande variação devido à diferença de concentração de particulados em cada piso. Essa diferença de concentrações observadas entre os pisos de uma mesma biblioteca está relacionada com o número de usuários que freqüentam cada piso, uma geração diferenciada de particulados por piso e o tipo de aplicação realizada nestes locais, como por exemplo: piso que contém estantes de livro, computadores para consulta a *internet* entre outros.

Nos meses de outubro/05, novembro/05 e janeiro/06 (verão) as concentrações médias de PM<sub>2,5-10</sub> foram bastante acentuadas com valores de 632, 425 e 451 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Para a faixa de particulados PM<sub>2,5</sub> foram os meses de agosto/05, setembro/05 e março/06 que apresentaram os maiores valores, iguais a: 218, 250 e 218 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

Na **Figura 4.7** são apresentadas em gráfico as concentrações médias de particulados  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  encontrados no interior da Biblioteca Amadeu Amaral, considerando todos os pisos, em 1 ano de coleta com início em julho de 2005 e término em junho de 2006.



**Figura 4.7.** Concentração mássica de partículas  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  na Biblioteca Amadeu Amaral, no período de jul/05 a jun/06.

Neste trabalho investigando bibliografias sobre a legislação brasileira não foram encontrados padrões que restringisse a liberação de particulados  $PM_{2,5}$  e  $PM_{10}$  em ambientes fechados. No entanto, buscando na literatura internacional foi encontrada uma legislação Canadense que, visando à saúde pública em ambientes internos, recomenda que a concentração de particulados na faixa  $PM_{2,5}$  não ultrapasse  $100 \mu g/m^3$ , em 1 hora de coleta.

Analisando a **Figura 4.7**, nos meses de agosto/05, setembro/05 e março/06 foram encontrados duas vezes mais particulados na faixa  $PM_{2,5}$  do que o permitido pelo padrão Canadense, esses valores altos podem ser explicados pela influência do meio externo que pode ter trazido esses poluentes. BRUNO (2005) citou que esse período (agosto e setembro) apresenta uma estação seca, com muitos ventos, sem chuvas, e é a temporada das queimadas de cana de açúcar, na região de São Carlos.

Supondo novamente que a alta contaminação interna de partículas  $PM_{2,5}$  seja por fontes externas, deve-se lembrar que esta biblioteca está localizada na avenida principal da cidade de São Carlos, local onde existe um ponto de ônibus com intensa circulação de pessoas e de veículos. Segundo CELLI (1999), quanto ao fluxo de automóveis, aproximadamente 30000 veículos transitam diariamente nesta região, com um pico por volta das 12 horas.

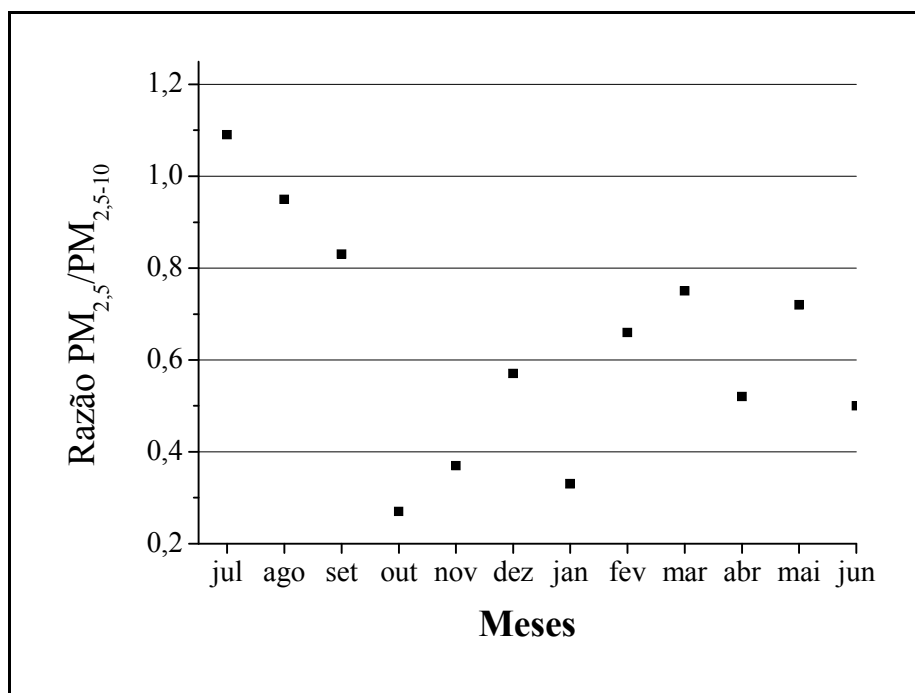
Para as partículas  $PM_{10}$  foram encontradas na literatura legislações da Agência de Proteção Ambiental (EPA); Recomendação da Qualidade do ar em ambientes internos de *Hong Kong*, China (HKIAQ); da Sociedade Americana que recomenda padrões de qualidade do ar interior usando aquecimento, refrigeração e ar condicionado (ASHRAE); *World Health Organization* (WHO) e um padrão do órgão de saúde da Noruega, **Tabela 2.8**. No entanto, essas legislações internacionais que determinam padrões referenciais de qualidade do ar interior para particulados  $PM_{10}$ , foram todas estabelecidas para tempos experimentais de 8 ou 24 horas. Diante disso, fica inadequado utilizar comparativamente essas legislações, já que este trabalho foi realizado com período de coleta de 1 hora.

Ressalta-se, que houve a tentativa de se fazer os experimentos em tempos maiores, porém os responsáveis pelas bibliotecas não permitiram longos períodos de coleta, devido à bomba de sucção que fazia barulho e seria incômodo para os usuários.

Comparando as concentrações de  $PM_{10}$  com a legislação proposta pela EPA que permite até  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em 24 h, nota-se que no mês de outubro de 2005 foi registrado um valor médio de  $802 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , concentração cinco vezes maior que o permitido.

LEE et al (1999) em um estudo em lugares públicos de Hong Kong também encontraram altas concentrações de  $PM_{10}$  dentro de um local interno de recreação, atingindo um valor máximo de  $1760 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A razão de  $PM_{2,5}$  por  $PM_{2,5-10}$  na Biblioteca Amadeu Amaral, em 1 ano de amostragem, pode ser observada na **Figura 4.8**.



**Figura 4.8.** Razão  $PM_{2,5}/PM_{2,5-10}$ , no período de jul/05 a jun/06.

Pode-se verificar na **Figura 4.8** que na Biblioteca Amadeu Amaral, na maioria dos meses de experimentos, a razão  $PM_{2,5}/PM_{2,5-10}$  esteve abaixo de 1. Conclui-se que as concentrações de  $PM_{2,5-10}$  são maiores que as concentrações de  $PM_{2,5}$ , estas partículas maiores segundo CELLI (1999) estão associadas a movimentação de pessoas, principalmente por ressuspensão de poeira, originadas de atividades ligadas ao solo, construção e demolição.

Na **Tabela 4.2** encontram-se os dados de concentrações médias anuais de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  pelo local de amostragem, pisos 1, 2, 3 e exterior da Biblioteca Amadeu Amaral e a relação de particulados internos e externos (I/O).

**Tabela 4.2.** Concentrações médias anuais das partículas  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  nos pisos e a relação I/O, na Biblioteca Amadeu Amaral.

Local amostragem	$PM_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$PM_{2,5-10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	I/O $PM_{2,5}$	I/O $PM_{2,5-10}$
Piso 1	183,0	315,0	1,05	1,16
Piso 2	181,0	323,0	1,03	1,19
Piso 3	164,0	313,	0,94	1,15
Ambiente externo	175,0	272,0	-	-

Nota-se na **Tabela 4.2** que a relação I/O, na maioria dos casos, se apresentou com valores maiores que 1, concluindo que existe uma maior concentração de partículas no interior da biblioteca do que no seu exterior.

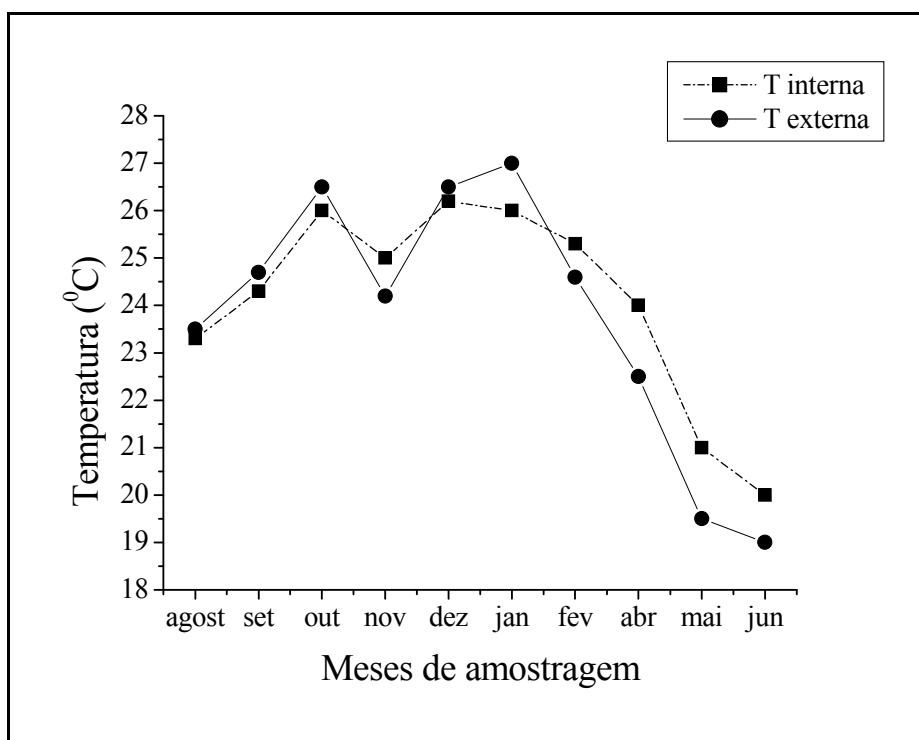
Constatou-se que o piso 2 foi o que apresentou as maiores concentrações de particulados na média anual, para as duas faixas de partículas ( $PM_{2,5-10}$  e  $PM_{2,5}$ ), isso pode estar ocorrendo como dito anteriormente devido à alta circulação de pessoas que procuram os computadores para usar a internet, por existir 2 ventiladores que estão espalhando particulados e, também por ser este piso o local das salas de trabalho dos funcionários.

Analisando as concentrações no ambiente externo desta biblioteca podem-se verificar altas taxas de particulados, sendo justificadas principalmente pelo alto tráfego de veículos. Segundo um estudo realizado por POZZA (2005) nessa região a média de veículos que passaram pelo local foi de 1860 carros/h; 120 vans/h e 120 caminhões ou ônibus/h.

### 4.3. Resultados da Biblioteca da Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR

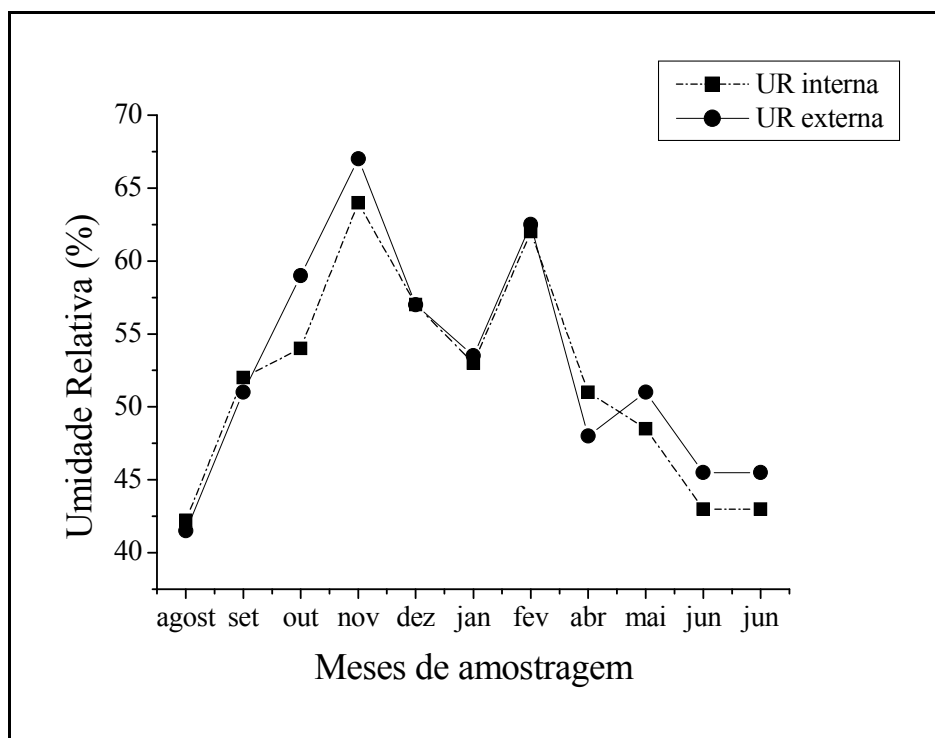
#### 4.3.1. Temperatura e Umidade Relativa

As **Figuras 4.9** e **4.10** apresentam os valores de Temperatura (T) e Umidade relativa (UR) registradas no interior e no exterior da Biblioteca da UFSCar, pelo período de monitoramento de agosto de 2005 até junho de 2006.



**Figura 4.9.** Temperatura interna e externa da Biblioteca da UFSCar no período de amostragem, no período de agost/05 a jun/06.

A temperatura no interior da Biblioteca da UFSCar, no período de amostragem, esteve entre 20 e 26°C, apenas nos meses de maio e junho que as T estiveram nos padrões recomendados por Costa (2003), entre 18 e 22 °C.

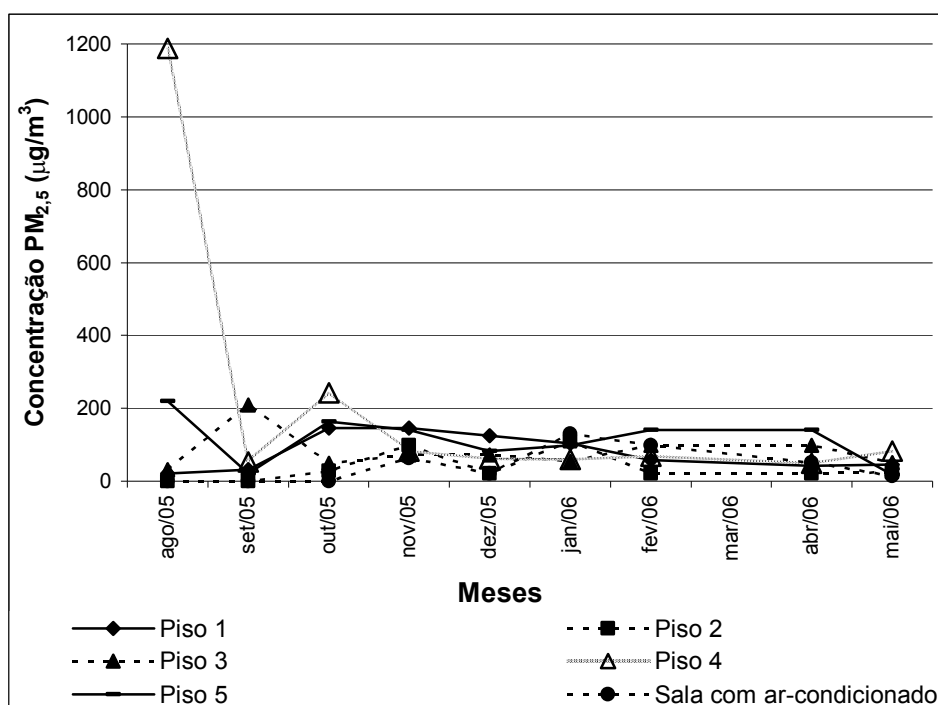


**Figura 4.10.** Umidade Relativa interna e externa da Biblioteca da UFSCar no período de amostragem, no período de agost/05 a jun/06.

Nota-se que a umidade relativa interna esteve entre 42 a 64%, com elevação em dezembro/05 (57%) e fevereiro/06 (62%) e queda nos meses de agosto/05 (42%) e junho/06 (43%). A média anual da UR interna foi igual a 44%, estando abaixo do recomendado por Costa (2003).

### 4.3.2. Resultados das concentrações de $PM_{2,5}$ e $PM_{2,5-10}$

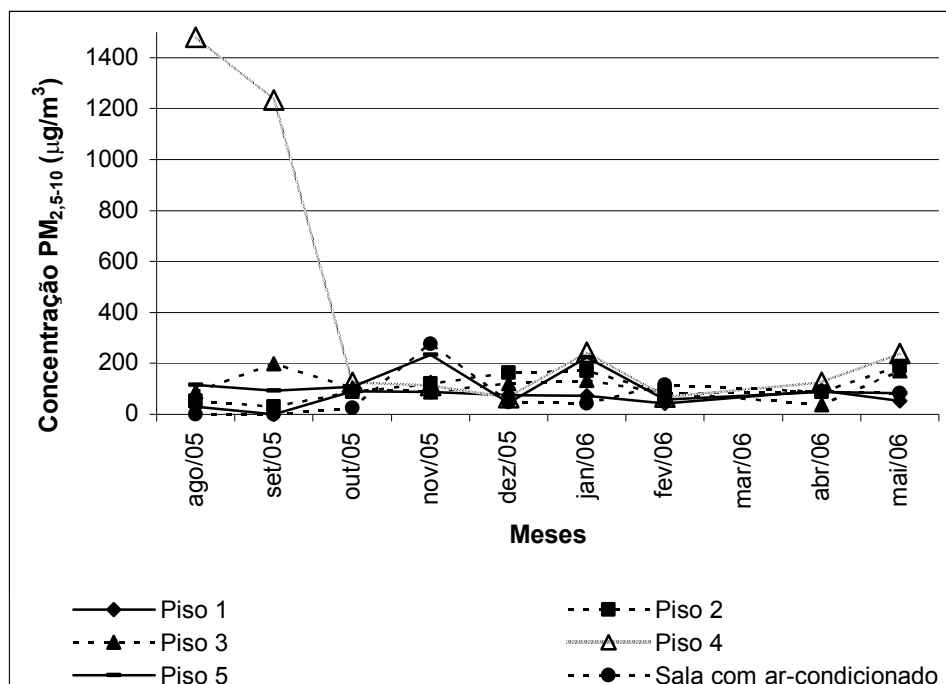
As **Figuras 4.11** e **4.12** apresentam as concentrações de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  medidas na Biblioteca da Universidade Federal de São Carlos, nos Pisos 1, 2, 3, 4, 5 e sala com ar-condicionado, durante o período de amostragem realizada na área de estudo.



**Figura 4.11.** Concentração média de  $PM_{2,5}$  nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca UFSCar.

Observa-se nas **Figuras 4.11** e **4.12** que no mês de agosto de 2005 foram observadas as maiores variações de concentrações de particulados por piso, para as duas faixas de particulados ( $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ ). A grande disparidade de valores ocorreu no interior do piso 4, no mês de agosto para o  $PM_{2,5}$  e nos meses de agosto e setembro, para o  $PM_{2,5-10}$ . Neste piso abrigam-se coleções de revistas especializadas, revistas em geral e dicionários.





