

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES
INTERNOS: SALAS DE AULA

Aluno: Guilherme Caetano do Nascimento
Orientador: Prof. Dr. Wiclef Dymurgo Marra Junior

Monografia apresentada ao curso de
graduação em Engenharia Ambiental
da Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo.

São Carlos, SP

2008

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

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

N244a Nascimento, Guilherme Caetano do
Avaliação de qualidade do ar em ambientes internos :
salas de aula / Guilherme Caetano do Nascimento ;
orientador Wiclef Dymurgo Marra Junior - São Carlos,
2008.


Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São
Paulo.

1. Qualidade do ar interior. 2. Ambientes internos. 3.
Salas de aula. I. Título.


FOLHA DE APROVAÇÃO


Candidato: Guilherme Caetano do Nascimento

Monografia defendida e aprovada em: 04 de dezembro de 2008 pela Comissão Julgadora:


Prof. Dr. Wielef Dymurgo Marra Junior


Prof. Dr. Nivaldo Aparecido Corrêa


Profa Dra. Mônica Lopes Aguiar


Prof. Dr. Marcelo Zaiat
Coordenador da Disciplina SHS-0342- Trabalho de Graduação

*A toda minha família, pelo apoio incondicional e
por ser um espelho a ser contemplado em todas as
etapas da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por conceber-me a possibilidade de desfrutar todos os momentos pelos quais passei;

Ao Prof. Dr. Wiclef Dymurgo Marra Junior, pela orientação no presente trabalho, pela confiança, pela oportunidade ímpar de aprendizado, pelo apoio em todas as atividades realizadas e pela motivação em desbravar essa nova área de conhecimento;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de iniciação científica concedida (Processo 07/03557-5);

À Profa. Dra. Mônica Lopes Aguiar, da UFSCar, pela atenção cordialmente prestada, pelas contribuições com a pesquisa, pelo apoio técnico e instrumental e pela disponibilidade em participar da banca julgadora do presente trabalho;

Ao Prof. Dr. Nivaldo Aparecido Corrêa, pelas aulas ministradas durante a graduação e por aceitar compor na banca julgadora;

Ao pessoal do Laboratório de Processos Biológicos da EESC/USP e do Laboratório de Controle Ambiental do Departamento de Engenharia Química da UFSCar, técnicos e alunos de pós-graduação, pelo auxílio experimental prestado, pela oportunidade de aprendizado e pelo companheirismo;

Às amigas Wania, Betriz, Luciana e Janaína, da UFSCar, e também à Danieli, do IQSC, por compartilharem a mesma área de pesquisa e pelo especial auxílio dispensado;

Ao Sr. Edson e ao Derli, pelo apoio técnico e pela confiança construída durante os experimentos e aulas no prédio da Engenharia Ambiental;

Aos inigualáveis amigos do curso de Engenharia Ambiental da EESC/USP, pelos vários momentos agradáveis compartilhados e pela construção de novas e magníficas amizades que, certamente, se estenderão pelo resto da vida;

A toda minha família, especialmente aos meus pais, Henrique e Maria José, e aos irmãos, Marcos e Rafael.

Primeiramente, se não fosse pelo apoio dos meus pais, certamente não estaria cursando a carreira desejada e, pelo caráter, amor e hombridade, tenho um sentimento mais do que especial por estas pessoas.

Aos meus irmãos, sempre grandes amigos, pelas conversas e trocas de experiências, que auxiliaram nas decisões tomadas nesta fase da vida e serviram para formação da minha índole.

À minha família, como um todo, pelo exemplo a ser seguido, pelo amor, pela fé, pelos momentos compartilhados, pelo apoio às minhas decisões e pela oportunidade de descontração e diversão, essenciais para a minha pessoa;

À Aline, minha amada namorada, pelo apoio incondicional e irrestrito, pelas felicidades propiciadas, pelas discussões que sempre me engrandeceram e pela companhia nesses últimos e importantes cinco anos;

Aos amigos da cidade de Ituverava, pelos inúmeros momentos passados juntos, desde a infância até os dias atuais, pois há um sentimento de felicidade extrema em compartilhar os momentos de alegria com essas pessoas ímpares e fundamentais na minha vida;

Gostaria de reiterar aqui meus sinceros agradecimentos a todos os acima citados e a todos que não foram lembrados neste texto, mas que, de alguma maneira, contribuíram para a formação da minha pessoa, para o meu ingresso na faculdade e para a realização da pesquisa.

Muito obrigado!

Nas cidades a vida é mais pequena
Que aqui na minha casa no cimo deste outeiro.
Nas cidades as grandes casas fecham a vista à chave,
Escondem o horizonte, empurram o nosso olhar para longe de todo o céu,
Tornam-nos pequenos porque nos tiram o que os nossos olhos nos podem dar,
E tornam-nos pobres porque a nossa única riqueza é ver.