**Figura 4.12.** Concentração média de  $PM_{2,5-10}$  nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca UFSCar.

O meio externo certamente influenciou o ambiente interno desta biblioteca, porque na cidade de São Carlos o mês de agosto foi bastante seco, com níveis baixos de precipitação pluviométrica, em que a temperatura média variou em torno de  $22^{\circ}C$  e a umidade relativa do ar esteve próximo de 37%. Deve-se ressaltar aqui que nesse período ocorrem as queimadas de cana de açúcar que devem ter contribuído para as altas concentrações de particulados encontrados no ambiente externo. O aumento da concentração de material particulado no ar nos meses em que ocorrem as queimadas de cana de açúcar foi verificado por BRUNO (2005).

A **Tabela 4.3** mostra os valores médios das concentrações de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ , considerando todos os pisos da amostragem, nos meses de amostragem, os valores estatísticos, máximo e mínimo, e o desvio padrão. Esses dados foram obtidos com o

Amostrador de Pequenos Volumes (APV), na Biblioteca da UFSCar, no período de agosto de 2005 a junho de 2006.

**Tabela 4.3.** Valores de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ , no período de agosto de 2005 a junho de 2006.

Meses	Média $PM_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão	Média $PM_{2,5-10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão
Ago/05	364,60	1187,50	20,80	556,10	353,12	1479,20	31,25	630,32
Set/05	78,11	208,30	20,80	87,76	389,31	1234,40	31,25	567,57
Out/05	125,66	163,19	27,80	88,19	94,46	124,98	86,80	15,25
Nov/05	100,50	145,8	83,30	33,23	132,80	234,40	88,53	60,74
Dez/05	65,90	83,33	20,83	37,69	94,48	163,20	45,14	47,77
Jan/06	88,54	109,37	54,75	25,98	151,00	244,79	72,92	69,48
Fev/06	72,86	140,60	20,80	45,17	72,91	85,94	41,66	18,45
Abr/06	61,25	140,62	20,83	48,66	86,50	93,73	36,70	31,71
Mai/06	43,90	83,33	17,36	25,97	146,80	239,50	52,00	77,29
Jun/06	197,44	354,16	72,90	115,84	101,00	171,85	20,83	61,95

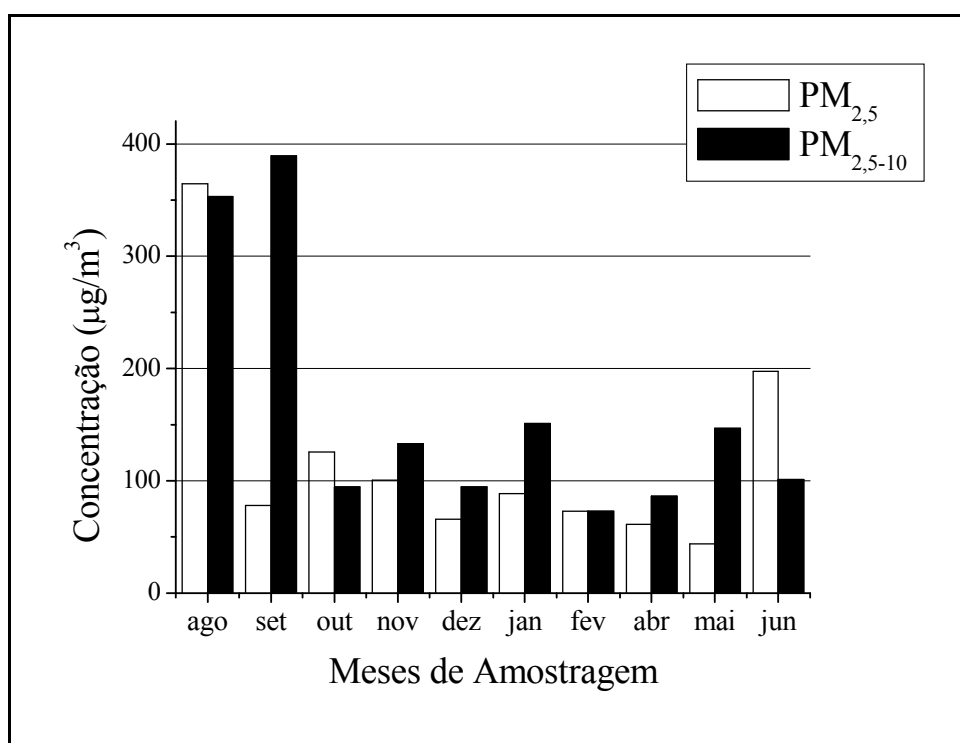
Na Biblioteca da UFSCar também foram encontrados resultados altos e bastante variáveis de desvio padrão. Este acontecimento seria mais provável nesta biblioteca, pois existem vários pisos (piso 1, 2, 3, 4 e 5), pessoas transitando e locais de diferentes tipos de acontecimentos: piso como por exemplo: piso que contém livros velhos, jornais e revistas; piso que contém mesas de estudo; piso com máquinas fotocopiadoras e computadores; piso com locais destinados aos funcionários, piso com locais para crianças, piso referente à entrada e a saída da biblioteca, entre outros.

Nos meses de agosto e setembro de 2005 foram encontradas as maiores concentrações de material particulado  $PM_{2,5-10}$  apresentando valores médios de 353,12 e 389,31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Também no mês de agosto de 2005 foi registrada a maior concentração de  $PM_{2,5-10}$  (1479,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

No mês de agosto de 2006 foi registrada uma elevada concentração de  $PM_{2,5}$  no valor igual a 364,60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Essa concentração de  $PM_{2,5}$  está três vezes acima do valor

recomendado pela legislação Canadense, que padronizou um valor de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , em 1 hora de monitoramento, para não haver danos a saúde das pessoas que freqüentam esse ambiente interno.

Os resultados das concentrações médias internas de  $\text{PM}_{2,5}$  e de  $\text{PM}_{2,5-10}$ , considerando todos os pisos monitorados da Biblioteca Federal de São Carlos – UFSCar, no período de amostragem de agosto de 2005 a junho de 2006, apresentados graficamente na **Figura 4.13**.

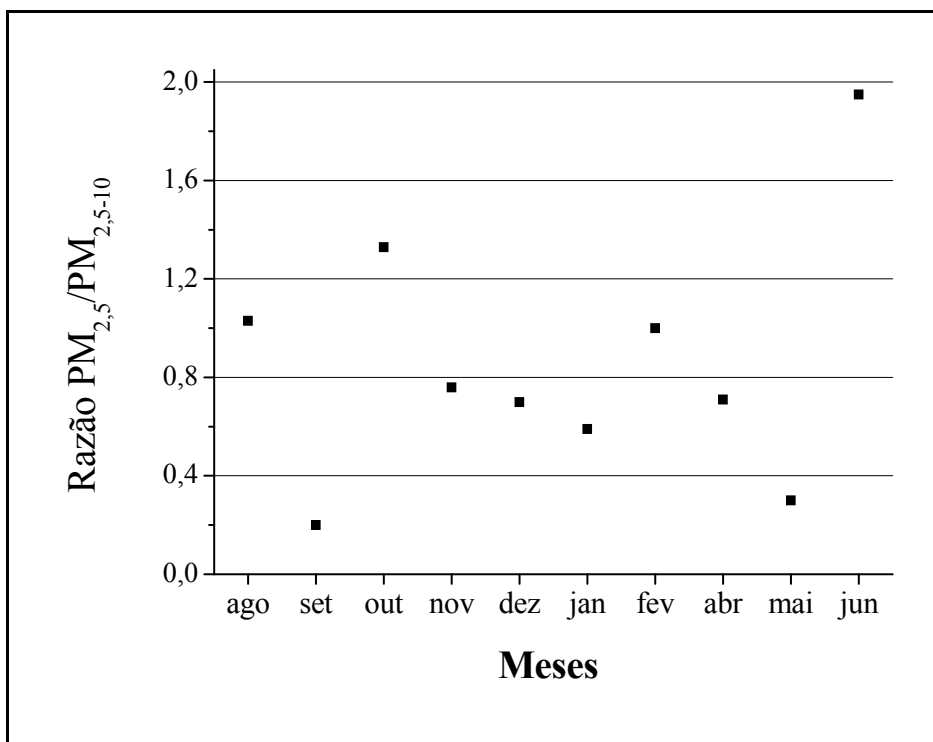


**Figura 4.13.** Concentração mássica de particulados  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_{2,5-10}$  na Biblioteca Federal de São Carlos, no período de ago/05 a jun/06.

Observa-se na **Figura 4.13** que os picos de concentração de particulados ocorreram nos meses de agosto e setembro de 2005, concordando com os níveis mais baixos de precipitação pluviométrica no ano encontrada na cidade de São Carlos pelo INMET.

Sabe-se que este período (agosto) é bastante seco na região de São Carlos, com temperaturas médias de 22°C, umidade relativa do ar entre 37% e período das queimadas de cana de açúcar, havendo maior concentração de particulados no ambiente externo, influenciando assim o ambiente interno desta biblioteca.

A **Figura 4.14** mostra a Razão de particulados  $PM_{2,5}$  por  $PM_{2,5-10}$ , na Biblioteca da UFSCar, em 1 ano de amostragem.



**Figura 4.14.** Razão de  $PM_{2,5}/PM_{2,5-10}$ , no período de ago/05 a jun/06.

Verifica-se nos experimentos mensais realizados na Biblioteca da UFSCar, que na maior parte dos meses a razão  $PM_{2,5}/PM_{2,5-10}$  esteve abaixo de 1. Por esses resultados pode-se dizer que existe uma maior concentração de particulados  $PM_{2,5-10}$  do que  $PM_{2,5}$ , havendo somente discordância em três meses do ano, em agosto/05, outubro/05 e junho/06.

Essa maior concentração de particulados  $PM_{2,5-10}$  no interior desta biblioteca comunitária está associada principalmente ao tráfego de pessoas, sabe-se que esta recebe cerca de 2000 visitantes e estudantes por dia, dentre as quatro bibliotecas investigadas esta é a mais freqüentada.

As concentrações médias anuais de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  e a relação interna pela externa (I/O) nos pisos 1, 2, 3, 4, 5, sala com ar-condicionado e no ambiente externo da Biblioteca da UFSCar apresentadas na **Tabela 4.4**.

**Tabela 4.4.** Relação I/O das concentrações médias anuais de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ , na Biblioteca da UFSCar.

Local de amostragem	$PM_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$PM_{2,5-10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	I/O $PM_{2,5}$	I/O $PM_{2,5-10}$
Piso 1	71,8	56,7	0,8	1,0
Piso 2	58,2	91,4	0,6	1,7
Piso 3	82,0	109,1	0,9	2,0
Piso 4	203,7	341,7	2,3	6,3
Piso 5	112,8	113,2	1,3	2,0
Sala com ar-condicionado	98,4	130,2	1,1	2,4
Ambiente externo	87,9	54,3	-	-

Nesta tabela nota-se que o piso 4 foi o que apresentou a maior concentração anual quando comparado aos outros pisos, com uma média de  $203 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de partículas  $PM_{2,5}$  e  $341 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{2,5-10}$ . A relação interna por externa (I/O) para  $PM_{2,5}$  foi igual a 2,3 e a relação I/O para  $PM_{2,5-10}$  obteve valor 6,3, concluindo que no piso 4 foram obtidas de 2 a 6 vezes mais concentrações de particulados no ambiente interno da biblioteca do que no exterior dela. Este piso 4 abriga estantes com revistas especializadas, revistas em geral, jornais e dicionários, esses papéis podem ser responsáveis pela geração concentrada de particulados  $PM_{2,5-10}$  e  $PM_{2,5}$ .

A sala com ar-condicionado, onde está o acervo Florestan Fernandes, obteve valores de  $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2,5}$  e  $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2,5-10}$ . Nesse ambiente as concentrações de particulados  $\text{PM}_{2,5-10}$  foram maiores do que as  $\text{PM}_{2,5}$ , essas concentrações provavelmente são originadas do sistema de ventilação ou de livros antigos localizados neste local. No mês de janeiro de 2006 o valor médio obtido para a concentração de particulado  $\text{PM}_{2,5}$  da sala com ar condicionado foi de  $130,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor este acima do permitido pela legislação canadense, para 1 hora de coleta.

Enfatizando que salas ambientadas com sistemas de climatização devem operar conforme a legislação do Ministério da Saúde, portaria nº 3.523/GM, de 28 de agosto de 1998, seguindo alguns cuidados como: manter limpos os componentes do sistema de climatização, verificar periodicamente as condições físicas dos filtros mantendo em condições de operação e promover a sua substituição quando necessária. Concluindo, que neste ambiente com sistema de ventilação foi encontrada em um mês uma alta concentração de material particulado  $\text{PM}_{2,5}$ , havendo então a necessidade de verificar a eficiência do ar-condicionado, prestando devida atenção aos filtros.

Segundo CARDOSO (1996), da Universidade Federal do Rio de Janeiro, “Os filtros de ar-condicionado detêm apenas as partículas mais grosseiras, como pedras ou pedaços de cimento, e não as mais finas, que ficam na bandeja de água ou continuam no ambiente”, “O ar seria melhor se viesse diretamente de fora, sem passar pelo ar-condicionado”.

Comparando as duas bibliotecas localizadas na cidade de São Carlos (Amadeu Amaral e UFSCar) nota-se que as maiores concentrações de material particulado foram encontradas nos meses de agosto, setembro e outubro, podendo ser

originadas do meio externo. Sabe-se que em São Carlos existe a chamada estação seca que vai de abril a outubro, meses que caracterizam o outono e o inverno. Este período apresenta clima seco, com muitos ventos e menor incidência de chuvas, além de diminuição na camada de inversão térmica, o que dificulta a limpeza do ar atmosférico promovendo assim concentrações mais elevadas de Material Particulado (BRUNO, 2005).

Existe também a semelhança ocorrida no mês de agosto quando as concentrações de  $PM_{2,5}$  estiveram altas em ambas as bibliotecas, essas podem ter origem do meio externo principalmente das queimadas de cana de açúcar que ocorreram neste período.

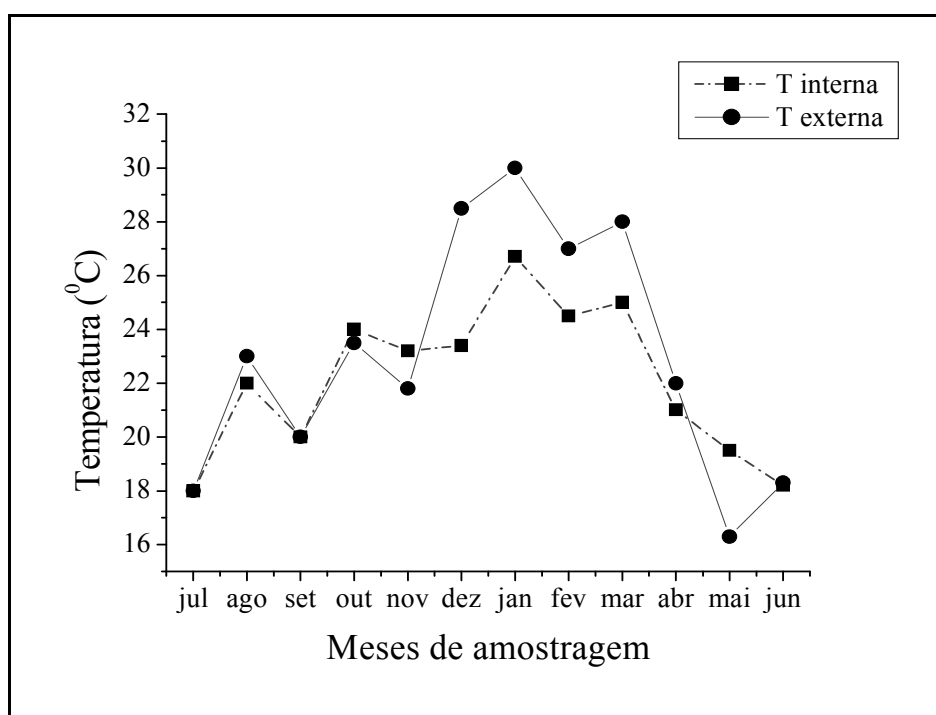
Realizando uma média anual dos valores das concentrações de particulados ( $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ ), incluindo todos os pisos, verificou-se que a Biblioteca Amadeu Amaral apresentou as maiores concentrações de particulados, quando comparada com a Biblioteca da UFSCar.

Esse resultado era de se esperar porque a Biblioteca Amadeu Amaral fica localizada no centro da cidade de São Carlos, local este com intensa movimentação de pessoas e veículos. Já a biblioteca Comunitária da UFSCar fica em um local afastado do centro da cidade, arborizado e essa vegetação pode estar servindo de barreira natural contra os particulados.

#### 4.4. Resultados da Biblioteca Conjunto das Químicas – USP

##### 4.4.1. Temperatura e Umidade Relativa

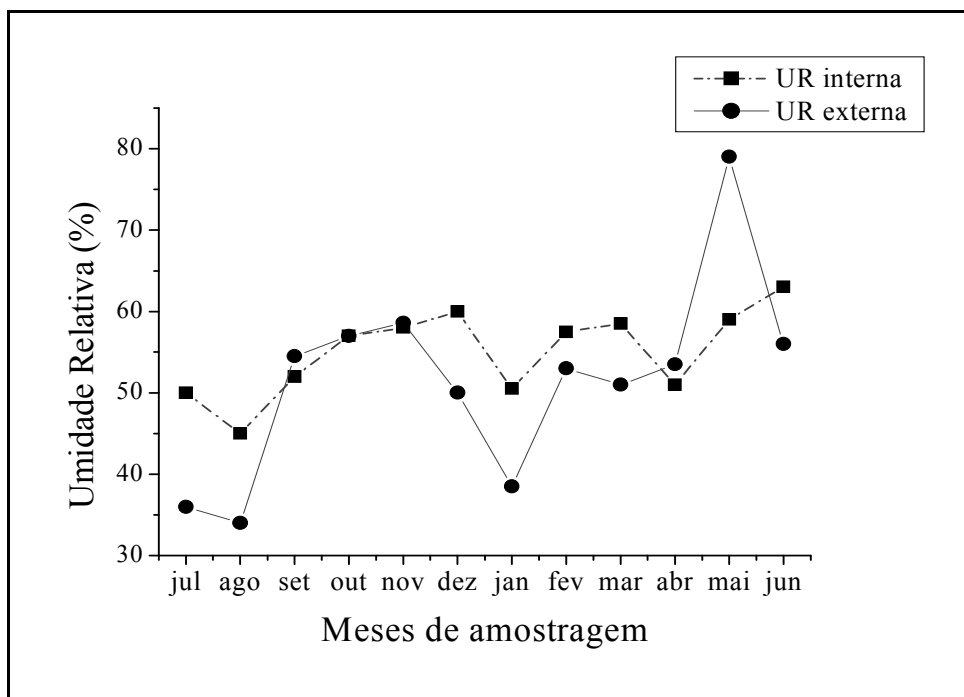
Nas **Figuras 4.15** e **4.16** são apresentados os valores de Temperatura (T) e Umidade Relativa (UR) encontrados no ambiente interno e externo da Biblioteca CQ – USP, no período de amostragem de julho de 2005 a junho de 2006.