Alberto Caieiro,
heterônimo de Fernando Pessoa.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
1. Introdução	1
2. Objetivos.....	4
3. Revisão Bibliográfica.....	5
3.1. Conceitos principais e pesquisas recentes	5
3.2. Legislação e Normas	15
4. Material e Métodos.....	20
4.1. Salas de Aula	21
4.2. Biblioteca.....	24
4.3. Análise de gases	24
4.4. Intensidade luminosa, ruído, umidade e temperatura.....	28
4.5. Bactérias e fungos.....	32
4.5.1. <i>Preparação dos meios de cultura e placas.....</i>	<i>32</i>
4.5.2. <i>Coleta de bioaerossol.....</i>	<i>33</i>
4.5.3. <i>Microscopia.....</i>	<i>35</i>
4.5.4. <i>Concentração de microrganismos.....</i>	<i>36</i>
4.6. Material particulado.....	36
4.7. Análise química do material particulado	40
4.8. Taxa de ocupação e ventilação	42
5. Resultados e discussão.....	45
5.1. Biblioteca Comunitária da UFSCar.....	45
5.2. Salas de aula	48
5.2.1. <i>Coleta e análise microscópica de bioaerossóis.....</i>	<i>48</i>
5.2.2. <i>Temperatura, umidade relativa, concentração de CO₂ e de bioaerossóis.....</i>	<i>52</i>
5.2.3. <i>Material particulado em suspensão</i>	<i>57</i>

5.2.4.	<i>Análise química de material particulado</i>	61
5.2.5.	<i>Perfil de intensidade luminosa</i>	62
5.2.6.	<i>Concentração de gases</i>	73
5.2.7.	<i>Avaliação de ruído</i>	75
5.2.8.	<i>Taxas de ocupação e ventilação</i>	76
6.	Conclusões	79
7.	Recomendações	81
8.	Referências bibliográficas	82
9.	Anexos	87
	Anexo I - Resolução CONAMA Nº 3	88
	Anexo II - Resolução RE/ANVISA Nº 9	89
	Anexo III - Recomendação Normativa Nº 2 da ABRAVA	90
	Anexo IV - TLV's para Gases (LIDE, 2004)	91
	Anexo V - Concentração de Material Particulado (Dados do instrumento AEROCET 531 - Met One)	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CO - Monóxido de carbono

CO₂ - Dióxido de carbono (gás carbônico)

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

COV - Composto Orgânico Volátil

DEQ - Departamento de Engenharia Química

EDX - Energia Dispersiva de Raios-X

EESC - Escola de Engenharia de São Carlos

FCM - Departamento de Física e Ciência dos Materiais

IFSC - Instituto de Física de São Carlos

Índice I/E - Razão entre concentrações de compostos em ambientes internos sobre a de externos

LPB - Laboratório de Processos Biológicos

MP - Material Particulado

MP₁ - Fração do material particulado total em suspensão com partículas de tamanho menor que 1 µm

MP_{2,5} - Fração do material particulado total em suspensão com partículas de tamanho menor que 2,5 µm

MP₇ - Fração do material particulado total em suspensão com partículas de tamanho menor que 7 µm

MP₁₀ - Fração do material particulado total em suspensão com partículas de tamanho menor que 10 µm

MPT - Material Particulado Total em Suspensão

NIOSH - *National Institute for Occupational Safety and Health*

NO₂ - Dióxido de nitrogênio

NO_x - Óxidos de Nitrogênio

O₃ - Ozônio

OMS - Organização Mundial de Saúde

OSHA - *Occupational Safety and Health Administration*

PRONAR - Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar

QAI - Qualidade do ar de interiores

SHS - Departamento de Hidráulica e Saneamento

SO_x - Óxidos de Enxofre

STEL - *short-term exposure limit*

TLV - *threshold limit value*

TWA - *time-weighted average*

UFC - Unidades Formadoras de Colônias

UFSCar - Universidade Federal de São Carlos

USP - Universidade de São Paulo

VMR - Valor Máximo Recomendável

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sala de aula 26392: (a) Vista da parede onde se situa a lousa; (b) Vista da porta de acesso à sala de aula.	21
Figura 2. Sala de aula 26393: (a) Vista da parede onde se situa a lousa; (b) Vista da porta de acesso à sala de aula.	22
Figura 3. Representação das salas em perspectiva.	22
Figura 4. Representação das salas em planta e orientação em relação ao norte geográfico.	23
Figura 5. Representação das salas e o posicionamento das carteiras.....	23
Figura 6. Monitor de gases portátil da RAE Systems, modelo MultiRAE IR - PGM54.	24
Figura 7. Bomba de sucção manual da marca RAE Systems, modelo LP 1200 e tubos colorimétricos da marca RAE Systems.	25
Figura 8. Sistema de Monitoramento por <i>Chip</i> (CMS) da marca Dräger: (a) Analisador de gases; (b) conjunto de <i>chips</i>	27
Figura 9. Luxímetro digital da dpUnion, modelo DPU-600.....	29
Figura 10. Carteiras escolhidas para amostragem de intensidade luminosa.....	30
Figura 11. Decibímetro digital da Roline, modelo RO-1350.	30
Figura 12. Termohigrômetro digital, marca Rotronic, modelo Hygropalm 0.	31
Figura 13. Sistema de filtração para avaliação de bactérias e fungos.....	33
Figura 14. Detalhamento do sistema de filtração empregado: (a) painel com rotâmetro e válvula reguladora; (b) funil com garra para suporte de membrana filtrante em haste regulável; (c) bomba de vácuo.	34
Figura 15. Detalhamento da unidade filtrante e seus componentes: (a) Unidade por completo; (b) Aspectos construtivos do Estágio de Impactação.	37
Figura 16. Montagem do equipamento para coleta de material particulado, com ênfase na unidade coletora.	37
Figura 17. Contador de material particulado AEROCET 531, da marca Met One.....	39
Figura 18. Diagrama esquemático do balanço de massa na sala de aula e suas principais variáveis.	43
Figura 19. Fotografias da membrana filtrante depositada em meio para cultura de bactérias: (a) 24 horas de incubação; (b) 42 horas de incubação. Dia 23/10/07, sala 26393.	48
Figura 20. Fotografias da membrana filtrante depositada em meio para cultura de fungos: (a) 24 horas de incubação; (b) 42 horas de incubação. Dia 15/10/07, sala 26393.	49