**Figura 4.15.** Temperatura interna e externa da Biblioteca CQ – USP no período de amostragem, no período de jul/05 a jun/06.

Na Biblioteca CQ – USP as temperaturas interna mais altas foram encontradas nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2006, com valores iguais a 27, 24 e 25°C, e as menores temperaturas foram registradas nos meses de julho de 2005, maio e junho de 2006, com valores de 16 e 18 °C, respectivamente.





**Figura 4.16.** Umidade Relativa interna e externa na Biblioteca CQ – USP no período de amostragem, no período de jul/05 a jun/06.

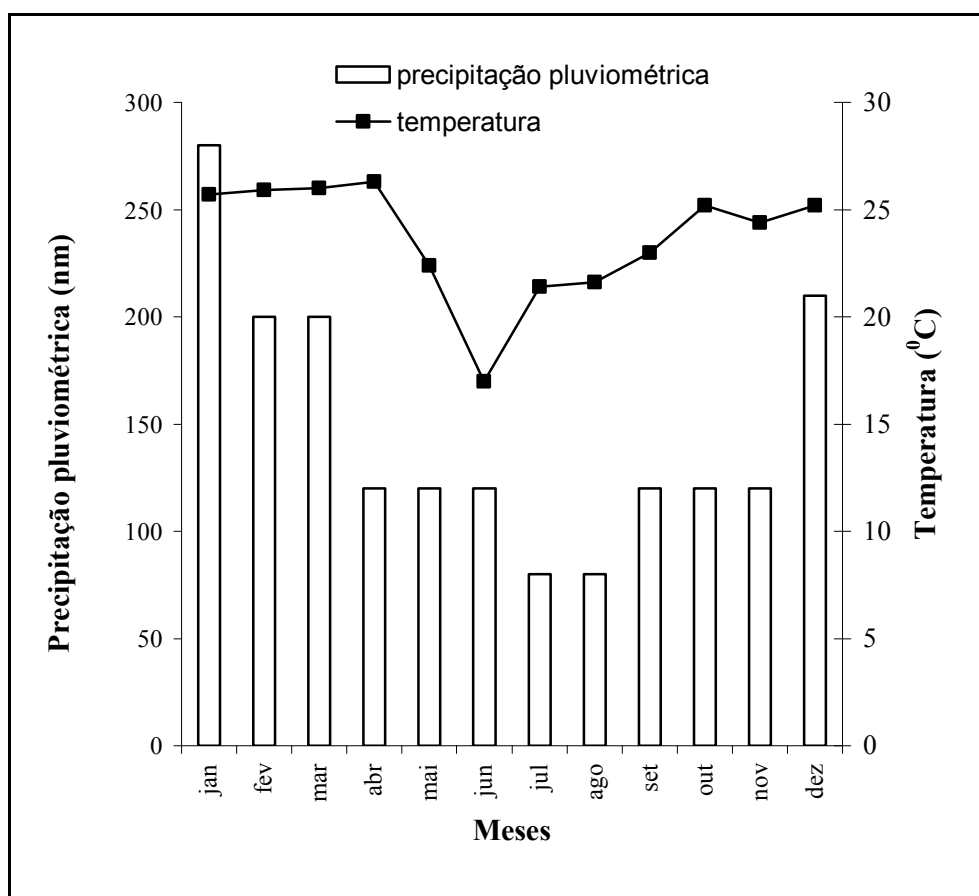
A umidade relativa esteve entre 45 e 63%, com média anual de 55%. No mês de junho foi registrada UR igual a 63%, que é um valor aceito para conforto humano quando se considera período de inverno, mas muito alto para preservação do acervo bibliográfico.

Nesta biblioteca existe uma variação na T e UR interna quando comparadas com a externa, a T externa é na maioria dos meses mais alta do que a interna em 1°C, e a UR média anual interna (55%) é maior que a externa (52%). Então, pode-se concluir que as paredes da Biblioteca CQ – USP estão conservando T mais baixas e UR mais altas que o ambiente externo.

Considerando a precipitação pluviométrica em São Paulo no ano de 2006 (INMET, 2006) e as temperaturas externas amostradas no monitoramento das bibliotecas, nota-se na

**Figura 4.17** que esses dois parâmetros acompanharam a mesma tendência.

Foi também observado que na Biblioteca CQ – USP há desumidificadores, porém a umidade relativa em seu interior foi bastante variável, obtendo em um mesmo piso valores totalmente diferentes com variação de até 20%. Por causa dessa umidade pode-se sentir um odor desagradável dentro da biblioteca e as paredes laterais no fundo do piso térreo se encontra com aspecto de mofo.

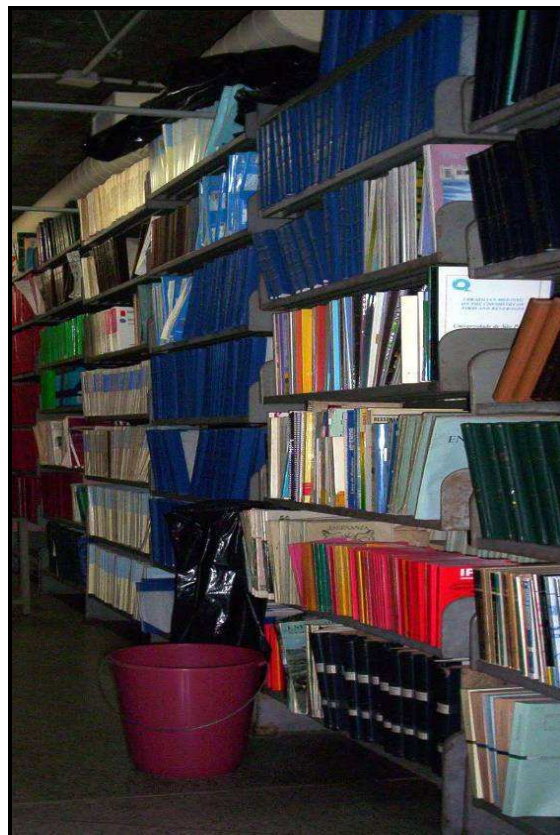


**Figura 4.17.** Precipitação pluviométrica na cidade de São Paulo, no ano de 2006 (INMET, 2006).

As **Figuras 4.18, 4.19 e 4.20** apresentam fotografias registradas no interior da Biblioteca Conjunto das Químicas – USP e as prováveis fontes de poluição originadas internamente.



**Figura 4.18.** Estantes de livros cobertas com plástico.



**Figura 4.19.** Estantes de livros cobertas com plástico e balde ao lado.



**Figura 4.20.** Vista do aparelho desumidificador na Biblioteca CQ – USP.

Nas **Figuras 4.18** a **4.20** foram mostradas as possíveis fontes originárias de poluição encontradas no interior da Biblioteca CQ – USP, as estantes de livros estavam protegidas com plásticos e baldes em possíveis locais de vazamento de água, nota-se que esses plásticos estavam embaixo do sistema de ar condicionado. Na biblioteca da USP utilizavam-se aparelhos desumidificadores, porém essa prática não era eficiente e as paredes internas apresentavam mofo.

Outra fonte de poluição dentro das bibliotecas é o uso de plantas em vaso úmidos que podem liberar partículas e fungos, conforme a fotografia da Biblioteca CQ – USP (**Figura 4.21**) onde foram encontrados esses vasos de plantas.



**Figura 4.21.** Vasos de plantas encontrados nas Bibliotecas CQ – USP.

No piso térreo desta biblioteca, onde estavam os vasos de plantas e as estantes cobertas com plástico, sempre apresentavam um odor forte e as paredes mostravam mofo aparentes, mesmo com a utilização de um aparelho desumidificador.

Na legislação da ANVISA, Re nº 9, de 2003, foi encontrada que uma das principais medidas de correção indicadas é: eliminar ou restringir vasos de plantas com cultivo em terra, ou substituir pelo cultivo em água (hidroponia) para controlar o crescimento abundante de fungos.

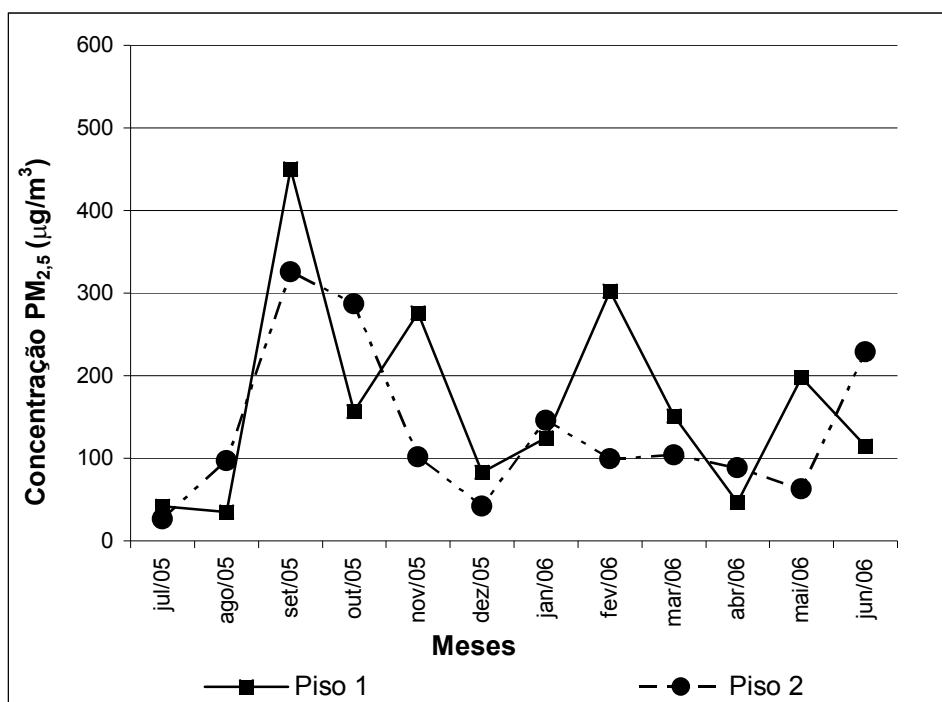
A arquiteta WALBE (2006), professora e pesquisadora da USP, alerta para que se evitem plantas em ambientes fechados, pois fungos e bactérias crescem sobre as folhas e na água que fica sob o vaso.

#### 4.4.2. Resultados das concentrações de $PM_{2,5}$ e $PM_{2,5-10}$

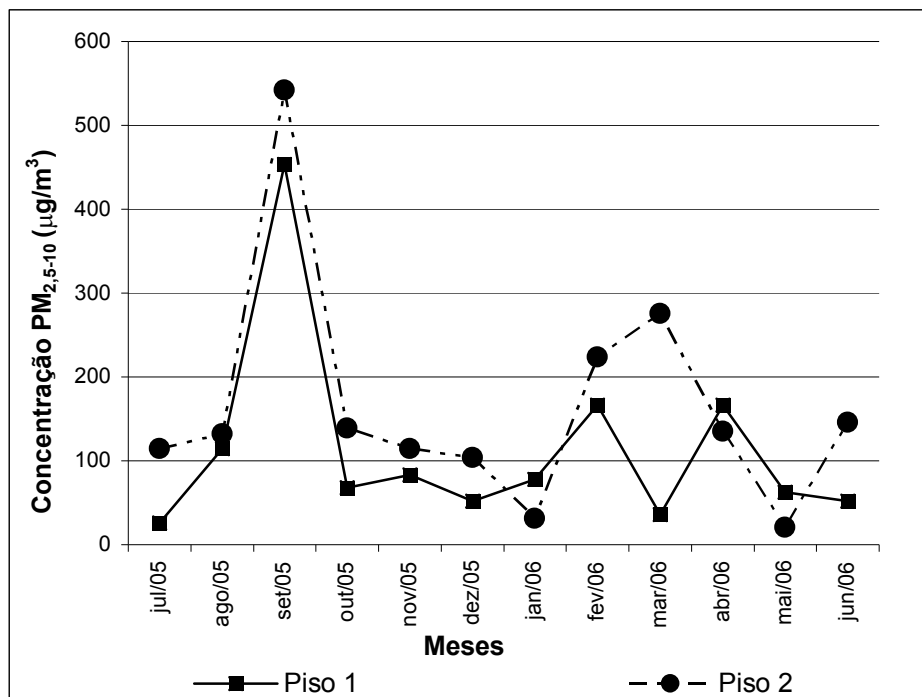
As **Figuras 4.22** e **4.23** apresentam as concentrações de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  medidas na Biblioteca Conjunto das Químicas CQ – USP, nos Pisos 1 e 2, durante o período de amostragem realizada nessa biblioteca.

Analisando a **Figura 4.22** com os valores de  $PM_{2,5}$  nos pisos 1 e 2, observa-se que as maiores variações de concentração nos pisos ocorreram nos meses de novembro de 2005 e fevereiro de 2006.

No mês de fevereiro foi encontrado um valor médio de  $302,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no piso 1 e  $98,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no piso 2, para a faixa  $PM_{2,5}$ . O piso 1 apresentou as maiores concentrações de particulados quando comparados ao piso 2, piso este onde se encontrava os vasos de plantas e as paredes mofadas com forte odor.



**Figura 4.22.** Concentração média de  $PM_{2,5}$  nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca CQ – USP.



**Figura 4.23.** Concentração média de  $PM_{2,5-10}$  nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca CQ – USP.

Para os valores  $PM_{2,5-10}$  as concentrações nos pisos seguiram a mesma tendência, porém somente no mês de março de 2006 que o piso 2 ( $275,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) obteve valor bem acima do piso 1 ( $36,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Notou-se que a média anual de pessoas que permanecem nas mesas de estudo do piso 2, por um período de 1 hora, é de 30 pessoas, fora as que freqüentam este local. Neste mês de março foi verificado que houve uma alta freqüência de pessoas neste piso e que as 26 mesas estavam sendo usadas por 68 pessoas no dia 21 de março de 2006. Os particulados mais grossos estão associados principalmente a ressuspensão de poeira causada por grande quantidade e circulação de pessoas.

Os valores médios mensais da concentração de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  obtidos, em todos os meses aqui monitorados, com o Amostrador de Pequenos Volumes (APV) na Biblioteca Conjunto das Químicas CQ – USP, no período de julho de 2005 a junho de 2006, os valores estatísticos, máximo e mínimo, e o desvio padrão, mostrados na **Tabela 4.5**.



**Tabela 4.5.** Valores de PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub>, no período de julho de 2005 a junho de 2006.

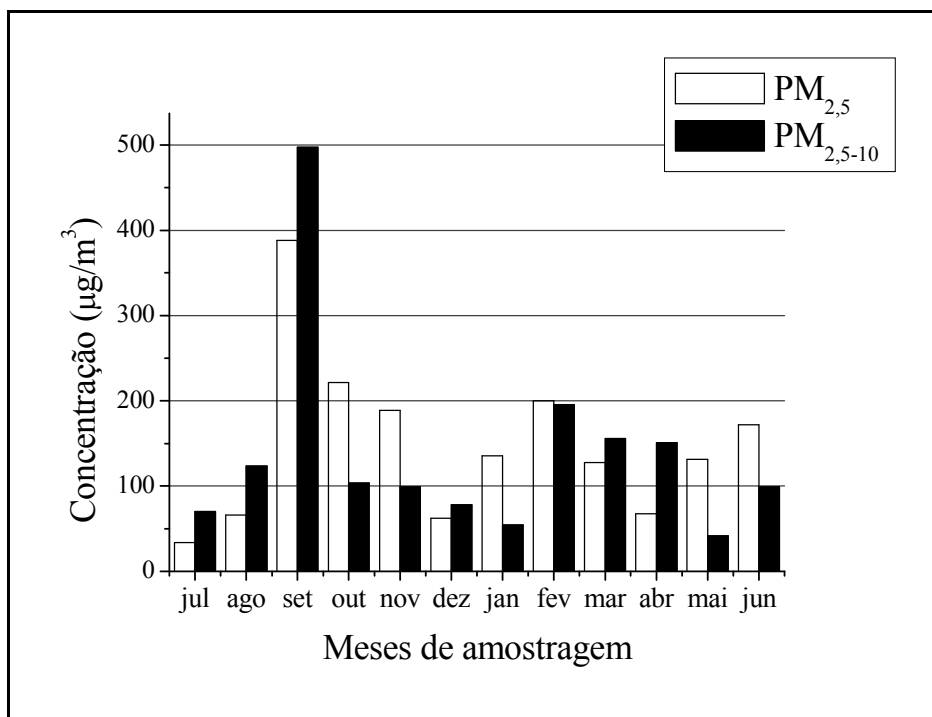
Meses	Média PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão	Média PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão
Jul/05	33,83	41,66	26,04	11,04	70,30	114,60	26,04	62,62
Ago/05	65,97	97,22	34,72	44,19	123,27	131,94	114,60	12,26
Set/05	388,00	450,52	325,52	88,40	497,30	541,67	453,12	62,61
Out/05	221,40	286,46	156,25	92,07	103,45	138,89	67,70	50,33
Nov/05	188,80	276,04	101,56	123,40	98,80	114,58	83,33	22,09
Dez/05	62,30	83,33	41,67	29,45	78,00	104,17	52,08	36,83
Jan/06	135,40	145,75	125,00	14,67	54,62	78,00	31,25	33,06
Fev/06	200,00	302,00	98,98	143,55	195,45	223,94	166,70	40,47
Mar/06	127,50	151,00	104,00	33,23	155,90	275,80	36,00	169,56
Abr/06	67,60	88,40	46,75	29,45	150,90	166,46	135,40	21,96
Mai/06	131,50	197,90	62,50	95,74	41,67	62,50	20,83	29,46
Jun/06	171,80	229,00	114,58	80,90	98,90	145,80	52,00	66,32

As maiores concentrações médias de PM<sub>2,5</sub> foram medidas no mês de setembro de 2005 (388,00 µg/m<sup>3</sup>), outubro de 2005 (221,40 µg/m<sup>3</sup>) e fevereiro de 2006 (200,00 µg/m<sup>3</sup>). Para as partículas PM<sub>2,5-10</sub> os meses de setembro de 2005 (497,30 µg/m<sup>3</sup>) e fevereiro de 2006 (195,45 µg/m<sup>3</sup>) apresentaram as mais elevadas concentrações médias.

Nota-se que o desvio padrão das concentrações de particulados nos meses sofre grande variação, porque os ambientes da mesma biblioteca possuem atividades diferenciadas, como por exemplo: quantidade de pessoas que freqüentam esses ambientes, livros, jornais, umidade, plantas, mesas e localização (andar térreo e andar superior).

A **Figura 4.24** mostra os valores de concentração média de particulados PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub>, obtidos em todos os pisos monitorados no interior da Biblioteca Conjunto das Químicas CQ – USP, em 1 ano de coleta, no período de julho de 2005 até junho de 2006.



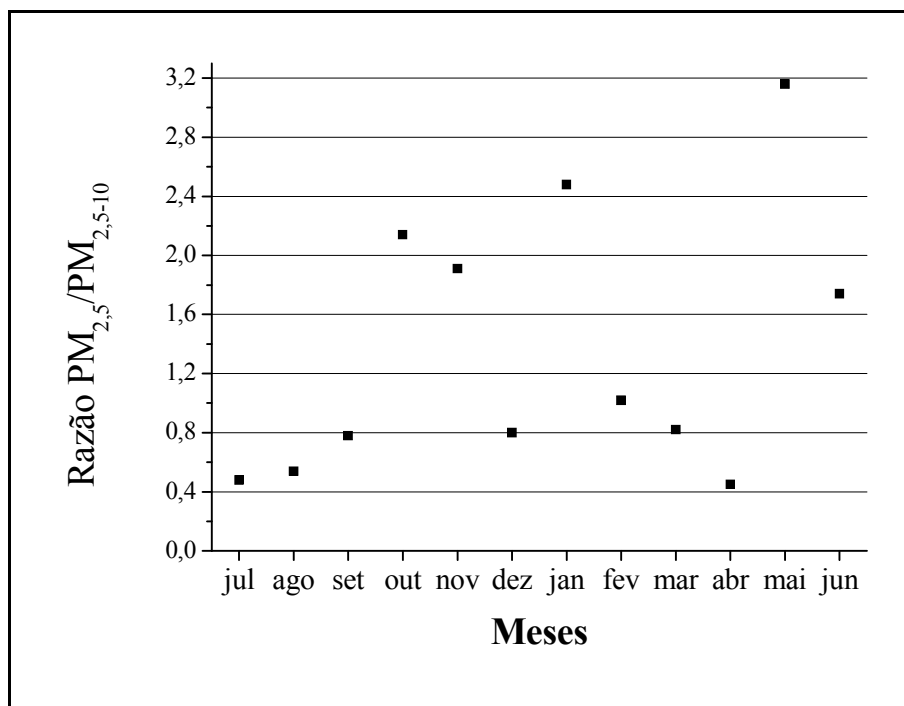


**Figura 4.24.** Concentração mássica de particulados PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub> na Biblioteca CQ – USP, no período de jul/05 a jun/06.

Verifica-se, que no mês de setembro as concentrações tanto de PM<sub>2,5</sub> como de PM<sub>2,5-10</sub> foram bem mais elevadas do que a dos outros meses de monitoramento. Foi observado que no dia 13 de setembro de 2005, no horário das amostragens, havia uma pessoa pintando parede e porta do piso 1, e neste dia foram registradas as maiores concentrações de particulados com valores de 450,52 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>2,5</sub>) e 541,67 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>2,5-10</sub>), dados registrados no piso 1.

Diversos estudos relacionados com efeitos da poluição na saúde mostram que a exposição ao particulado fino (PM<sub>2,5</sub>) pode causar mortes prematuras e diversos problemas respiratórios, porque correspondem à fração que atinge as vias respiratórias inferiores (nível alveolar), e nestas não há mecanismos eficientes de expulsão destes poluentes (Castanho, 1999).

A **Figura 4.25** apresenta a Razão de particulados  $PM_{2,5}/PM_{2,5-10}$  em 1 ano de amostragem na Biblioteca Conjunto das Químicas CQ – USP.



**Figura 4.25.** Razão de  $PM_{2,5}$  por  $PM_{2,5-10}$ , no período de jul/05 a jun/06.

Observando a **Figura 4.25** nota-se que nesta Biblioteca (CQ-USP) em 6 meses as partículas de  $PM_{2,5}$  tiveram concentrações maiores que as de  $PM_{2,5-10}$  e que nos outros 5 meses as concentrações de partículas de  $PM_{2,5-10}$  foram maiores que as de  $PM_{2,5}$ . Portanto, não houve uma tendência durante o período anual de coleta, como verificado nas bibliotecas monitoradas em São Carlos.

A **Tabela 4.6** apresenta os valores das concentrações médias anuais de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  pelo local de amostragem, pisos 1, 2, e exterior da Biblioteca CQ – USP e a relação de particulados internos e externos (I/O).

**Tabela 4.6.** Relação I/O das concentrações médias anuais de PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub>.

Local de amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	165,0	113,2	1,7	1,4
Piso 2	133,9	164,9	1,4	2,1
Ambiente externo	93,4	78,8	-	-

Nos pisos 1 e 2 da Biblioteca CQ – USP foi encontrada uma relação I/O sempre maior que 1, isso quer dizer que a quantidade de material particulado no ambiente interno desta biblioteca também foi maior no interior do que no exterior.

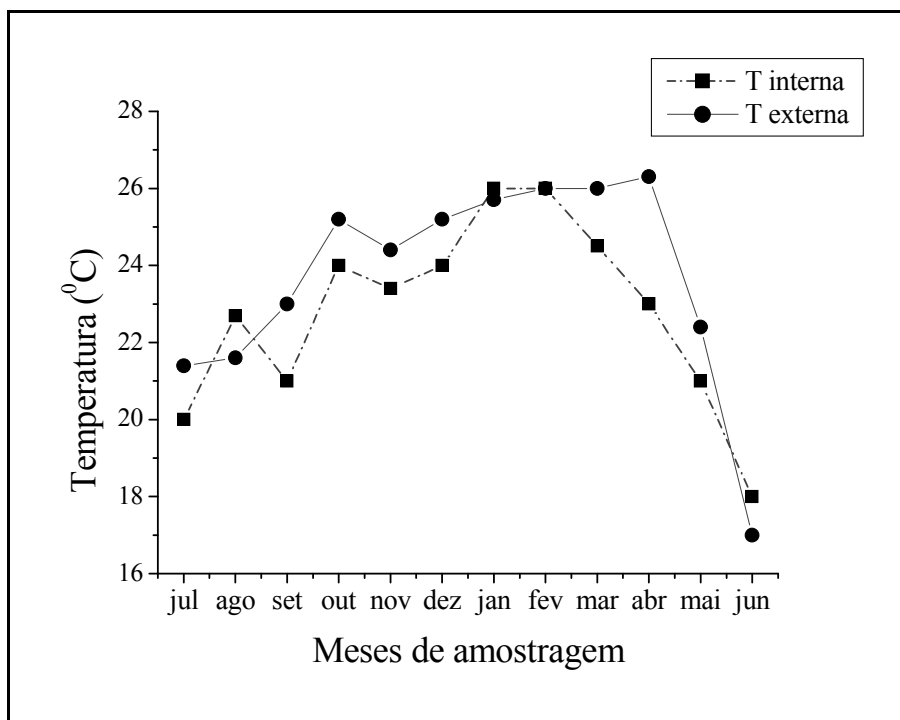
Os valores de particulados PM<sub>2,5</sub> nos dois pisos desta biblioteca esteve acima do valor recomendado pela legislação vigente no Canadá, determinando que a concentração não exceda 100 µg/m<sup>3</sup>, em 1 h de coleta.

No Piso 1 houve uma maior concentração de particulados na faixa PM<sub>2,5</sub>, diferentemente do Piso 2 que apresentou maiores valores de particulados PM<sub>2,5-10</sub>. Nesta Biblioteca CQ – USP ocorre uma diferença no número de pessoas que freqüentam cada piso, plantas e mofo encontrado no piso térreo e uma geração diferenciada de particulados por piso, contribuindo assim nessa contradição de concentrações observadas entre os pisos de um mesmo lugar.

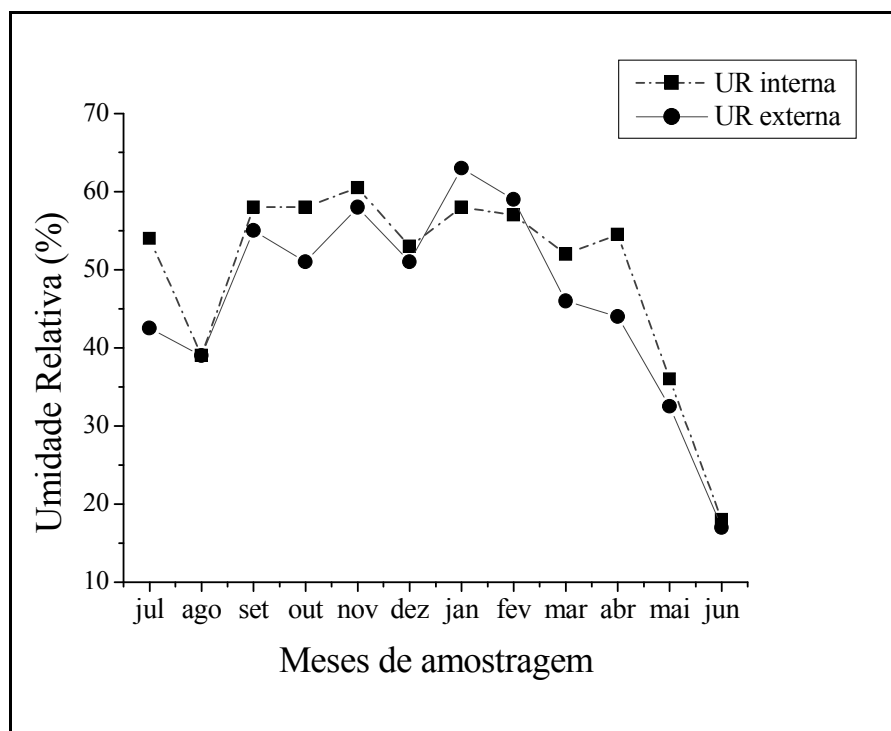
## **4.5. Resultados da Biblioteca Monteiro Lobato**

### **4.5.1. Temperatura e Umidade Relativa**

Em todo período dos experimentos realizado na Biblioteca Monteiro Lobato, junho de 2005 a julho de 2006, foi monitorado e registrado os dados de Temperatura (T) e Umidade Relativa (UR), como mostram as **Figuras 4.26 e 4.27**.



**Figura 4.26.** Temperatura interna e externa da Biblioteca Monteiro Lobato, no período de jul/05 a jun/06.



**Figura 4.27.** Umidade Relativa interna e externa na Biblioteca Monteiro Lobato, no período de jul/05 a jun/06.

Nesta Biblioteca Monteiro Lobato a temperatura variou de 18 até 26°C e a umidade relativa esteve entre 39 a 60%, com médias anuais de 23°C e 53%. Considerando a preservação do acervo a UR média está apropriada e a T média se encontra um pouco acima do valor recomendado entre 18 e 22 °C para conforto humano.

Nas **Figuras 4.26 e 4.27** nota-se que a T interna diminuiu em até 3°C da temperatura externa e a UR interna foi quase sempre maior que a externa com aumento de até 11 pontos percentuais.

#### **4.5.2. Resultados das concentrações de PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub>**

As **Figuras 4.28 e 4.29** apresentam as concentrações de PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub> medidas na Biblioteca Monteiro Lobato, nos Pisos 1 e 2, durante o período de amostragem realizada na área de estudo.

Nesta biblioteca os meses de maior variação de particulados PM<sub>2,5</sub> foram julho de 2005 e março de 2006. No mês de julho o piso 1 apresentou valor igual a 375,0 µg/m<sup>3</sup> e o piso 2 foi de 78,12 µg/m<sup>3</sup>, podendo dizer que o piso 1 não teve muita ventilação nesta época, período de frio o qual todas as janelas ficavam fechadas e assim não dispersavam seus poluentes. O piso 1 recebe muitas pessoas no mês de julho, em ocasião das férias escolares quando as pessoas aproveitam para ir a praça e conseqüentemente entram na biblioteca.

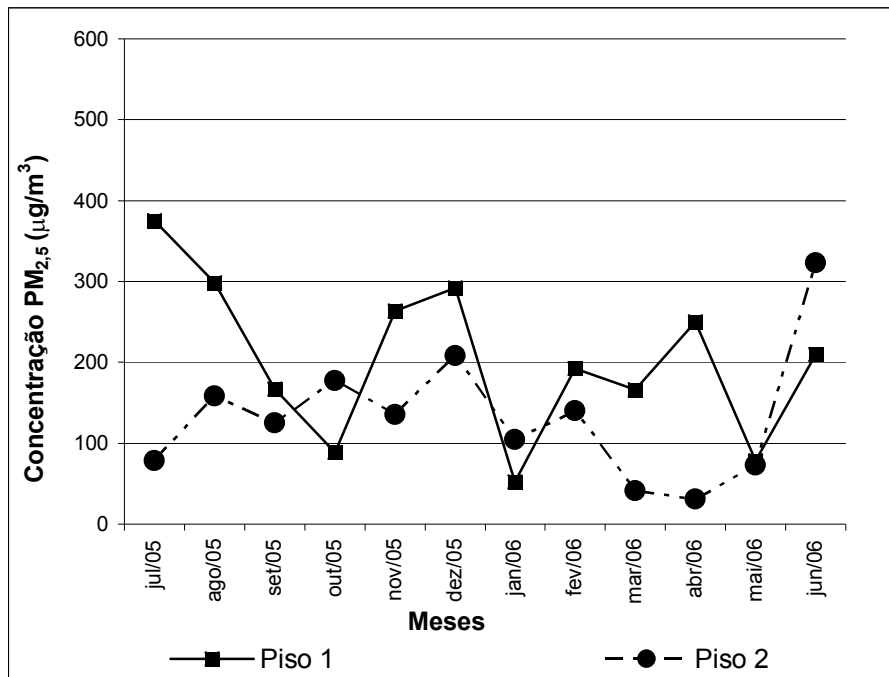


Figura 4.28. Concentração média de  $PM_{2,5}$  nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca Monteiro Lobato.

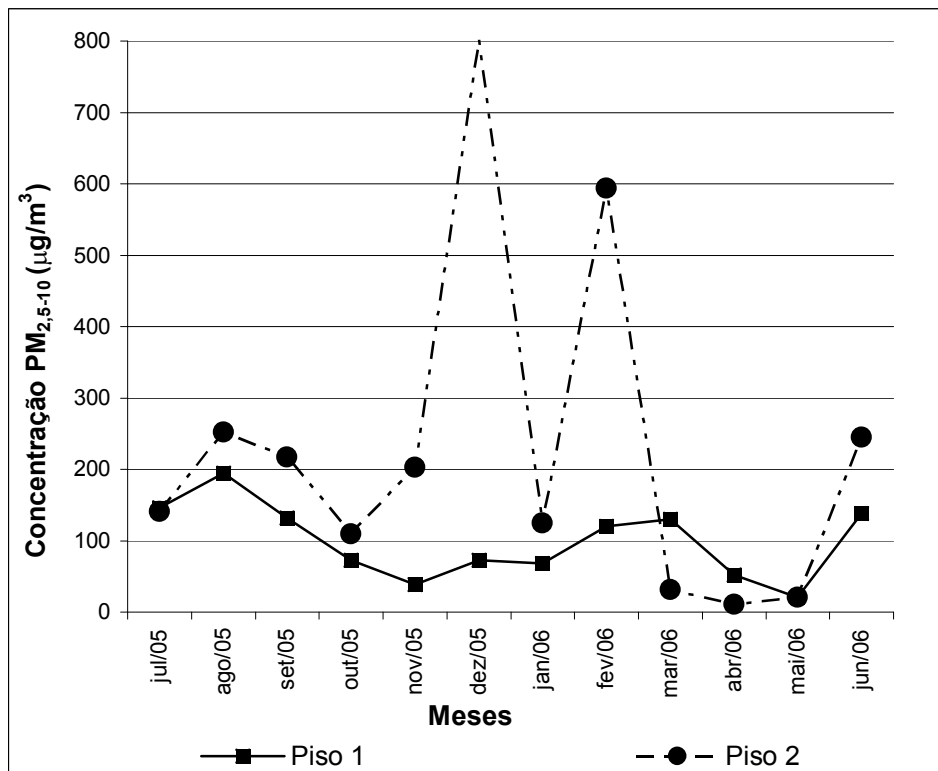


Figura 4.29. Concentração média de  $PM_{2,5-10}$  nos meses de amostragem nos pisos da Biblioteca Monteiro Lobato.

Nota-se na **Figura 4.29** que para os particulados  $PM_{2,5-10}$  houve uma tendência seguida nos meses, quando houve aumento de particulados no piso 1 o piso 2 também respondeu a isso. No entanto nos meses de dezembro de 2005 e fevereiro de 2006 ocorreram altíssimas variações nesta biblioteca. No mês de dezembro o piso 1 apresentou valores de  $72,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$  enquanto o piso 2 mostrou valores de  $802,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; e no mês de fevereiro no piso 1 foi medido um valor de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e no piso 2 igual a  $593 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Essa alta concentração medida no piso 2 ( $802,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pode estar associada a origens externas pela poluição veicular, aos livros velhos e a má ventilação neste local.

Os valores médio da concentração de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  obtidos em todos os pisos monitorados, com o Amostrador de Pequenos Volumes (APV) na Biblioteca Monteiro Lobato, no período de julho de 2005 a junho de 2006, os valores estatísticos, máximo e mínimo, e o desvio padrão, estão apresentados na **Tabela 4.7**.

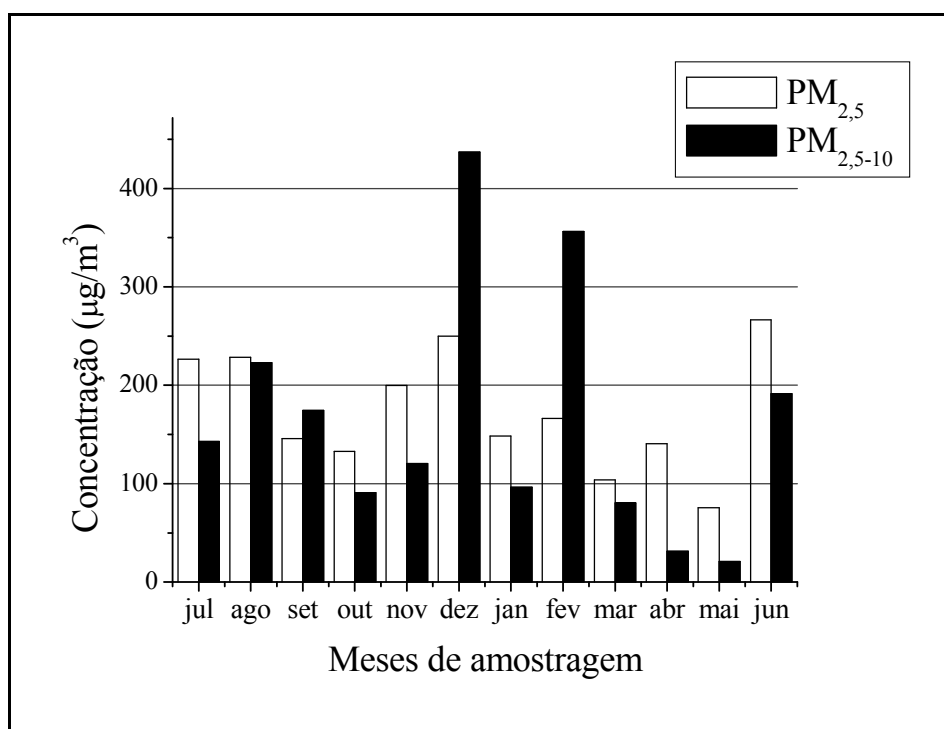
**Tabela 4.7.** Valores de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ , no período de julho de 2005 a junho de 2006.