Figura 21. Fotografia da membrana filtrante depositada em meio de cultura para fungos após 32 horas de incubação. Dia 31/10/07, sala 26393.	50
Figura 22. Colônias formadas sobre membrana filtrante em meio de cultura Agar Nutriente: Cores das colônias: (a) amarela; (b) bege; (c) branca; (d) laranja; (e) rosa.	51
Figura 23. Gráficos dos resultados para a sala 26392 nos dias de coleta destacados: (a) Temperaturas Interna e Externa; (b) Umidades Relativas Interna e Externa; (c) Concentrações de CO ₂ interna e externa; (d) Concentrações internas de fungos e bactérias.	54
Figura 24. Gráficos dos resultados para a sala 26393 nos dias de coleta destacados: (a) Temperaturas Interna e Externa; (b) Umidades Relativas Interna e Externa; (c) Concentrações de CO ₂ interna e externa; (d) Concentrações internas de fungos e bactérias.	54
Figura 25. Gráficos dos resultados para a sala 26392 nos dias de coleta destacados: (a) Temperaturas Interna e Externa; (b) Umidades Relativas Interna e Externa.	55
Figura 26. Perfil da concentração de particulado para cada fração na sala de aula 26392.	59
Figura 27. Perfil da concentração de material particulado total para a sala de aula 26392.	59
Figura 28. Perfil de CO ₂ para determinação da taxa de ventilação no dia 19/09/2008.	77
Figura 29. Perfil de CO ₂ para determinação da taxa de ventilação no dia 17/10/2008.	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos poluentes do ar (Fonte: Bernstein, 2004).....	7
Tabela 2 - Poluentes em ambientes internos e seus efeitos adversos na saúde.	8
Tabela 3 - Poluentes do ar de interiores e suas fontes de emissão (Fonte: EPA, 2002).....	9
Tabela 4 - Índices I/E de salas de aula (Fonte: Blondeau <i>et al.</i> , 2005).	11
Tabela 5 - Padrões nacionais de qualidade do ar (Fonte: CONAMA 03/90).	16
Tabela 6 - Possíveis fontes de poluentes biológicos (Fonte: RE/ANVISA Nº9).	17
Tabela 7 - Possíveis fontes de contaminantes químicos (Fonte: RE/ANVISA Nº 9).	18
Tabela 8 - Resultados da coleta de material particulado na Biblioteca Comunitária da UFSCar.....	47
Tabela 9 - Concentração de particulado, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para a sala de aula 26392 no ano de 2008.....	58
Tabela 10 - Padrões estabelecidos pela CONAMA nº 3 para o material particulado.	60
Tabela 11 (a), (b), (c) e (d) - Perfis para a sala 26392 em cada situação avaliada em 24/04.	63
Tabela 12 (a), (b), (c) e (d) - Perfis para a sala 26393 em cada situação avaliada em 24/04.	65
Tabela 13 (a), (b), (c) e (d) - Perfis para a sala 26392 em cada situação avaliada em 24/10.	68
Tabela 14 (a), (b), (c) e (d) - Perfis para a sala 26393 em cada situação avaliada em 24/10.	70
Tabela 15 - Concentração de gases destacadas em azul, para cada dia, aparelho e comparando com o seu respectivo TLV recomendado por Lide (2004).	74
Tabela 16 - Temperatura média interna e externa, umidade relativa média interna e externa à sala de aula durante a realização do experimento de determinação da taxa de ventilação.	78
Tabela 17 - Taxa de ventilação em m^3/min para as salas analisadas no decorrer do experimento.	78
Tabela 18 - Quadro síntese de parâmetros avaliados para as salas de aula.	80