Meses	Média $PM_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão	Média $PM_{2,5-10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão
Jul/05	226,56	375,00	78,12	209,92	143,22	145,83	140,62	3,68
Ago/05	228,47	298,61	158,33	99,19	223,26	252,08	194,44	40,75
Set/05	146,00	166,68	125,00	29,47	174,50	217,01	131,95	60,14
Out/05	132,77	177,08	88,54	62,60	91,00	109,37	72,91	25,78
Nov/05	199,70	263,89	135,42	90,84	120,67	203,13	38,20	116,62
Dez/05	249,80	291,70	208,33	58,95	437,00	802,00	72,92	515,53
Jan/06	148,45	104,20	52,00	36,91	96,50	125,00	68,00	40,30
Fev/06	166,35	192,70	140,00	37,26	356,50	593,50	120,00	334,81
Mar/06	104,00	166,50	41,50	88,38	80,50	130,00	31,00	70,00
Abr/06	140,60	250,00	31,25	154,67	31,21	52,00	10,42	29,40
Mai/06	75,50	78,10	72,90	3,67	20,83	20,83	20,83	0,00
Jun/06	266,50	323,00	210,00	79,90	191,50	245,00	138,00	75,66

Na Biblioteca Monteiro Lobato as maiores concentrações de particulados  $PM_{2,5-10}$  foram obtidas nos meses de dezembro de 2005 e fevereiro de 2006, com médias de  $437,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $356,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente.

Para a faixa de partículas  $PM_{2,5}$  as altas concentrações foram nos meses de dezembro/05 e junho/06 com valores de  $249,80$  e  $266,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A **Figura 4.30** apresenta graficamente as concentrações médias anuais de particulados nas faixas  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  encontradas na Biblioteca Monteiro Lobato nos meses de experimentos de julho de 2005 a junho de 2006.



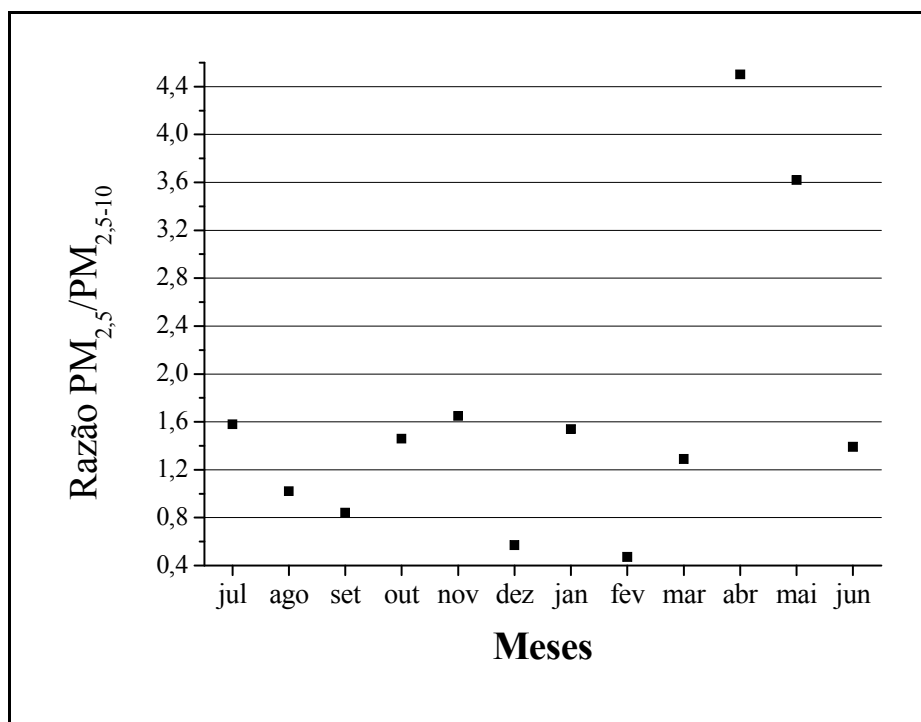
**Figura 4.30.** Concentrações médias anuais de particulados  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  na Biblioteca Monteiro Lobato, no período de jul/05 a jun/06.

Observando a **Figura 4.30** nota-se que esses resultados mostram que no período anual de amostragem, tirando o mês de maio de 2006, as concentrações de  $PM_{2,5}$  estiveram



acima do permitido pela legislação canadense que recomenda não exceder o valor de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , em 1 hora de amostragem.

A **Figura 4.31** mostra a razão de particulados nas faixas  $\text{PM}_{2,5}$  por  $\text{PM}_{2,5-10}$  na Biblioteca Monteiro Lobato, no período de julho de 2005 a junho de 2006.



**Figura 4.31.** Razão de  $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{2,5-10}$ , no período de jul/05 a jun/06.

Observa-se na **Figura 4.31** que nos experimentos realizados na Biblioteca Monteiro Lobato na maior parte dos meses encontrou-se razão  $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{2,5-10}$  maior que 1. Conclui-se que a concentração de particulados  $\text{PM}_{2,5}$  foi maior do que a faixa  $\text{PM}_{2,5-10}$ , somente discordando em três meses do ano (setembro/05, dezembro/05 e fevereiro/06).

Segundo CELLI (1999), a poluição por  $PM_{2,5}$  está associada principalmente a processos industriais, emissão veicular, transformações atmosféricas de  $NO_x$ ,  $SO_x$ , componentes orgânicos, processos de alta temperatura, fundições, entre outros.

Vale lembrar que esta Biblioteca está localizada no centro da cidade de São Paulo onde o trânsito é bastante intenso.

Como na Biblioteca CQ – USP foi encontrado também na Biblioteca Monteiro Lobato o uso de plantas no ambiente interno, **Figura 4.32**, e como foi dito anteriormente essa prática pode liberar partículas e fungos, não sendo recomendada pela legislação da ANVISA, Re n° 9, de 2003.



**Figura 4.32.** Biblioteca Monteiro Lobato e suas fontes originárias de poluição.

Neste local da Biblioteca Monteiro Lobato, onde estavam essas plantas observou-se um odor forte característico de mofo, o mesmo foi notado na Biblioteca Conjunto das Químicas – USP, no piso no qual foram encontrados os vasos de plantas.

A **Tabela 4.8** mostra os valores de concentrações médias anuais de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  pelos pisos 1, 2 e ambiente exterior da Biblioteca Monteiro Lobato e a relação de particulados internos e externos (I/O).

**Tabela 4.8.** Relação I/O das concentrações de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ .

Local de amostragem	$PM_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$PM_{2,5-10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	I/O $PM_{2,5}$	I/O $PM_{2,5-10}$
Piso 1	202,8	98,7	2,5	1,1
Piso 2	132,9	229,1	1,7	2,7
Ambiente externo	79	84,5	-	-

A relação I/O esteve entre 1,1 e 2,7 significando que a poluição interna por particulados na Biblioteca Monteiro Lobato é até quase três vezes maior no interior da biblioteca do que fora dela, para as faixas de partículas  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ .

Para a faixa de particulados  $PM_{10}$  observa-se que as concentrações são maiores no piso superior (piso 2 igual a  $362 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) seguindo a tendência encontrada na literatura e citada por BRICKUS, et al (1998).

Observando as duas Bibliotecas localizadas na cidade de São Paulo, nota-se que os maiores valores de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  foram encontrados na Biblioteca Monteiro Lobato, isso pode estar acontecendo porque esta está localizada no centro da capital, perto de grandes avenidas e tráfego bastante intenso.

A relação I/O na Biblioteca Monteiro Lobato está próximo de 3 para as duas faixas de partículas ( $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ ), e na Biblioteca CQ – USP foi obtido relação I/O próxima de 2 para os particulados  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ .

Verificando as faixas de particulados, da média anual das concentrações de particulados  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ , a Biblioteca Monteiro Lobato coincide com a Biblioteca CQ – USP, no qual o Piso 1 apresenta partículas  $PM_{2,5}$  em concentrações maiores e no Piso 2 os valores maiores foram encontrados para os particulados  $PM_{2,5-10}$ . Isso pode estar ocorrendo devido a diferença de atividades e pessoas encontradas em cada piso, afetando assim na disparidade de particulados nas duas faixas  $PM_{2,5-10}$  e  $PM_{2,5}$  observadas entre os pisos de uma mesma biblioteca.

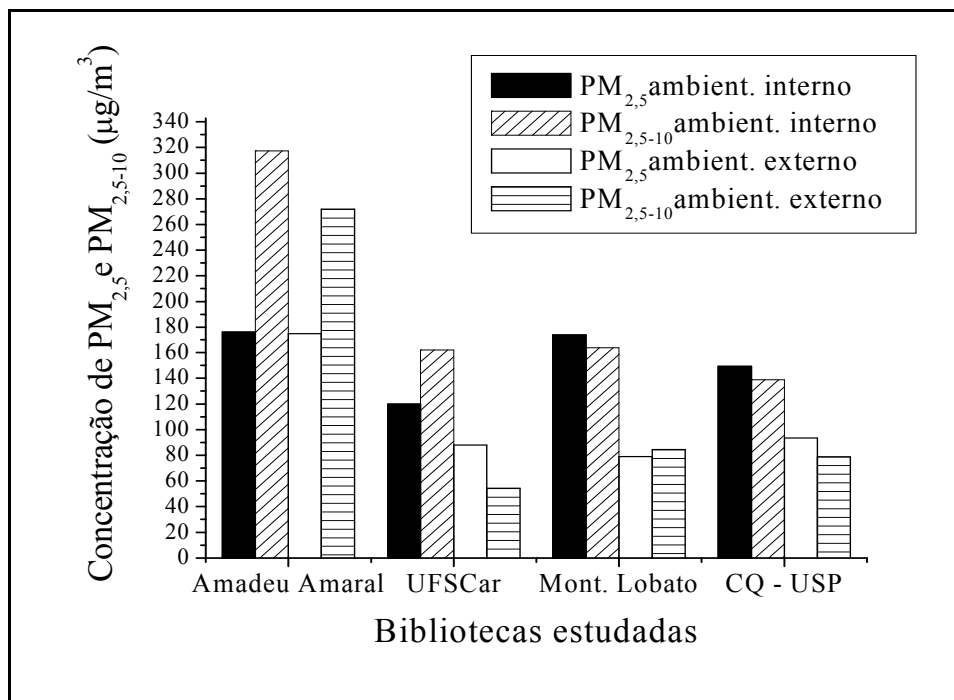
#### **4.6. Comparação dos Resultados das Bibliotecas Públicas**

Neste **item 4.6** será mostrado uma comparação dos valores de concentração média anual de particulados ( $PM_{2,5-10}$  e  $PM_{2,5}$ ) no ambiente interno e no ambiente externo, das Bibliotecas: Biblioteca Amadeu Amaral de São Carlos, Biblioteca Comunitária da UFSCar, Biblioteca Monteiro Lobato de São Paulo e Biblioteca Conjunto das Químicas CQ – USP de São Paulo. Esses dados foram obtidos pelo Amostrador de Pequenos Volumes, o monitoramento ocorreu uma vez por semana em cada biblioteca pelo período de 1 ano, entre julho de 2005 a junho de 2006.

A **Figura 4.33** apresenta os valores médios anuais da concentração de particulados internos e externos, na faixa  $PM_{2,5-10}$  e  $PM_{2,5}$ , para as quatro bibliotecas estudadas.

Na média anual das concentrações obtidas nas bibliotecas nota-se que os particulados  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  apresentaram concentrações maiores no ambiente interno do

que no exterior, somente a Biblioteca Amadeu Amaral que apresentou particulados  $PM_{2,5}$  interno (176,11  $\mu g/m^3$ ) próximo ao externo (174,9  $\mu g/m^3$ ).



**Figura 4.33.** Concentração média anual de particulados  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$  no ambiente interno e externo das Bibliotecas, no período de jul/05 a jun/06.

Analisando o ambiente interno, as Bibliotecas Amadeu Amaral e Monteiro Lobato são as que apresentaram maiores concentrações de particulados nas duas faixas de particulados,  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ . Estas concentrações altas podem ser explicadas porque ambas estão localizadas nos centros das cidades de São Carlos e São Paulo, onde existe um alto tráfego de veículos.

Nas Bibliotecas de São Paulo, Monteiro Lobato e CQ – USP, as concentrações internas de  $PM_{2,5}$  são maiores do que as concentrações internas de  $PM_{2,5-10}$ , característica de poluição por veículos e indústrias. Já nas Bibliotecas de São Carlos, Amadeu Amaral e Comunitária da UFSCar a faixa  $PM_{2,5-10}$  foi maior que a faixa  $PM_{2,5}$ , podendo ser atribuído

a ressuspensão do solo por grande circulação de pessoas, veículos e queimadas de cana de açúcar.

Fazendo uma média anual da relação I/O e analisando os maiores valores encontrados, foi registrado na Biblioteca Amadeu Amaral I/O próximo de 1 para os particulados  $PM_{2,5-10}$  e  $PM_{2,5}$ , na Biblioteca da UFSCar (piso 4) um fator I/O igual a 6,3 para a faixa  $PM_{2,5-10}$ , na Biblioteca Monteiro Lobato foi obtido um valor I/O de 2,5 para a faixa  $PM_{2,5}$  e na Biblioteca CQ – USP I/O igual a 2 para a faixa  $PM_{2,5-10}$ . Sintetizando, pode-se dizer que na Biblioteca Comunitária da UFSCar foram encontradas 6,3 vezes mais particulados  $PM_{2,5-10}$  no ar interior do que no exterior do piso 4. Na Biblioteca Monteiro Lobato tiveram 2,5 vezes mais particulados  $PM_{2,5}$  no ambiente interno do que no ambiente externo. Já na Biblioteca CQ – USP foram encontradas 2 vezes mais particulados  $PM_{2,5-10}$  no interior da biblioteca.

Conclui-se que as pessoas que ficam dentro destas bibliotecas, em um período anual, respiram de duas a seis vezes mais concentrações de particulados do que se estivessem em ambientes externos. As pessoas estão mais propensas a riscos de contaminação, problemas respiratórios, pulmonares, doenças de garganta, olhos e pele dentro de um ambiente interno de bibliotecas do que fora delas.

#### **4.7. Monitoramento de Gases**

Para o monitoramento de gases realizados na Biblioteca da UFSCar em São Carlos e na Biblioteca Conjunto das Químicas – USP em São Paulo, utilizou-se o amostrador de gases da Draeger CMS com chips. Cada chip tinha a função de determinar a concentração de um único tipo de gás e estes foram escolhidos seguindo a hipótese de estarem presentes

em ambientes internos de bibliotecas, sendo: cloro, amônia, dióxido de carbono, ozônio, benzeno, monóxido de carbono e tolueno.

Os chips podiam registrar a concentração nas seguintes faixas: cloro (0,2 a 10 ppm), amônia (2 a 50 ppm), dióxido de carbono (200 a 3000 ppm), ozônio (25 a 1000 ppb), benzeno (10 a 250 ppm), monóxido de carbono (5 a 150 ppm) e tolueno (10 a 300 ppm).

As análises contaram com 5 amostragens mensais no interior de cada biblioteca, nos meses de junho/05, setembro/05, dezembro/05, março/06 e julho/06. As concentrações médias dos meses são apresentadas na **Tabela 4.9**.

**Tabela 4.9.** Monitoramento de gases e suas concentrações médias no período de amostragem, no interior da Biblioteca da UFSCar e da CQ – USP.

Gases	Faixa de concentração	Concentrações medidas UFSCar	Concentrações medidas USP
cloro	0,2 a 10 ppm	< 0,2 ppm	< 0,2 ppm
amônia	2 a 50 ppm	< 2 ppm	< 2 ppm
dióxido de carbono	200 a 3000 ppm	820 ppm	600 ppm
ozônio	25 a 1000 ppb	< 25 ppb	< 25 ppb
benzeno	10 a 250 ppm	< 10 ppm	< 10 ppm
monóxido de carbono	5 a 150 ppm	< 5 ppm	< 5 ppm
tolueno	10 a 300 ppm	< 10 ppm	< 10 ppm

Na **Tabela 4.9** nota-se que o único gás que esteve presente nas Bibliotecas em concentração entre a faixa de concentração medida foi o dióxido de carbono. O dióxido de carbono apresentou um valor médio de 820 ppm no ar interior da biblioteca da UFSCar e 600 ppm na biblioteca da USP.

O CO<sub>2</sub> está dentro do valor permitido pela Recomendação Normativa ABRAVA, mas se este gás estivesse em concentrações entre 1500 ou 2000 ppm poderia causar sonolência e redução de produtividade. A *American Society of Heating, Refrigerating and*

*Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), 1989, recomenda até 1000 ppm de dióxido de carbono no ambiente interno.

Este monitoramento de gases foi realizado para os gases citados acima, sendo que somente o dióxido de carbono foi constatado no interior de bibliotecas. Então, essas análises serviram para ajudar na escolha de outros gases que poderão ser monitorados futuramente em outros trabalhos.

#### **4.8. Análises Químicas**

No período anual de monitoramento do ar interno das Bibliotecas de São Paulo (Monteiro Lobato e CQ-USP) e do interior (Amadeu Amaral e UFSCar) foram realizadas análises químicas.

As membranas amostradas com material particulado foram analisadas pelo método de Fluorescência de Raio-X (XRF) e os compostos químicos que poderiam ser encontrados, seriam: Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr e Pb.

As análises químicas de XRF em amostras com presença de particulados  $PM_{2,5-10}$  e  $PM_{2,5}$ , foram realizadas 1 vez por mês, no período de julho de 2005 a junho de 2006. Foram obtidas amostras dos ambientes internos e externos das quatro Bibliotecas Públicas, Amadeu Amaral, UFSCar, Monteiro Lobato e CQ-USP, **Anexo VII**.

Na maioria das amostras realizadas não houve a detecção (ND) de alguns elementos químicos que o método XRF pôde analisar, e em alguns meses não foi encontrado elemento algum.



Segundo CARDOSO (1996), que realizou um estudo em ambientes fechados no Brasil existe uma variedade de partículas dispersas no ar, como: alumínio, cobre, enxofre, cloro, potássio, sódio, silício, cálcio, ferro, zinco, arsênio e cinzas de madeira e carvão, em ambiente onde há lareira ou fornos expostos.

A **Tabela 4.10** mostra as concentrações dos compostos químicos encontrados no ambiente interno das Bibliotecas: Amadeu Amaral, UFSCar, CQ – USP e Monteiro Lobato, nos meses que foram registrados os elementos.

**Tabela 4.10.** Resultados das análises químicas nas membranas amostradas no interior das bibliotecas.

Bibliotecas	Elemento químico	Meses	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	Limite de detecção ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )
Amadeu Amaral	Fé	Ag/05	0,018	0,013467
	V	Set/05 e Mar/06	0,033/0,036	0,032169
	Sr	Dez/05	0,009	0,007318
	S	Out/05	0,09	0,064502
	Br	Mai/06	0,01	0,006635
	Ca	Jun/06	0,056	0,008438
UFSCar	Cl	Ag/05	0,083	0,033281
	K	Ag/05 e Jan/06	0,042/0,015	0,011835
	Ti	Ag/05 e Jun/06	0,02/0,013	0,008749
	Ca	Jun/06	0,13	0,008438
CQ – USP	Cu	Jul/05	0,008	0,007231
	Br	Jan/06	0,007	0,006635
	Rb	Mai/06	0,008	0,007145
Monteiro Lobato	Al	Ag/05	0,505	0,235204
	Ca	Mar/06, Mai/06 e Jun/06	0,014/0,02/0,019	0,008438
	Cu	Fev/06	0,008	0,007231
	Rb	Mar/06	0,01	0,007145
	Fe	Mai/06	0,022	0,013467

Observa-se na **Tabela 4.10** que no ar interior das Bibliotecas Amadeu Amaral e UFSCar, localizadas na cidade de São Carlos, foram encontradas concentrações de Cl, K, Ti, Fe, V, Sr, S, Br e Ca. No ar interior das bibliotecas de São Paulo, Monteiro Lobato e

Conjunto das Químicas – USP, foram encontrados os elementos químicos Al, Ca, Fe, Cu, Br e Rb.