RESUMO

NASCIMENTO, G. C. **Avaliação da qualidade do ar em ambientes internos: salas de aula.** Monografia apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. 92 p.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que cerca da metade da população mundial sofre com a má qualidade do ar interior, com comprometimento dos sistemas respiratório e cardiovascular e, por isso, este tema é fator determinante na saúde e bem-estar das populações. Alguns estudos relacionam a redução da produtividade de alunos e professores à má qualidade do ar interior de salas de aula, além da possibilidade do aparecimento de problemas de saúde. A escolha pela sala de aula levou em consideração o grande número de pessoas que frequenta esse ambiente, anualmente, com média de seis horas de permanência. Ao longo de três semestres letivos, foram monitorados os níveis de temperatura, umidade relativa, intensidade luminosa, ruído, contaminação por ozônio, dióxido de nitrogênio, formaldeído, dióxido de carbono, bioaerossóis, material particulado total (MPT) e nas suas frações respiráveis (MP₁, MP_{2,5}, MP₇ e MP₁₀) e sua respectiva análise química, além da mensuração das taxas de ocupação e ventilação. Os principais resultados para os parâmetros analisados, tendo em base normas nacionais e internacionais, foi a observação de inadequação da temperatura interior em comparação com a exterior, a presença de níveis de ruído provenientes do ambiente externo próximos ao limite sugerido e constatação de extrapolação da taxa de ocupação do local. Em relação a graves problemas de saúde pública dos ocupantes, como altas concentrações de formaldeído e ozônio, não foram identificadas inadequações. Como recomendação, há necessidade de adequação da temperatura interna e busca por métodos que proporcionem uma análise mais ampla da qualidade do ar interior, como, por exemplo, a realização da análise química do material particulado e melhor adaptação da coleta de material particulado biológico em suspensão.

Palavras-chave: qualidade do ar interior; ambientes internos; salas de aula.

ABSTRACT

NASCIMENTO, G. C. **Indoor air quality investigation: classrooms**. Course Conclusion Monograph, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008. 92 p.

The World Health Organization (WHO) considers that approximately half of the global population is affected by poor indoor air quality, damaging the respiratory and cardiovascular systems and, based on that, this subject is important for population well-being and health. Researches correlate teachers and students productivity reduction to classrooms poor indoor air quality, besides the probability of diseases contraction by human beings. The classrooms were chosen considering the high number of people that annually frequent this local, standing six hours in average. During three lectures semesters, temperature, relative humidity, luminosity and noise levels were investigated. Pollution by ozone, nitrogen dioxide, carbon dioxide and formaldehyde was also evaluated. Particulate matter were measured evaluating the total concentration (Total Particulate Matter) and the respirable fractions (PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_7 and PM_{10}); matter elemental composition analysis were so conducted. In addition, the occupation and ventilation rate were analyzed for the classrooms considered. The main results for the parameters, regarding national and international patterns, were related to the improper indoor temperature levels comparing with the external environment, noise deriving from external sources near the limits suggested and inappropriated occupation rate. Looking for the health problems that can affect the occupants, as high ozone and formaldehyde concentrations, no problems was found. For further studies, it will be interesting the correction of internal temperature level and a research on methods that provides a vast analysis of indoor air quality, for example, a correct elemental composition determination of the particulate matter and better techniques for microbiological airborne collection.

Key-words: indoor air quality; indoor environment; classrooms.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do ar de interiores (QAI) é uma recente área de estudo e pesquisa não só no mundo todo, mas também no Brasil. Pesquisas relatam que o mundo começou a se preocupar e estudar mais a fundo esse tema por volta da década de 1970 e, mais especificamente no Brasil, na década de 1990. Elas ainda destacam a abrangência do assunto, que deve reunir químicos, microbiologistas, engenheiros, arquitetos e toxicologistas. As inúmeras variáveis monitoradas para avaliação da QAI exigem uma interpretação multidisciplinar e por isso englobam as diversas áreas de estudo acima destacadas (BRICHUS e AQUINO NETO, 1999).

O interesse nessa área de pesquisa surgiu com a descoberta de que baixas taxas de troca de ar entre o ambiente interno e o externo ocasionam um aumento considerável na concentração de poluentes químicos e biológicos. Tal fato foi agravado a partir da década de 70, quando o movimento mundial de conservação de energia ganhou notoriedade e seus conceitos foram aplicados em projetos de uma forma abrangente (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

Com essa evolução, os prédios foram projetos com a intenção de serem mantidas mínimas as trocas com o ambiente externo, a fim de diminuir perdas de cargas térmicas. Dessa forma, a concentração de poluentes no ambiente interno pode atingir níveis elevados se comparados com os do ambiente externo e agravar o desconforto dos usuários (MORAES, 2006).

Uma série de fatores interfere nas condições de um ambiente interno; dentre eles, destacam-se as características do ambiente externo, aspectos construtivos do prédio, a rotina do prédio, além das atividades realizadas pelos ocupantes do local. Cada prédio possui variáveis a serem monitoradas e que se comportam distintamente se comparadas com outros prédios. O conhecimento das características do ar em

ambientes internos é fundamental, pois ele é o meio pelo qual se realiza a interação entre clima, prédio e pessoas; é também fator determinante da saúde e bem-estar dos ocupantes; além de ser peça fundamental para controle e racionalização da QAI (MEYER, 1983).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a poluição do ar interior é considerada como um dos principais problemas ambientais e de saúde pública. Estima-se que cerca de metade da população mundial, ou seja, quase três bilhões de pessoas sofram com a má qualidade do ar interior, principalmente para as pessoas nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (BRUCE, 2000).

Ainda segundo o mesmo autor, os efeitos adversos da poluição do ar comprometem não só o sistema respiratório, mas também o sistema cardiovascular. As enfermidades estão relacionadas à exposição aos diversos poluentes presentes no ar e ao tempo que a população ficou exposta a estes compostos nocivos, podendo os efeitos variar desde uma reação inflamatória pulmonar até a uma diminuição da capacidade pulmonar, a redução da expectativa de vida e o câncer.

Ito e Aguiar (2007) realizaram um estudo em bibliotecas na cidade de São Paulo e uma fundamental motivação para o seu desenvolvimento foi o fato da população passar cerca de 90% do tempo em ambientes internos, destacando a relevância da QAI para os funcionários e outros ocupantes. Essa alta porcentagem realça a significância do controle dos poluentes encontrados no interior de casas, automóveis, escritórios, salas de aula, bibliotecas e qualquer outro ambiente interior.

Lee e Chang (2000) também fizeram considerações a respeito do alto tempo de permanência em ambientes internos e restringem o foco para as salas de aula. Falhas na tentativa de prevenir a poluição do ar em ambientes internos podem aumentar em longo e curto-tempo o risco de problemas de saúde nos estudantes e equipe de funcionários, reduzir a produtividade dos professores, e ainda prejudicar o

conforto para aprendizagem dos alunos. A investigação sobre a QAI auxilia na caracterização dos níveis de poluentes e na implementação de medidas corretivas para elevar a qualidade do ar a níveis desejáveis.

Duas razões principais da importância da avaliação da QAI em salas de aula são: escolas, mais do que outros tipos de edificações, geralmente carecem de um programa de manutenção mais eficiente; crianças e jovens são mais suscetíveis aos efeitos deletérios de determinados poluentes. A deficiência de ventilação, as altas taxas de ocupação e de deterioração das edificações contribuem para a má qualidade do ar interior, afetando diretamente o desempenho e a atenção dos estudantes, conforme revelam os estudos de Mendell (2005).

Os altos níveis de alguns parâmetros monitorados nos estudos de Lee e Chang (2000), Blondeau *et al.* (2005), Branis *et al.* (2005), Janssen *et al.* (1999), Scheff *et al.* (2000), Bartlett *et al.* (2004), evidenciam a extensão do problema e a necessidade de tomada de providências para a melhoria da qualidade do ar nesses ambientes e conseqüentemente uma melhoria da qualidade de vida de seus ocupantes. A presença de alergênicos provenientes de cães, gatos, ratos e baratas, também foi detectada, segundo os estudos de Instanes *et al.* (2005) e Chew *et al.* (2005), indicando que escolas podem ser um importante local de exposição de seus ocupantes.

De acordo com as avaliações de Daisey *et al.* (2003), a melhoria da ventilação dos ambientes e o controle das fontes de poluição podem melhorar a saúde de seus ocupantes, reduzindo-se certos sintomas causados pela exposição a determinados poluentes. A manutenção da temperatura e da umidade em níveis adequados colabora para o bem-estar dos ocupantes dos ambientes (CLAUSEN, 2004; GODISH e SPENGLER, 1996; LIN *et al.*, 2005; WARGOCKI *et al.*, 2004; POSNER *et al.*, 2003; WARGOCKI *et al.*, 2002; WARGOCKI, 2004).

Na Biblioteca Comunitária da UFSCar, foram realizadas coletas preliminares de material particulado em suspensão nas suas frações respiráveis, $MP_{2,5}$ e MP_{10} . Um grupo de trabalho, vinculado ao Departamento de Engenharia Química e coordenado pela Profa. Dra. Mônica Lopes Aguiar, já realizava coletas no local, com uma metodologia já estabelecida. Por isso, a realização de coletas preliminares na biblioteca foi importante, uma vez que já estabelecido o procedimento de coleta, a transposição para o ambiente das salas de aula se daria de forma simples.

Para análise das amostras de material biológico, destaca-se a colaboração dos integrantes do Laboratório de Processos Biológicos (LPB), do Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS), da EESC/USP. A participação do pessoal do Laboratório de Controle Ambiental, do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da UFSCar foi fundamental para coleta e análise do material particulado em suspensão.

2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho foi o levantamento de dados relacionados às condições do ar em ambientes internos e externos, para avaliação da qualidade do ar desses estabelecimentos e sua respectiva comparação com a situação externa. Como foco principal, salas de aula do prédio da Engenharia Ambiental, da Escola de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (USP) foram selecionadas para coleta de dados. Paralelamente, na Biblioteca Comunitária da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), realizaram-se testes preliminares de parâmetros relacionados a este tema.