Com os resultados das análises químicas realizadas no ar interior das bibliotecas Amadeu Amaral, UFSCar, Monteiro Lobato e CQ – USP (**Tabela 4.10**) e comparando perfis de fontes já estudadas anteriormente por outros autores encontrados na literatura, puderam-se analisar qualitativamente as possíveis fontes poluidoras destas bibliotecas.

O Ca, Ti e Fe são típicos traçadores de ressuspensão do solo e estão presentes no solo da cidade de São Carlos o qual está sendo carregado ao interior das bibliotecas por transição de pessoas e ventos. O Fe também pode estar relacionado com a queimada de cana de açúcar, esses dados também foram encontrados por BRUNO (2005) nos experimentos de análise do ar no ambiente externo desta cidade.

Segundo POZZA (2005), o potássio, o cloro e o enxofre são gerados de queima de vegetação rasteira da região de São Carlos. Os outros elementos restantes encontrados no ar interior das bibliotecas de São Carlos (V, Sr e Br) podem estar associados às indústrias ou a poluição gerada por materiais que estão dentro das bibliotecas (livros, revistas, produtos de limpeza, etc).

As maiores contribuições de material particulado na Biblioteca Amadeu Amaral foi pelos elementos K, Cl e S (36%), originados da queima de vegetação. Conclui-se que no ar interior da Biblioteca Amadeu Amaral a maior fonte de poluição por particulados foi por queima de vegetação, o qual possui forte influência da poluição de origem externa e pode ser justificado pela contribuição das cidades da região que é sustentada por canaviais: Araraquara, Ribeirão Preto, Piracicaba, etc.

A Sociedade Paulista de Pneumologia e Tisiologia – SPPT (2005), publicou na revista científica *Environmental Health Perspectives*, que 75% das partículas finas da região de Piracicaba provêm da queima da cana-de-açúcar.

No ar interior da Biblioteca Comunitária da UFSCar a maior fonte de poluição por particulados está apresentada pelos elementos Ca e Ti (54%), gerados pela ressuspensão do solo, podendo ser originado do ambiente externo, ou do próprio particulado gerado dentro da biblioteca. Em seguida com 46%, está a queima da vegetação (K e Cl), também por influência do meio externo e pela contribuição das cidades da região que possuem canaviais.

Fica claro que o ar interno das duas bibliotecas localizadas na cidade de São Carlos possui influência do meio externo e estão tendo como possíveis fontes de poluição a queima da vegetação (queima de cana de açúcar) e a ressuspensão de poeira do solo.

Em todas as bibliotecas existe a utilização em menor ou maior escala de plantas no ambiente interno e sobre isso ARTAXO, citado por POZZA (2005), diz que além da emissão de pólenes e esporos, pode haver abrasão das folhas pela ação do vento, e a transpiração das plantas pode lançar na atmosfera partículas contendo K e Ca.

Em um trabalho realizado no ar externo da cidade de Campinas, AMORIM et al. (2005), analisaram que os elementos Al, Si, Ti e Fe estão associados à ressuspensão do solo, S é originado na atmosfera pela reação de SO<sub>2</sub> e compostos orgânicos voláteis, os quais são emitidos por atividades de combustão e emissões fugitivas, e os compostos K e P são de processos industriais.

Segundo CASTANHO (1999) que pesquisou sobre material particulado no ar da cidade de São Paulo, o alumínio, o cálcio e o ferro são elementos característicos de poeira de solo, ressuspensão do solo.

ALONSO et al. (1997), MIRANDA et al. (2002) e CASTANHO (2001) citaram que 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 material particulado.

Os outros componentes (Br e Rb) podem estar sendo gerados por indústrias ou no próprio ambiente interno das bibliotecas.

O bromo foi encontrado no ar interno da Biblioteca Amadeu Amaral (São Carlos) e na Biblioteca CQ-USP (São Paulo), sendo este elemento associado a produtos fotográficos, produtos para a purificação de águas, corantes, desinfetantes, inseticidas e outros.

No ar interior da Biblioteca CQ – USP os poluentes que estão representados em maior concentração foram os elementos Br e Rb (65%). A fonte de poluição por emissão veicular (Cu) está representada por 35 %, lembrando que esta biblioteca está localizada próxima da Marginal Pinheiros, com alto tráfego de veículos.

Segundo a CETESB (2005) a cidade de São Paulo possui uma frota de aproximadamente 7,4 milhões de veículos, frota esta que representa 1/5 do total nacional e de acordo com as estimativas de 2005, essas fontes de poluição são responsáveis pela emissão de 28 mil t/ano de material particulado total (MPT), sendo o MPT representado por 40% da poluição veicular.

Na Biblioteca Monteiro Lobato a maior fonte originária de particulados foi por ressuspensão de solo, representada pelos elementos Ca e Al (97 %), podendo ser influência

do ar externo que carrega as partículas para o interior da biblioteca e também parte dela pode ser gerada na própria biblioteca, por trânsito de pessoas, livros, revistas, sistema de ventilação ruim, etc.

Nessas duas bibliotecas de São Paulo houve diferenças nas fontes originárias de poluição interna, porém foi encontrado Rb no ar ambiente de ambas, esse componente deve estar associado a alguma atividade ligada a essa cidade.

A **Tabela 4.11** mostra as concentrações dos compostos químicos encontrados no ambiente externo das bibliotecas, nos meses que foram registrados os elementos.

**Tabela 4.11.** Resultados das análises químicas nas membranas amostradas no exterior das bibliotecas.

Bibliotecas	Elemento químico	Meses	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	Limite de detecção ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )
Amadeu Amaral	Br	Jan e Mar/06	0,007/0,008	0,006635
UFSCar	Sr	Jan/06	0,008	0,007318
	Fé	Fev e Jun/06	0,015/0,014	0,011835
	Ca	Jun/06	0,012	0,008438
CQ-USP	Br	Out/06	0,007	0,006635
	V	Mai e Jun/06	0,032/0,043	0,032169
Monteiro Lobato	Ca	Jan, Abr e Jun/06	0,018/0,018/0,012	0,008438
	Fé	Abr/06	0,022	0,013467

Analisando os compostos químicos no ar ambiente externo observa-se que o bromo, o cálcio e o ferro estiveram presentes tanto na cidade de São Carlos como em São Paulo. Lembrando que os elementos Ca e Fe estão associados principalmente a ressuspensão do solo. O bromo é empregado na fabricação de produtos de pulverização, agentes não inflamáveis, produtos para a purificação de águas, corantes, brometos empregados em fotografia (brometo de prata, AgBr), desinfetantes, inseticidas e outros.

Realizando uma comparação qualitativa sobre as possíveis fontes originárias de poluição no interior das quatro bibliotecas estudadas, conclui-se que as duas bibliotecas do interior de São Paulo estão fortemente influenciadas pela queima da vegetação (cana de açúcar) e ressuspensão do solo, já as duas bibliotecas da capital sofrem influência de veículos e ressuspensão do solo. A grande diferença nas fontes originárias de poluição interna nas bibliotecas da capital e interior de São Paulo foi à queima de vegetação. Pois, na região de São Carlos a atividade econômica que predomina são as plantações de cana-de-açúcar que libera em certos períodos do ano particulados gerados da queima da cana de açúcar.

## 5. CONCLUSÕES

Pelo trabalho realizado de monitoramento da qualidade do ar em ambientes internos das bibliotecas públicas: Amadeu Amaral, UFSCar, Monteiro Lobato e CQ – USP, localizadas na cidade de São Carlos e São Paulo. Verificando as concentrações de particulados nas faixas  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ , e analisando alguns gases e elementos químicos presentes nos ambientes internos das bibliotecas, conclui-se:

- Em todas as bibliotecas estudadas a concentração de particulados foi maior no ambiente interno do que no externo;
- A média anual das concentrações de particulados na faixa  $PM_{2,5}$  para todas as bibliotecas apresentaram valores maiores do que o permitido pela legislação canadense;
- Nas bibliotecas de São Paulo, Monteiro Lobato e CQ – USP, as concentrações internas de  $PM_{2,5}$  foram maiores do que as  $PM_{2,5-10}$ , influência da poluição por veículos e indústrias. Já nas bibliotecas de São Carlos, Amadeu Amaral e UFSCar a faixa  $PM_{2,5-10}$  foi maior que a  $PM_{2,5}$ , podendo ser atribuído a ressuspensão do solo por grande transição de pessoas, veículos e queimadas de cana de açúcar;
- Na Biblioteca da UFSCar foi encontrado no ar ambiente interno 2 vezes mais particulado  $PM_{2,5}$  e até 6 vezes mais particulados  $PM_{2,5-10}$  no ar interior do que no ambiente externo;
- Na Biblioteca Monteiro Lobato houve até 2,7 vezes mais particulado no ambiente interno do que no externo, para as duas faixas de material particulado;
- Nas Bibliotecas Amadeu Amaral e CQ – USP, encontrou-se até 2 vezes mais particulados no ambiente interno do que no externo;

- As Bibliotecas Amadeu Amaral e Monteiro Lobato são as que apresentaram maiores concentrações de particulados nas duas faixas,  $PM_{2,5}$  e  $PM_{2,5-10}$ . Estas concentrações altas podem ser explicadas porque ambas estão localizadas nos centros das cidades de São Carlos e São Paulo, onde existe um alto tráfego de veículos;
- Dentre os gases estudados o dióxido de carbono foi o único gás que esteve presente nas Bibliotecas em concentrações entre a faixa determinada do aparelho, sendo que este gás apresentou valores permitidos pela ABRAVA;
- Na análise química realizada no ar destas Bibliotecas foram encontrados os compostos químicos: Cl, K, Ti, Fe, V, Sr, S, Br, Ca, Al, Cu e Rb. Esses elementos são provenientes de ressuspensão do solo, queimadas, veículos e partículas originadas do próprio ambiente interno das bibliotecas;
- A grande diferença nas fontes originárias de poluição interna das bibliotecas da capital e interior de São Paulo foi à queima de vegetação. Pois, na região de São Carlos a atividade econômica que predomina são as plantações de cana de açúcar que libera em certos períodos do ano particulados gerados da queima da cana de açúcar.



## 6. SUGESTÕES

- Fica proposto neste estudo que futuramente haja uma avaliação microbiológica para ser analisada a quantidade de fungos e bactérias presentes no ar interno de bibliotecas, e como essas podem prejudicar na qualidade do ar e na saúde de seus ocupantes;
- Propõem-se realizar monitoramentos do ar interior com tempos de coletas de 8 horas e 24 horas;
- Este estudo também propõe que seja feita uma avaliação nas bibliotecas estudadas para implantar um sistema apropriado de ventilação do ar, visando melhorar a qualidade do ar tanto para a preservação do acervo bibliográfico como para a saúde dos frequentadores;
- Futuramente poderia ser ampliado esse monitoramento de particulados em ambientes internos e assim realizar amostragens em locais diversificados, como: sala de aulas, laboratórios, ônibus, e moradias. Essa análise experimental em vários ambientes internos resultaria em um amplo trabalho comparativo desses diversos locais amostrados, tipos de particulados gerados, concentrações, etc.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Orientação Técnica Elaborada por grupo técnico assessor sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo**. Re n 09, 16 janeiro 2002.

Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento (ABRAVA). **Sistemas de Condicionamento de Ar e Ventilação para Conforto**, RENABRAVA II:– 1º edição, Abril 2000.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Tradução: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais -TLVs e BEIs: **Limites de exposição para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição**. São Paulo, p. 219, 2003.

ALMEIDA, I. T. **A Poluição atmosférica por Material Particulado na Mineração a Céu Aberto**. 1999. Dissertação (mestrado em engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

ALONSO, C.D., MARTINS M.H.R.B., ROMANO, J, GODINHO, R., 1997, **São Paulo Aerosol Characterization Study**, Journal of the Air & Waste Management Association, v. 47, p. 1297-1300.

AMORIM, W. B., et al. **Evaluation of inhaleable particulate matter (PM<sub>10</sub>) in the atmosphere of Paulínia-Brazil**. ENPROMER, 2005.

ASSUNÇÃO, J. V. **Importância da Ventilação no Controle da Síndrome dos Edifícios Doentes**. IV encontro Brasileiro de Higienistas Ocupacionais, São Paulo, 19 a 22 de agosto 1997.

ASSUNÇÃO, J. V. **Curso de Gestão Ambiental**. Editora Manole, Cap. 4, São Paulo, 2004.

BAIRD COLIN. **Química ambiental**. Bookman Companhia Editora, 2ª edição, São Paulo, 2000.

BELLANTE M. G., et al. **Valutazione Della qualità dell'aria nelle biblioteche universitarie. Risultati di uno Studio pilota.** La Riforma Medica. Atti Convegno Healthy Indoor Air, 1994, v. 109, p. 67-72.

BELLANTE M. G., et al. **Indagine sulla qualità dell'aria in una biblioteca universitaria di Roma.** Ann Ig, 1996, v. 8, p. 47-54.

BERGLUND B., LINDWALL T.. **Assessment of discomfort and irritation from the indoor air.** In: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers editors. Indoor Air Quality 1986, Managing indoor air for health and energy conservation. Atlanta, 1986, p. 138-149.

BERGLUND B. et al. **Air quality and symptoms in a sick library with a return-air ventilation system.** Clima 2000: air conditioning components and systems, v. III. 1989, Netherlands: Amersfoortvol, p. 13-118.

BERGLUND B. et al. **Variability in VOC-concentrations over time in a large building and their relation-ship with some characteristics of the indoor environment.** Finland, 1993. p. 21-26.

BRICKUS, L. S. R., et al. **Distributions of indoor and outdoor air pollutants in Rio de Janeiro, Brazil: Implications to indoor air quality in bayside offices.** Environmental Science Technology, v. 32, p. 3845-3490, 1998.

BRUNO, R. L. **Material Particulado Atmosférico na cidade de São Carlos – SP: Quantificação e Identificação das fontes.** 2005. Tese (doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, UFSCar.

CARDOSO, J. Casa do alérgico. Disponível em: <<http://www.casadoalergico.com.br>>. Acesso em: 4 agosto 2006.

CARVALHO, M. P. & CARVALHO, L. R. F. **Presença de compostos carbonílicos no ar em ambientes internos na cidade de São Paulo.** Química Nova, p. 1-19, São Paulo, 1999.

**CASTANHO, A. D. A. A determinação quantitativa de fontes de material particulado na atmosfera da cidade de São Paulo.** Dissertação mestrado, USP, 1999.

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

**CAVALCANTE, R. M., et al. Determinação dos níveis de formaldeído e acetaldeído no ar de ambientes internos.** III Congresso Interamericano de Qualidade do Ar, Canoas, R. S., 2002.

**CELLI, C. E. Monitoramento do Material Particulado Respirável Suspenso na Atmosfera no Centro da Cidade de São Carlos – SP.** 1999. Dissertação (mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de São Carlos, SP.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). **Relatório de Qualidade do ar no estado de São Paulo.** São Paulo, 2005.

**COSTA, M. F. Noções Básicas de Conservação Preventiva de Documentos.** Centro de Informação Científica e Tecnológica, Biblioteca de Manguinhos, Laboratório de Conservação Preventiva de Documentos, FIOCRUZ, Set. 2003.

**CRANDALL, M.S. et al. Library of Congress and US EPA indoor air quality and work environment study: environmental survey results.** Jaakkola J. Editor. Finland, 1993, p. 616-622.

**DIAPOULI, E. et al. Indoor and Outdoor PM Mass and Number Concentrations at Different Microenvironments in the Athens Basin, Greece.** Congress Health Building. v. II, p. 455-460, 2006.

**FANTUZZI, G. et al. Indoor Air Quality in the University Libraries of Modena.** The Science of the Total Environmental, v. 193, p. 49-56, 1996.

**GODISH, T. Indoor Air Pollution Control.** Lewis Publishers, CRC Press, Inc. 1989.

GODISH, T. **Air Quality**. CRC Press, Inc. 1997.

GOMES, M. J. M. **Ambiente e Pulmão**. Journal Pneumologia, p.261-269, 2002.

HINDS, W. C., 1998, **Aerosol Technology: properties, behavior and measurement airborne particles**. 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc. 483p.

HOPKE, P.K.; XIE, Y.; RAUNEMAA, P. et al.. **Characterization of the Gent Stacked Filter Unit PM<sub>10</sub> Sampler**. Aerosol Science and Technology, p. 727-733, 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Conforto humano**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 24 jan 2007.

KIM, Y.S. ET AL. **A study on Indoor Air Quality in Seoul Metropolitan Subway of Korea**. Congress Health Building. v. III, p. 293-297, 2006.

KULCSAR, Francisco. **Qualidade do ar em interiores**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Saúde Pública, 30/10/2003. *Slides*, Power point.

KWANGSAM, N., COCKER, D. R. **Organic and Elemental carbon concentrations in fine particulate matter in residences, schoolrooms, and outdoor air in Mira loma, Califórnia**. Atmospheric Environment, v. 39, p. 3325-3333, 2005.

LEE, S. C. et al. **Indoor and Outdoor air quality investigation at 14 public places in Hong Kong**. Environmental Internacional, v. 25, p. 443-450, 1998.

LI, W. et al. **Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong**. The Science of the Total Environment, v. 273, p. 27-40, 2001.

LIU, Y. et al. **Wintertime indoor air levels of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> at public places and their contributions to TSP**. Environment International, v. 30, p. 189-197, 2004.

LORA, E. E. S.. **Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte**. Editora Interciência, Segunda edição, Rio de Janeiro, 2002.

LUDIN L. **Symptom patterns and air quality in a sick library**. Jaakkola editor. Indoor air 1993, health effects, Finland, v. 1, p. 127.

MARQUES, K. A. **Caracterização do material particulado suspenso na atmosfera da cidade de São Carlos**. 2000. dissertação: mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal de São Carlos, UFSCar.

MICALI, O. et al. **La Qualità dell' aria interna nelle sale di lettura di una biblioteca**. Statale, Ann Ig, 1996, v. 8, p. 55-64.

Ministério da Saúde. Portaria nº3523/GM, de 28 de Agosto de 1998, **considerando a Qualidade do Ar de Interiores em Ambientes Climatizados**, DOU 166, Seção 1, p. 40-42, 1998.

MIRANDA, R.M., ANDRADE, M.F., 2002, **Characterization of aerosol particles in the São Paulo Metropolitan Area**, Atmospheric Environment, v. 36, p. 345-352.

NASRALLA, M. M. **Studies on Indoor Air Quality in Egypt**. Environmental International, v. 4, p. 469-473, 1980.

National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). **Manual of Analytical Methods – Development and Evolution of Methods**, USA, 1998.

NTT, Treinamento avançado. **Qualidade do ar interior**. 2005.