Nas salas de aula escolhidas para o monitoramento, as variáveis abordadas são constituídas pela análise das concentrações de dióxido de carbono (CO_2), de ozônio (O_3), de dióxido de nitrogênio (NO_2), de formaldeído, a verificação dos níveis

de intensidade luminosa, de ruído, de umidade relativa, de temperatura e a verificação das taxas de ocupação e ventilação, além da coleta de material particulado em suspensão (MP₁, MP_{2,5}, MP₇ e MP₁₀), sua respectiva análise química e concentração de bioaerossóis. Cada parâmetro analisado foi coletado conforme uma metodologia específica e as mesmas estão descritas nos tópicos seguintes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Conceitos principais e pesquisas recentes

Para tratar sobre a poluição atmosférica, é fundamental a definição do que vem a ser um poluente atmosférico. No Brasil, a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 3, de 28 de junho de 1990, define como “poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.

Como já salientado, a QAI é condicionada por uma série de fatores que interagem entre si e cada um deve ser analisado com um grau de detalhamento específico.

Dentre os vários níveis de análise, há uma combinação de agentes que devem ser analisados na poluição do ar interior. Em uma perspectiva física, a concentração de uma substância no interior de um ambiente depende das fontes e das condições de dispersão, dos níveis de temperatura e pressão, e do tempo de exposição a esses fatores. Sob um foco químico, a importância é voltada para a determinação das

substâncias presentes no ambiente em análise com a finalidade de verificar qual a concentração de determinado composto no local. Já, para um ponto de vista biológico, a concentração dos compostos químicos deve ser avaliada com ênfase nos efeitos na saúde (WALSH *et al.*, 1984).

Brickus e Aquino Neto (1999) fizeram uma retrospectiva dos primeiros estudos relativos à QAI. As preocupações atuais para com o tema em discussão surgiram com o desenvolvimento do movimento mundial de conservação de energia, a partir da década de 70. Essa vertente torna-se prioritária desde então nas concepções de projetos, sugerindo uma vedação térmica mais eficiente dos prédios com a finalidade de otimizar o funcionamento de refrigeradores e aquecedores do ar interno. Tal visão foi vastamente aplicada nos países de clima frio e, no Brasil, devido às altas temperaturas, tal modelo foi analogamente incorporado.

As fontes de poluentes do ar interior podem ser classificadas em dois grandes grupos, sendo um deles as fontes externas, como automóveis, construção civil e indústrias, e o outro as fontes internas, como mobiliário, produtos químicos de limpeza, cigarros, equipamentos eletrônicos e a própria atividade humana. Como exemplos de poluentes biológicos do ar em interiores, também denominados bioaerossóis, encaixam-se no perfil os fungos, bactérias, vírus, pólen, escamações de pele, excrementos, entre outros. Já os compostos orgânicos voláteis (COV's), os óxidos de enxofre e nitrogênio (SO_x e NO_x, respectivamente), ozônio (O₃) e produtos da combustão são alguns exemplos de poluentes químicos. Os aerossóis são as partículas sólidas ou líquidas, provenientes de diversas atividades humanas e que também são considerados poluentes do ar (BERNSTEIN, 2004).

Na Tabela 1 são apresentados os principais poluentes do ar e sua respectiva classificação.

Tabela 1 - Classificação dos poluentes do ar (Fonte: Bernstein, 2004).

A - Poluentes primários/secundários
(i) Primários: poluentes emitidos diretamente na atmosfera (ex. SO ₂ , NO _x , CO, MP)
(ii) Secundários: poluentes formados como resultado de reações químicas com outros poluentes e gases (ex. O ₃ , NO _x , MP)

B - Poluentes exteriores/interiores
(i) Interiores
(a) Fontes: combustão, ressuspensão de particulado, materiais de construção, condicionamento de ar, tabagismo, agentes biológicos.
(b) Produtos: produtos da combustão (ex. fumaça de cigarro), CO, O ₂ , COV's (ex: aldeídos, álcoois, alcanos, cetonas), agentes microbiológicos e partículas orgânicas.
(ii) Exteriores
(a) Fontes: industrial, comercial, móvel, urbana, regional, agrícola, natural.
(b) Produtos: SO ₂ , O ₃ , NO _x , CO, MP, COV's.

C - Poluentes gasosos/particulados
(i) Gasosos: SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, COV's (ex: benzeno, aldeídos, dioxinas).
(ii) Particulado: material grosso (2,5-10 µm; padrão legal = MP ₁₀); material fino (0,1-2,5 µm; padrão legal = MP _{2,5}); material ultrafino (<0,1 µm; não regulamentado).

A identificação dos poluentes faz-se útil para estimar sua origem e identificar sua provável fonte. Sendo assim, a classificação apresentada acima é importante para tentativa de identificação do tipo e origem dos compostos encontrados no ar, além de fornecer um panorama geral dos parâmetros. As fontes de poluentes devem ser localizadas e controladas para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, e algumas ações podem ser adotadas, como por exemplo, isolamento da fonte, minimização do tempo de exposição das pessoas, diluição e remoção dos poluentes do ambiente com aumento da ventilação, adoção de equipamentos de filtragem e outras.