ONDEO NALCO: **Serviços especializados em qualidade do ar**. Disponível em: <<http://www.ondeonalcowatergy.com.br>>. Acesso em: Nov. 2003.

POZZA, S. A. **Identificação das Fontes de Poluição Atmosférica na Cidade de São Carlos – SP**. 2005. Dissertação (mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, UFSCar.

RIGHI, E. et al. **Air Quality and Well-being perception in subjects attending university libraries in Modena (Italy)**. The Science of the Total Environment, p. 41-50, v. 286, 2002.

SAMUDIO, M. J. et al. **A Detailed Indoor Air Study in a School of Porto**. Congress Health Building, v. III, p. 345-349, 2006.

SOCIEDADE PAULISTA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA (SPPT). **Queima da cana-de-açúcar é responsável por doenças respiratórias em crianças e idosos**. 2005. Disponível em: [http://www.sppt.org.br/v2/noticia\\_completa.php?id\\_noticia=108](http://www.sppt.org.br/v2/noticia_completa.php?id_noticia=108). Acesso em: 8 jan 2007.

TOFT, P., **Artigo – Ares Perigosos**. 2001. Disponível em: <http://www.tierramerica.net/2001/0325/particulo.Shtml>.

United States Environmental Protection Agency (USEPA). **Indoor air quality and Work environment Survey: EPA Headquarters Buildings**. v. 1, USA, 1987.

Universidade de São Paulo (USP), Laboratório de Poluição atmosférica. **Poluição do ar**. Folha de São Paulo, 18 agosto 2005.

VIEGAS, C. **Nem luxo, nem conforto mas uma questão de qualidade de vida**. Revista Mensal de saúde e segurança do trabalho, ano XVII, edição 152, Agosto 2004.

WALBE, S. **Casa do alérgico**. Disponível em: <http://www.casadoalergico.com.br>. Acesso em: 4 agosto 2006.

WIKIPEDIA. **Bibliotecas**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/>. Acesso em: abril 2004.

World Health Organization (WHO). **Air quality guidelines: Environmental health information, 1999.** Disponível em: <URL: [http://www.who.int/eniromental\\_information\\_air\\_guidelines/AQGUIDEPREF.HTM](http://www.who.int/eniromental_information_air_guidelines/AQGUIDEPREF.HTM)>

World Health Organization (WHO). **Indoor air quality: organic pollutants.** Berlin; 1987. (EURO Reports and studies 111).



## **ANEXO I**

**ANEXO I – Resolução Re nº 09, de 16 de janeiro de 2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária**

**NORMA TÉCNICA 004 – Qualidade do Ar Ambiental Interior: Método de Amostragem e Análise de Concentração de Aerodispersóides em Ambientes Interiores**

**OBJETIVO:** Pesquisa, monitoramento e controle de aerodispersóides totais em ambientes interiores climatizados.

**APLICABILIDADE:** Ambientes de interior climatizados, de uso coletivo, destinados a ocupações comuns (não especiais).

**MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO:** Poeira Total ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**MÉTODO DE AMOSTRAGEM:** Coleta de aerodispersóides por filtração (MB -3422 da ABNT).

**PERIODICIDADE:** Semestral.

**FICHA TÉCNICA DO AMOSTRADOR:**

Amostrador: Unidade de captação constituída por filtros de PVC, diâmetro de 37 mm e porosidade de 5 $\mu\text{m}$ de diâmetro de poro específico para poeira total a ser coletada; Suporte de filtro em disco de celulose; Portafiltro em plástico transparente com diâmetro de 37 mm.	
Aparelhagem: Bomba de amostragem, que mantenha ao longo do período de coleta, a vazão inicial de calibração com variação de 5%.	
Taxa de Vazão: 1,0 a 3,0 l/min, recomendado 2,0 l/min.	
Volume Mínimo: 50 l	
Volume Máximo: 400 l	
Tempo de Amostragem: relação entre o volume captado e a taxa de vazão utilizada	
Embalagem: Rotina	
Calibração: Em cada procedimento de coletas e operado com bombas diafragmáticas.	Exatidão: $\pm$ 5% do valor Medido

## **ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:**

• Definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, seguindo:

<b>Área construída (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Número mínimo de amostras</b>
Até 1.000	1
1.000 a 2.000	3
2.000 a 3.000	5
3.000 a 5.000	8
5.000 a 10.000	12
10.000 a 15.000	15
15.000 a 20.000	18
20.000 a 30.000	21
Acima de 30.000	25

• as unidades funcionais dos estabelecimentos com características epidemiológicas diferenciadas, tais como serviço médico, restaurantes, creches e outros, deverão ser amostrados isoladamente.

• os pontos amostrais deverão ser distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada.

PROCEDIMENTO DE COLETA: MB-3422 da ABNT.

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO DAS BOMBAS: NBR -10.562 da ABNT

PROCEDIMENTO LABORATORIAL: NHO 17 da FUNDACENTRO

## **ANEXO II**

## **Trabalho Paralelo – Monitoramento da Qualidade do Ar utilizando a planta *Tradescantia KU-20* em Ambientes com presença de Fotocopiadoras**

Este estudo teve por objetivo analisar a qualidade do ar ambiente interno da sala de cópias localizada na biblioteca da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), que contém máquinas fotocopiadoras. Essas máquinas são utilizadas para a reprodução de uma nova cópia idêntica a original, o processo usado depende do alinhamento de partículas de carga elétrica para a produção da imagem. Fotocopiadoras são utilizadas em todo o mundo, principalmente nas universidades e foram desenvolvidas e introduzidas no mercado pela Xerox Companhia, em 1960.

As fotocopiadoras geralmente são encontradas dentro de bibliotecas sem nenhum tipo de cuidado na instalação e até mesmo no manuseio, muitas vezes o local não possui uma ventilação adequada; e em funcionamento liberam no ambiente interno o ozônio (smog fotoquímico), os COVS e as partículas de carbono adsorvidas pelos COV<sub>s</sub>.

Esses componentes, gerados por essas máquinas, podem prejudicar a saúde, provocando doenças pulmonares e respiratórias (asma), irritação nos olhos e pele, envelhecimento precoce, podem afetar o sistema nervoso central, e até mesmo desencadear doenças cancerígenas. Siderosilicoses e pneumonites granulomatosas têm sido cada vez mais identificadas em pessoas expostas à sílica, ferro e cobre, presentes na poeira do toner das fotocopiadoras. Ficar perto de uma copiadora ou de uma impressora a laser expõe a pessoa a um nível de ozônio milhares de vezes maiores que o gerado pela poluição de automóveis nas ruas.

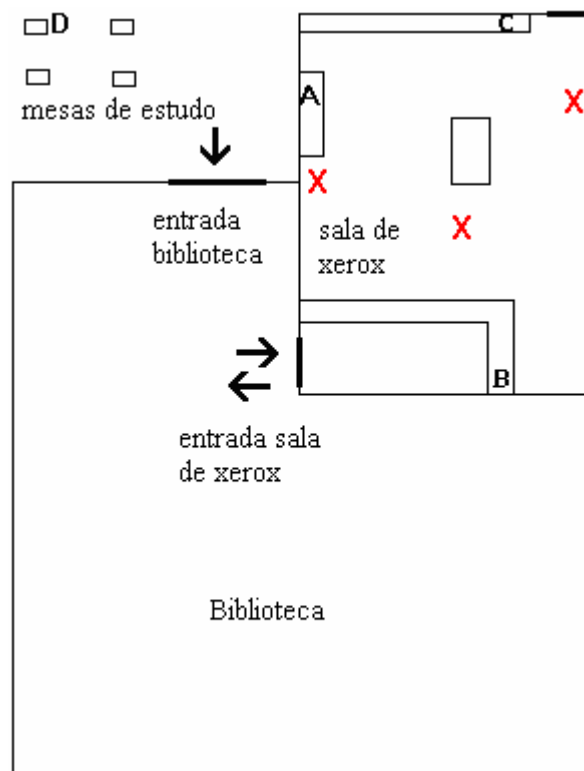
### **A. Materiais e Métodos**

Neste estudo empregou-se uma técnica experimental desenvolvida pôr *A. H. S. Sparrow*, *Brookhaven National Laboratory*, USA, que utiliza um clone de *Tradescantia*

denominado *KU20* (Trad-SHM), uma planta superior da família *Commelinaceae*. O clone *Tradescantia* é heterozigoto quanto à cor da flor (azul/rosa, sendo o azul dominante sobre o rosa), onde a flor e as células dos pêlos estaminais são azuis. Qualquer mutação que ocorra no gene de cor azul, permitirá a manifestação do gene cor de rosa.

Os ensaios experimentais iniciaram quando as plantas foram colhidas e colocadas em cinco recipientes de vidro (Becker) com solução nutriente Hoagland, cada Becker possuía aproximadamente 20 hastes da *Tradescantia*. A exposição foi realizada pôr duas horas na sala de cópias localizada na biblioteca da faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, e foram amostrados quatro pontos distintos no ambiente interno onde X representa a localização das fotocopiadoras e A, B, C e D representam os pontos de amostragem, como mostra a **Figura 1**.

O ponto A estava a 2,3 metros de distância da fotocopiadora mais próxima, o ponto B possuía 4 metros de distância, o ponto C 3 metros e o ponto D estava localizado fora da biblioteca, local onde estão concentradas algumas mesas utilizadas pelos alunos.



**Figura 1.** Esquema de parte da biblioteca da Faculdade de Medicina da USP, contígua à sala de cópias e os pontos de amostragem A, B, C e D.

Depois de amostradas as plantas foram transportadas para o laboratório e colocadas junto a uma amostra que servia de controle, as flores se abriam diariamente e assim foi possível observar os pêlos estaminais em Lupa, iluminadas com luz branca. As flores abertas eram coletadas e examinadas pela Lupa, sendo contados o número de Pêlos estaminais e a ocorrência de frequências de mutações rosa. Foi encontrado na literatura que os pêlos estaminais variam conforme a linhagem, apresentando 70 a 120 pêlos e cada pêlo é constituído de uma cadeia linear de células.

Verificando os pêlos estaminais e o número de frequência de mutações rosa de cada estame das flores, foi possível analisar o número de eventos mutacionais para cada 1000 pêlos estaminais e comparar com o grupo controle.

## B. Resultados e Conclusões

As flores foram expostas por 2 horas e depois de abertas foram analisadas no dia 30 e 31 de outubro de 2003 e 3 e 4 de novembro de 2004, nesses dias as temperaturas variaram de 13 a 20 °C e a média de umidade relativa foi de 83%.

Os resultados obtidos a partir da exposição da *Tradescantia*, em quatro pontos (distâncias) estudados experimentalmente na sala de fotocópias, revelaram que as fotocopiadoras apresentam um elevado nível tóxico em relação ao controle, indicado pela frequência de mutações/1000.

Na **Tabela 1** será mostrado os dias que foram analisadas as flores depois de expostas com temperatura, umidade relativa e as médias das mutações ocorridas nos locais A, B, C, D e o valor do controle.

**Tabela 1.** Valores das mutações ocorridas nos locais de exposição da planta.

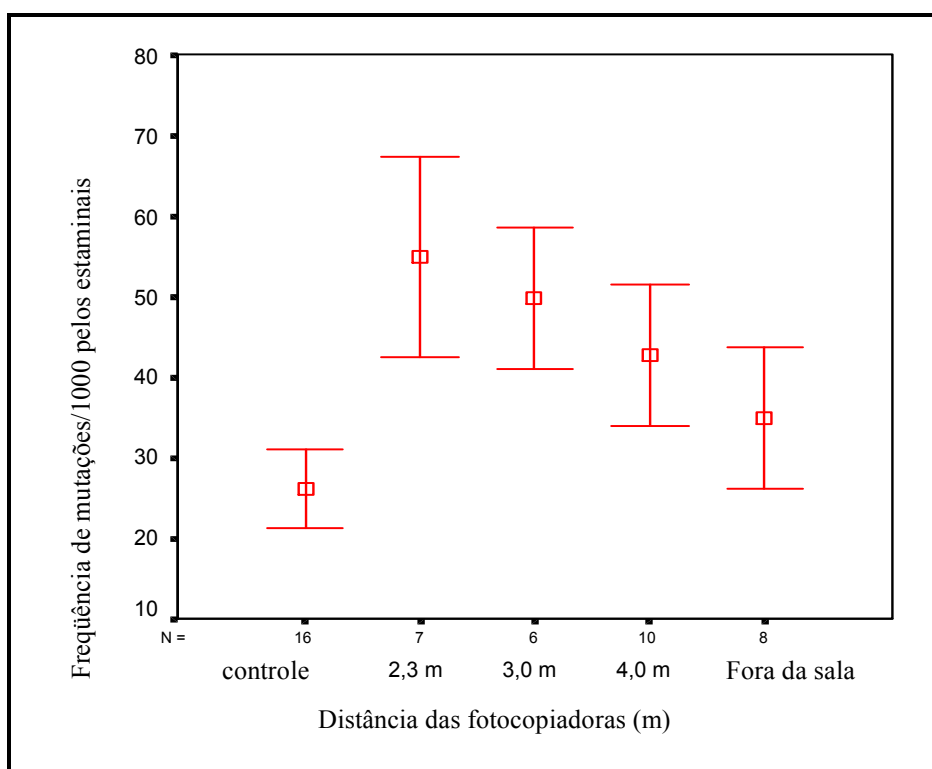
<b>Análise das flores</b>	<b>Primeiro dia (2h)</b>	<b>Segundo dia (2h)</b>	<b>Quinto dia (2h)</b>	<b>Sexto dia (2h)</b>
Data	30/10/03	31/10/03	03/11/03	04/11/03
Temperatura	19°C	20°C	15°C	13°C
Umidade relativa	83%	78%	82%	88%
Médias do número de mutações (A)	58,12	n	30,07	63,13
Médias do número de mutações (B)	51,28	37,68	33,11	n
Médias do número de mutações (C)	52,32	n	44,44	n
Médias do número de mutações (D)	38,79	35,17	28,64	28,37
Controle (médias)	23,64	29,20	12,34	n

n – não houve flores para fazer a análise



Na **Tabela 1** nota-se que o ponto A que estava mais próximo da fotocopiadora (2,3 metros) obteve uma média de frequência de mutações/1000 igual a 50,44 e o controle teve média igual a 21,72, pode-se dizer que os compostos gerados pela máquina induziram um aumento de mutações nas células dos pêlos estaminais, esse valor foi quase o dobro em relação ao controle. O ponto A teve uma variação de frequência de mutações /1000 de 30,07 a 80,58.

Na **Figura 2** será mostrada a frequência de mutações nos pelos estaminais da *Tradescantia* em relação à distância das fotocopiadoras.



**Figura 2.** Relação da Frequência de mutações pela distância das fotocopiadora.

Observando a **Figura 2** conclui-se que quanto maior é a proximidade do indivíduo com as máquinas de xerox maior é o índice de contaminação pelos poluentes liberados por essas.

Os resultados do ambiente interno da sala de fotocópias da biblioteca da FMUSP mostraram que a utilização de máquinas fotocopadoras libera uma alta taxa de poluentes tóxicos prejudicando as pessoas que trabalham e freqüentam esses locais. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) elaborou a Resolução – Re nº 9, de 16 de janeiro de 2003, recomendando adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores, com exaustão do ambiente ou enclausuramento em locais exclusivos para os equipamentos que apresentem grande capacidade de produção de ozônio (O<sub>3</sub>). A Recomendação Normativa da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado e Aquecimento ABRAVA RN 02 – 2003, recomenda localizar as máquinas copiadoras e impressoras, sempre que possível, em recintos isolados.

É preciso que essas recomendações normativas sejam acatadas para convivermos em ambientes internos mais saudáveis, e seria de grande importância um estudo mais detalhado sobre as fotocopadoras e uma caracterização mais específica dos poluentes gerados por essas máquinas.

## **ANEXO III**

**ANEXO III – Dados da Concentração média de particulados PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub> com valores de Temperatura e Umidade Relativa nos meses de amostragem na Biblioteca Municipal Amadeu Amaral, São Carlos.**

Concentração média de particulados no mês de julho de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	119,792	161,459	0,44	1,24
Piso 2	270,834	203,125	1,0	1,56
Piso 3	135,416	119,792	0,5	0,92
Ambiente externo	270,834	130,209	-	-

T interna = 21,4°C UR interna = 46,4%

T externa = 20,2°C UR externa = 47,5%

Concentração média de particulados no mês de agosto de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	227,777	233,333	1,0	0,97
Piso 2	223,231	205,554	0,99	0,85
Piso 3	204,117	254,167	0,9	1,05
Ambiente externo	225,695	241,103	-	-

T interna = 23,4°C UR interna = 37,3%

T externa = 22,5°C UR externa = 35,1%

Concentração média de particulados no mês de setembro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	252,375	309,895	1,3	1,1
Piso 2	234,375	304,688	1,2	1,1
Piso 3	265,625	286,458	1,3	1,0
Ambiente externo	197,916	270,833	-	-

T interna = 25,1°C UR interna = 54,2%

T externa = 24,7°C UR externa = 55,2%

Concentração média de particulados no mês de outubro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	140,625	411,458	0,675	1,210
Piso 2	182,292	661,458	0,875	1,950
Piso 3	187,500	822,917	0,900	2,430
Ambiente externo	208,333	338,542	-	-

T interna = 28,7°C UR interna = 58,4%

T externa = 29,4°C UR externa = 57,6%

Concentração média de particulados no mês de novembro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	208,335	463,545	2,860	2,170
Piso 2	151,040	526,040	2,070	2,460
Piso 3	109,375	286,460	1,500	1,340
Ambiente externo	72,915	213,545	-	-

T interna = 23,8°C UR interna = 60,5%

T externa = 20,9°C UR externa = 61,0%

Concentração média de particulados no mês de dezembro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	182,290	343,750	0,850	1,050
Piso 2	203,125	359,370	0,950	1,090
Piso 3	229,166	380,208	1,070	1,160
Ambiente externo	213,543	328,123	-	-

T interna = 24,8°C UR interna = 52,2%

T externa = 23,9°C UR externa = 55,4%

Concentração média de particulados no mês de janeiro de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	151,04	494,79	0,64	0,68
Piso 2	151,04	385,42	0,64	0,53
Piso 3	140,62	473,96	0,6	0,65
Ambiente externo	234,37	729,16	-	-

T interna = 29,8°C UR interna = 51%

T externa = 27,6°C UR externa = 59%

Concentração média de particulados no mês de fevereiro de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	161,16	217,21	1,33	1,11
Piso 2	150,43	221,12	1,24	1,13
Piso 3	111,04	201,92	0,91	1,03
Ambiente externo	121,41	196,10	-	-

T interna = 27°C UR interna = 61,7%

T externa = 27°C UR externa = 63,5%

Concentração média de particulados no mês de março de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	232,40	305,71	1,24	1,45
Piso 2	205,10	275,10	1,10	1,31
Piso 3	219,00	291,41	1,17	1,38
Ambiente externo	186,71	210,64	-	-

T interna = 28,1°C UR interna = 56,2%

T externa = 27,6°C UR externa = 53,5%

Concentração média de particulados no mês de abril de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	121,07	221,21	1,25	1,22
Piso 2	117,23	233,72	1,21	1,29
Piso 3	101,21	197,17	1,04	1,09
Ambiente externo	97,040	181,42	-	-