Estudos científicos evidenciam a associação do aparecimento de algumas doenças e o aumento da mortalidade infantil com a exposição ao ar contaminado com determinados poluentes (PETERS *et al.*, 1999; WHEELER *et al.*, 2000; BERNSTEIN, 2004; SUNDELL, 2004; MYERS, 2005; FREW, 2005). Alguns trabalhos revelam que doenças, como asma (RICHARDSON *et al.*, 2005) e catarata

(POKHREL *et al.*, 2005) estão associadas à má QAI. A avaliação da qualidade do ar interior em alguns ambientes, a comparação com a qualidade do ar exterior e os possíveis malefícios causados pela exposição a alguns poluentes específicos estão relatados em estudos reunidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Poluentes em ambientes internos e seus efeitos adversos na saúde.

<i>Poluente</i>	<i>Ambiente</i>	<i>Efeito Adverso</i>	<i>Referência</i>
Produtos da degradação de revestimentos de PVC, usados em mobiliário e pisos	Edifícios e escritórios	Asma brônquica	TUOMAINEN, 2004
Éter difenílico polibromado - PBDE. Agente antichama usado em mobiliário e eletrônicos	Residências	Pode afetar a memória e o aprendizado, alterar o comportamento e retardar o desenvolvimento sexual	JONES-OTAZO, 2005
Benzeno	Residências	Carcinogênico	CHATZIS, 2005
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	Residências	Carcinogênico	LI, 2005
COV's	Escritórios, residências e escolas	Carcinogênico	GUO, 2004; KOTZIAS, 2005
Emissões de computadores (fenol, tolueno, formaldeído, estireno)	Escritórios	Câncer, irritação à pele, olhos e trato respiratório	BAKÓ-BIRÓ, 2004
Ozônio	-	Irritante	WESCHLER, 2000
Material Particulado (MP _{2,5} , MP ₁₀ e MPT)	Diversos	Problemas respiratórios, alergias, doenças pulmonares	KAGAWA, 2002; GERRITY, 1995; MENG, 2005; MATSON, 2005; NAZAROFF, 2004; HUSSEIN, 2005
Bioaerossol (bactérias e fungos)	Escritórios e residências	Problemas respiratórios, alergias, doenças pulmonares	KALOGERAKIS, 2005

A Tabela 3 apresenta os poluentes do ar e identifica suas principais fontes de emissão.

Tabela 3 - Poluentes do ar de interiores e suas fontes de emissão (Fonte: EPA, 2002).

<i>Poluentes do ar</i>	<i>Fontes de Emissão</i>
Fuligem de fumaça de cigarro	Acender ou fumar cigarros
Contaminação pela combustão	Fornalhas, geradores, aquecedores a gás ou querosene, produtos derivados do tabaco, ar externo, veículos
Contaminação biológica	Materiais molhados ou úmidos, ar-condicionado, umidificadores, manta de isolamento de dutos, respiros da tubulação de esgotos, excremento de pássaros, de baratas ou de roedores, odores do corpo
Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)	Pinturas, vernizes, solventes, pesticidas, adesivos, ceras, produtos de limpeza, lubrificantes, purificadores de ar, combustíveis, plásticos, copiadoras, impressoras, produtos derivados do tabaco, perfumes
Aldeídos	Chapas e compensados de madeira, aglomerados, carpetes de madeira, móveis, forros
Gases	Solo e rochas (radônio), ventilação da tubulação de esgoto, ralos com fecho hídrico seco, reservatórios subterrâneos com vazamento
Pesticidas	Termiticidas, inseticidas, rodenticidas, fungicidas, desinfetantes, herbicidas
Partículas e fibras	Impressoras, combustão em geral, ar externo, deterioração dos materiais, construção/reforma, limpeza, isolamento

Os ambientes internos e externos podem diferir, significativamente, em relação aos níveis e tipos de poluentes comuns a ambos. Poluentes com fontes predominantemente externas incluem SO_2 , O_3 , pólen, e vários compostos orgânicos. Poluentes gerados originalmente de fontes internas incluem formaldeído, amônia, compostos orgânicos, e bioaerossóis. Material particulado, compostos orgânicos, esporos, CO , NO_x e CO_2 , são poluentes comuns a ambos os ambientes. Diferenças nos níveis de poluentes interiores e exteriores são resultado da reatividade química de alguns poluentes, de sua mobilidade entre os ambientes, da presença de fontes internas, das práticas de construção e manutenção das edificações que reduzem a troca de ar (ventilação) entre os ambientes internos e externos. A razão entre os níveis de concentração interna e externa (índice I/E) de um determinado poluente é um parâmetro importante na avaliação da QAI (GODISH, 1991).

Há uma notável contribuição das pessoas e suas respectivas atividades ocupacionais para a poluição do ar em ambientes fechados. As atividades metabólicas, tanto a respiração quanto a transpiração, liberam substâncias químicas para a atmosfera e, além disso, facilitam o transporte de microrganismos. O hábito de fumar e outras atividades domésticas de rotina (cozinhar, limpar, pintar) contribuem para a depreciação da qualidade do ar. Partículas grandes em suspensão são removidas com simples processos de limpeza, como varrer, aspirar e espanar a poeira. Mas, devido à ressuspensão de partículas pequenas, a concentração dessas substâncias frequentemente aumenta (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

A partir da concentração máxima admissível de um poluente no ambiente e da quantidade de ar externo necessário para sua diluição, é possível garantir o controle da fonte do composto nocivo. Porém, a diluição exige grandes volumes de ar externo e, conseqüentemente, maiores gastos com energia. Por esse e outros motivos, torna-se correto e mais econômico evitar a dispersão dos poluentes químicos, físicos e biológicos, do que adotar ações corretivas (MORAES, 2006).