T interna = 27,2°C UR interna = 51,5%

T externa = 26,1°C UR externa = 54,3%

Concentração média de particulados no mês de maio de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	201,74	291,74	1,25	1,40
Piso 2	183,24	232,17	1,21	1,10
Piso 3	151,41	217,01	0,94	1,04
Ambiente externo	160,97	209,04	-	-

T interna = 21°C UR interna = 65,4%

T externa = 20,7°C UR externa = 67,3%

Concentração média de particulados no mês de junho de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	197,47	330,21	1,80	1,5
Piso 2	100,73	273,40	0,92	1,28
Piso 3	117,50	225,50	1,07	1,05
Ambiente externo	109,25	213,71	-	-

T interna = 19,6°C UR interna = 49%

T externa = 18,9°C UR externa = 53,4%

Concentração média de 1 ano de coleta (julho de 2005 a junho de 2006) dos particulados e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	182,99	315,4	1	1,16
Piso 2	181	323,4	1	1,2
Piso 3	164,3	313	0,94	1,15
Ambiente externo	174,9	271,8	-	-

## **ANEXO IV**

**ANEXO IV – Dados da Concentração média de particulados PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub> com valores de Temperatura e Umidade Relativa nos meses de amostragem na Biblioteca da UFSCar, São Carlos**

Concentração média de particulados no mês de agosto de 2005 e a relação I/O

Local de amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	20,8	31,25	-	0,61
Piso 2	-	52	-	1
Piso 3	31,25	88,54	-	1,74
Piso 4	1187,5	1479,2	-	29
Piso 5	218,8	114,6	-	2,25
Sala com ar-condicionado	-	-	-	-
Ambiente externo	-	51	-	-

T interna = 23,3°C UR interna = 42,2%

T externa = 23,5°C UR externa = 41,5%

Concentração média de particulados no mês de setembro de 2005 e a relação I/O

Local de amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	31,25	-	-	-
Piso 2	-	31,25	-	0,33
Piso 3	208,3	197,9	-	2,11
Piso 4	52,1	1234,4	-	13,17
Piso 5	20,8	93,7	-	1
Sala com ar-condicionado	-	-	-	-
Ambiente externo	-	93,7	-	-

T interna = 24,25°C UR interna = 51,75%

T externa = 24,75°C UR externa = 50,8 %

Concentração média de particulados no mês de outubro de 2005 e a relação I/O

Local de amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	145,8	90,28	0,78	3,71
Piso 2	27,8	86,8	0,15	3,57
Piso 3	48,5	104,25	0,26	4,29
Piso 4	243	124,98	1,29	5,14
Piso 5	163,19	107,6	0,87	4,42
Sala com ar-condicionado	-	24,3	-	1
Ambiente externo	187,5	24,3	-	-

T interna = 26°C UR interna = 54,5%

T externa = 26,5°C UR externa = 59,2%



Concentração média de particulados no mês de novembro de 2005 e a relação I/O

Local de amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	145,8	88,54	0,41	2,83
Piso 2	98,96	119,8	0,28	3,83
Piso 3	72,87	88,53	0,2	2,83
Piso 4	83,3	111,98	0,23	3,58
Piso 5	140,6	234,4	0,39	7,5
Sala com ar-condicionado	62,5	276	0,18	8,8
Ambiente externo	354,17	31,25	-	-

T interna = 24,75°C    UR interna = 63,6 %  
 T externa = 24,2°C    UR externa = 66,75%

Concentração média de particulados no mês de dezembro de 2005 e a relação I/O

Local de amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	125	76,4	18	2
Piso 2	20,83	163,2	2,8	4,27
Piso 3	71,18	121,53	10,14	3,18
Piso 4	60,76	64,27	8,75	1,68
Piso 5	83,33	45,14	12	1,18
Sala com ar-condicionado	20,83	48,61	3	1,27
Ambiente externo	6,94	38,19	-	-

T interna = 26,2°C    UR interna = 56,9%  
 T externa = 26,5°C    UR externa = 56,7%

Concentração média de particulados no mês de janeiro de 2006 e a relação I/O

Local de amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	104,16	72,92	2,85	0,48
Piso 2	109,37	171,9	3	1,14
Piso 3	54,75	132,85	1,5	0,88
Piso 4	59,9	244,79	1,64	1,62
Piso 5	98,96	223,95	2,7	1,48
Sala com ar-condicionado	130,2	41,67	3,57	0,27
Ambiente externo	36,46	151	-	-

T interna = 26,3°C    UR interna = 53,3%  
 T externa = 27°C    UR externa = 53,6%

Concentração média de particulados no mês de fevereiro de 2006 e a relação I/O

Local de amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	57,3	41,66	5,49	0,8
Piso 2	20,8	83,33	1,99	1,6
Piso 3	99	85,94	9,5	1,65
Piso 4	67,7	67,7	6,5	1,3
Piso 5	140,6	57,3	13,49	1
Sala com ar-condicionado	98,96	114,58	9,5	2,2
Ambiente externo	10,42	52,1	-	-

T interna = 25,3°C UR interna = 62%

T externa = 24,6°C UR externa = 62,5%

Concentração média de particulados no mês de abril de 2006 e a relação I/O

Local de amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	41,66	93,73	7,99	4,5
Piso 2	20,83	88,54	3,99	4,25
Piso 3	98,95	36,7	18,99	1,76
Piso 4	49,4	125	9,48	6
Piso 5	140,62	88,56	27	4,25
Sala com ar-condicionado	50,2	88,54	9,63	4,25
Ambiente externo	5,21	20,83	-	-

T interna = 24°C UR interna = 51%

T externa = 22,5°C UR externa = 48%

Concentração média de particulados no mês de maio de 2006 e a relação I/O

Local de amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	45,14	52	3,24	0,41
Piso 2	24,3	187,5	1,74	1,5
Piso 3	51,2	171,85	3,7	1,37
Piso 4	83,33	239,5	6	1,91
Piso 5	17,36	83,33	1,24	0,67
Sala com ar-condicionado	13,89	83,33	1	0,67
Ambiente externo	13,9	125	-	-

T interna = 21°C UR interna = 48,5%

T externa = 19,5°C UR externa = 51%

Concentração média de particulados no mês de junho de 2006 e a relação I/O

<b>Local de amostragem</b>	<b>PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PM<sub>2,5-10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>I/O PM<sub>2,5</sub></b>	<b>I/O PM<sub>2,5-10</sub></b>
Piso 1	72,9	20,83	0,41	2
Piso 2	200,83	20,83	1,13	2
Piso 3	166,6	171,85	0,94	16,49
Piso 4	354,16	67,71	2	6,5
Piso 5	72,9	83,33	0,4	8
Sala com ar-condicionado	312,5	364,6	1,8	35
Ambiente externo	177	10,42	-	-

T interna = 25,7°C    UR interna = 43%  
T externa = 27°C    UR externa = 45,5%

Concentração média de 1 ano de coleta (agosto de 2005 a junho de 2006) de particulados e a relação I/O

<b>Local de amostragem</b>	<b>PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PM<sub>2,5-10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>I/O PM<sub>2,5</sub></b>	<b>I/O PM<sub>2,5-10</sub></b>
Piso 1	71,8	56,77	0,81	1
Piso 2	58,19	91,38	0,66	1,68
Piso 3	82,05	109,1	0,93	2
Piso 4	203,7	341,77	2,31	6,3
Piso 5	112,84	113,2	1,3	2
Sala com ar-condicionado	98,46	130,2	1,1	2,39
Ambiente externo	87,95	54,34	-	-

## **ANEXO V**

**Anexo V - Dados da Concentração média de particulados PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub> com valores de Temperatura e Umidade Relativa nos meses de amostragem na Biblioteca Conjunto das Químicas CQ – USP, São Paulo**

Concentração média de particulados no mês de julho de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	41,66	26,04	0,73	0,19
Piso 2	26,04	114,6	0,45	0,84
Ambiente externo	57,3	135,41	-	-

T interna = 18°C UR interna = 50%

T externa = 18°C UR externa = 36 %

Concentração média de particulados no mês de agosto de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	34,72	114,6	0,71	1,94
Piso 2	97,22	131,94	2	2,23
Ambiente externo	48,61	59,03	-	-

T interna = 22°C UR interna = 45%

T externa = 23°C UR externa = 34 %

Concentração média de particulados no mês de setembro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	450,52	453,12	1,05	2,17
Piso 2	325,52	541,67	0,76	2,6
Ambiente externo	427,08	208,33	-	-

T interna = 20°C UR interna = 52%

T externa = 20°C UR externa = 54,5 %

Concentração média de particulados no mês de outubro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	156,25	67,7	1,87	0,97
Piso 2	286,46	138,89	3,44	2
Ambiente externo	83,34	69,44	-	-

T interna = 24°C UR interna = 57%

T externa = 23,5°C UR externa = 57 %

Concentração média de particulados no mês de novembro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	276,04	83,33	5,3	1,6
Piso 2	101,56	114,58	1,95	2,2
Ambiente externo	52,08	52,08	-	-

T interna = 23,2°C UR interna = 58%

T externa = 21,8°C UR externa = 58,6 %

Concentração média de particulados no mês de dezembro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	83,33	52,08	8	1
Piso 2	41,67	104,17	4	2
Ambiente externo	10,42	52,08	-	-

T interna = 23,4°C UR interna = 60%

T externa = 28,5°C UR externa = 50 %

Concentração média de particulados no mês de janeiro de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	125	78	2	1
Piso 2	145,75	31,25	2,33	0,4
Ambiente externo	62,5	78	-	-

T interna = 26,7°C UR interna = 50,5%

T externa = 30°C UR externa = 38,5 %

Concentração média de particulados no mês de fevereiro de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	302	166,7	1,93	1,14
Piso 2	98,98	223,94	0,63	1,53
Ambiente externo	156,25	145,8	-	-

T interna = 24,5°C UR interna = 57,5%

T externa = 27°C UR externa = 53%

Concentração média de particulados no mês de março de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	151	36	2,63	0,58
Piso 2	104	275,8	1,81	4,42
Ambiente externo	57,3	62,3	-	-

T interna = 25°C UR interna = 58,5%

T externa = 28°C UR interna = 51%

Concentração média de particulados no mês de abril de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	46,75	166,46	1,13	4
Piso 2	88,4	135,4	2,13	3,25
Ambiente externo	41,5	41,67	-	-

T interna = 21°C UR interna = 51%

T externa = 22°C UR externa = 53,5 %

Concentração média de particulados no mês de maio de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	197,9	62,5	3,8	6
Piso 2	62,5	20,83	1,2	2
Ambiente externo	52	10,42	-	-

T interna = 19,5°C UR interna = 59%

T externa = 16,3°C UR externa = 79 %

Concentração média de particulados no mês de junho de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	114,58	52	1,57	1,67
Piso 2	229	145,8	3,14	4,67
Ambiente externo	72,9	31,2	-	-

T interna = 18,2°C UR interna = 63%

T externa = 18,3°C UR externa = 56 %

Concentração média de 1 ano de coleta (julho de 2005 a junho de 2006) de particulados e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	165	113,22	1,77	1,43
Piso 2	133,9	164,92	1,43	2,1
Ambiente externo	93,42	78,8	-	-

## **ANEXO VI**

**ANEXO VI - Dados da Concentração média de particulados PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>2,5-10</sub> com valores de Temperatura e Umidade Relativa nos meses de amostragem na Biblioteca Monteiro Lobato, São Paulo**

Concentração média de particulados no mês de julho de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	375	145,83	18	1,4
Piso 2	78,12	140,62	3,75	1,35
Ambiente externo	20,84	104,16	-	-

T interna = 20°C UR interna = 54%

T externa = 21,4°C UR externa = 42,5%

Concentração média de particulados no mês de agosto de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	298,61	194,44	1,72	1,1
Piso 2	158,33	252,08	0,91	1,42
Ambiente externo	173,61	177,08	-	-

T interna = 22,7 °C UR interna = 39%

T externa = 21,6°C UR externa = 39%

Concentração média de particulados no mês de setembro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	166,68	131,95	3	1,46
Piso 2	125	217,01	2,25	2,4
Ambiente externo	55,56	90,28	-	-

T interna = 21°C UR interna = 58%

T externa = 23°C UR externa = 55%

Concentração média de particulados no mês de outubro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	88,54	72,91	8,5	1,4
Piso 2	177,08	109,37	16,98	2,1
Ambiente externo	10,42	52,08	-	-

T interna = 24°C UR interna = 58%

T externa = 25,2°C UR externa = 51%

Concentração média de particulados no mês de novembro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	263,89	38,2	2,3	1
Piso 2	135,42	203,13	1,18	5,32
Ambiente externo	114,58	38,19	-	-

T interna = 23,4°C UR interna = 60,5%

T externa = 24,4°C UR externa = 58%

Concentração média de particulados no mês de dezembro de 2005 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	291,7	72,92	2,8	0,78
Piso 2	208,33	802	2	8,55
Ambiente externo	104,17	93,75	-	-

T interna = 24°C UR interna = 53%

T externa = 25,2°C UR externa = 51 %



Concentração média de particulados no mês de janeiro de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	52	68	5	0,93
Piso 2	104,2	125	10	1,71
Ambiente externo	10,42	73	-	-

T interna = 26°C UR interna = 58%

T externa = 25,7°C UR externa = 63%

Concentração média de particulados no mês de fevereiro de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	192,7	120	1	1
Piso 2	140	593,5	0,77	4,97
Ambiente externo	182	119,5	-	-

T interna = 26°C UR interna = 57%

T externa = 25,9°C UR externa = 59%

Concentração média de particulados no mês de março de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	166,5	130	2,45	1,78
Piso 2	41,5	31	0,61	0,42
Ambiente externo	67,7	72,9	-	-

T interna = 24,5°C UR interna = 52%

T externa = 26°C UR externa = 46%

Concentração média de particulados no mês de abril de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	250	52	3,42	1
Piso 2	31,25	10,42	0,43	0,09
Ambiente externo	73	52	-	-

T interna = 23°C UR interna = 54,5%

T externa = 26,3°C UR externa = 44%

Concentração média de particulados no mês de maio de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	78,1	20,83	2,14	0,3
Piso 2	72,9	20,83	2	0,3
Ambiente externo	36,46	67,7	-	-

T interna = 21°C UR interna = 36%

T externa = 22,4°C UR externa = 32,5%

Concentração média de particulados no mês de junho de 2006 e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	210	138	2,1	1,86
Piso 2	323	245	3,23	3,31
Ambiente externo	100	74	-	-

T interna = 18°C UR interna = 60%

T externa = 17°C UR externa = 58%

Concentração média de 1 ano de coleta (julho de 2005 a junho de 2006) de particulados e a relação I/O

Local amostragem	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5-10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	I/O PM <sub>2,5</sub>	I/O PM <sub>2,5-10</sub>
Piso 1	202,8	98,7	2,57	1,17
Piso 2	132,92	229,15	1,7	2,7
Ambiente externo	79	84,54	-	-

## **ANEXO VII**

Análises químicas realizadas na Biblioteca Amadeu Amaral

Meses		jul/05	ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06	mai/06	jun/06
Elementos Químicos (□g/cm <sup>2</sup> )	limite de detecção (□g/cm <sup>2</sup> )												
13 - Al	0,235204	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14 - Si	0,072495	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15 - P	0,099223	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16 - S	0,064502	ND	ND	ND	<b>0,090</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
17 - Cl	0,033281248	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19 - K	0,011834817	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20 - Ca	0,008438152	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,056</b>
22 - Ti	0,008749	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23 - V	0,032168854	ND	ND	<b>0,033</b>	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,036</b>	ND	ND	ND
24 - Cr	0,023461212	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25 - Mn	0,017430857	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
26 - Fe	0,01346663	ND	<b>0,018</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28 - Ni	0,008532572	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
29 - Cu	0,00723122	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30 - Zn	0,00615438	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
35 - Br	0,00663499	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,010</b>	ND
37 - Rb	0,007144795	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
38 - Sr	0,007318416	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,009</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
82 - Pb	0,02123677	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND - não detectado pelo método XRF

Análises químicas realizadas na Biblioteca da Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

Meses		ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06	mai/06	jun/06
Elementos Químicos (□g/cm <sup>2</sup> )	limite de detecção (□g/cm <sup>2</sup> )											
13 - Al	0,235204	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14 - Si	0,072495	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15 - P	0,099223	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16 - S	0,064502	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
17 - Cl	0,033281248	<b>0,083</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19 - K	0,011834817	<b>0,042</b>	ND	ND	ND	ND	<b>0,015</b>	ND	ND	ND	ND	ND
20 - Ca	0,008438152	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,130</b>
22 - Ti	0,008749	<b>0,020</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,013</b>
23 - V	0,032168854	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24 - Cr	0,023461212	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25 - Mn	0,017430857	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
26 - Fe	0,01346663	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28 - Ni	0,008532572	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
29 - Cu	0,00723122	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30 - Zn	0,00615438	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
35 - Br	0,00663499	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
37 - Rb	0,007144795	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
38 - Sr	0,007318416	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
82 - Pb	0,02123677	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND - não detectado pelo método XRF

Análises químicas realizadas na Conjunto das Químicas - USP

Meses		jul/05	ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06	mai/06	jun/06
Elementos Químicos (□g/cm <sup>2</sup> )	limite de detecção (□g/cm <sup>2</sup> )												
13 - Al	0,235204	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14 - Si	0,072495	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15 - P	0,099223	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16 - S	0,064502	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
17 - Cl	0,033281248	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19 - K	0,011834817	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20 - Ca	0,008438152	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
22 - Ti	0,008749	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23 - V	0,032168854	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24 - Cr	0,023461212	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25 - Mn	0,017430857	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
26 - Fe	0,01346663	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28 - Ni	0,008532572	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
29 - Cu	0,00723122	<b>0,008</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30 - Zn	0,00615438	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
35 - Br	0,00663499	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,007</b>	ND	ND	ND	ND	ND
37 - Rb	0,007144795	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,008</b>	ND
38 - Sr	0,007318416	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
82 - Pb	0,02123677	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND - não detectado pelo método XRF

Análises químicas realizadas na Biblioteca Monteiro Lobato

Meses		jul/05	ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06	mai/06	jun/06
Elementos Químicos (□g/cm <sup>2</sup> )	limite de detecção (□g/cm <sup>2</sup> )												
13 - Al	0,235204	ND	<b>0,505</b>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14 - Si	0,072495	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15 - P	0,099223	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16 - S	0,064502	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
17 - Cl	0,033281248	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19 - K	0,011834817	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20 - Ca	0,008438152	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,014</b>	ND	<b>0,020</b>	<b>0,019</b>
22 - Ti	0,008749	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23 - V	0,032168854	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24 - Cr	0,023461212	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25 - Mn	0,017430857	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
26 - Fe	0,01346663	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,022</b>	ND
28 - Ni	0,008532572	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
29 - Cu	0,00723122	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,008</b>	ND	ND	ND	ND
30 - Zn	0,00615438	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
35 - Br	0,00663499	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
37 - Rb	0,007144795	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<b>0,010</b>	ND	ND	ND
38 - Sr	0,007318416	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
82 - Pb	0,02123677	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND - não detectado pelo método XRF