Lee *et al.* (2002) avaliaram a QAI em residências, escritórios, escolas, “shoppings centers” e restaurantes, avaliando os níveis de CO₂, MP₁₀, COV’s e bactérias. Todos os níveis encontrados de poluentes excederam os níveis aceitos na legislação do país (China), evidenciando deficiências na ventilação dos ambientes, ocupação inadequada, presença de fumantes, uso de materiais de construção e de mobiliário com emissões de poluentes (COV’s). Os estudos de Keller-Olaman *et al.* (2005) demonstram a má qualidade do ar interior de 300 residências da cidade de Hamilton (Canadá) e sua possível influência na qualidade de vida de seus ocupantes.

Blondeau *et al.* (2005) conduziram um projeto que visa avaliar o impacto dos contaminantes encontrados no ambiente externo em locais fechados. A partir da análise de concentrações de NO_x, O₃ e material particulado, foi realizada uma

comparação entre as concentrações no ambiente interno e externo (índice I/E) com a finalidade de serem obtidos parâmetros de QAI. O estudo foi realizado em oito escolas francesas e alguns resultados dos índices I/E são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Índices I/E de salas de aula (Fonte: Blondeau *et al.*, 2005).

<i>Escola</i>	<i>O₃</i>	<i>NO</i>	<i>NO₂</i>	<i>Material Particulado</i>		
				<i>0,3 - 0,4 µm</i>	<i>1,0 - 1,6 µm</i>	<i>5,0 - 7,5 µm</i>
1	0,28	0,98	0,93	1,11	2,76	4,12
2	0,14	0,5	0,88	0,7	1,9	9
3	0,45	0,57	0,93	0,58	1,76	4,97
4	0,28	0,97	0,94	1,18	1,05	4,02

Em Hong Kong, Lee e Chang (2000) avaliaram a QAI em salas de aula de cinco escolas, localizadas em diferentes pontos da cidade e com distintas características de condicionamento de ar. O maior problema encontrado foi em relação ao material particulado, uma vez que o pico de concentração excedeu em mais de três vezes o limite estabelecido em norma. Outro problema detectado foi a respeito da concentração de gás carbônico, já que o valor aferido no interior das salas de aula excedeu o limite estabelecido por normas internacionais.

Ito e Aguiar (2006) realizaram um monitoramento de MP_{2,5} e MP₁₀ em duas bibliotecas na cidade de São Paulo, com a finalidade de estabelecer a razão I/E. Como resultado, na Biblioteca Monteiro Lobato, o índice I/E para MP_{2,5} foi da ordem de 3, enquanto que na Biblioteca da Química da USP de São Paulo, a razão I/E para MP₁₀ assumiu valor 2. Os valores mais altos foram observados nos meses de agosto e setembro, quando há um período de seca, propiciando um aumento na concentração de partículas dispersas no ar. Além disso, um motivo apontado para a alta concentração de MP no interior das bibliotecas avaliadas foi a alta concentração desse material no ar do entorno.

No que tange o material particulado em salas de aula, Janssen *et al.* (1999) publicaram um estudo sobre a concentração e composição desse material neste tipo de ambiente, em Amsterdã (Holanda). A composição do MP₁₀ coletado no local é resultado da ressuspensão do material grosseiro depositado e poeira, devido às atividades exercidas. Não houve comparação da concentração do material em suspensão com guias de qualidade do ar, porém, fica destacada a relevância da análise da composição do material particulado em suspensão.

O conforto e o clima são parâmetros influentes na QAI e necessitam de estudos aprofundados, pois envolve fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. O conforto químico consiste na ausência de odores indesejados, além da manutenção de níveis aceitáveis de contaminantes atmosféricos. O conforto relacionado a sistemas de aquecimento e resfriamento é uma análise do balanço de calor entre o ocupante e o ambiente interno. O conforto térmico depende da temperatura do ambiente, do tipo de roupas e das atividades metabólicas. Um indivíduo sente-se confortável quando a energia do metabolismo é dissipada na mesma razão em que é produzida. Fica claro que o conforto térmico é uma medida complexa de ser estimada, devido à extensão e variedade de fatores envolvidos (MEYER, 1983).

Variáveis relacionadas à QAI em salas de aula nos EUA foram monitoradas por Daisey *et al.* (2003), com ênfase nas taxas de concentração de CO₂, contaminação biológica, formaldeído e o total de compostos orgânicos voláteis. Constatou-se que os locais avaliados apresentam taxas de ventilação inadequadas em comparação às normas vigentes e isso pode acarretar uma série de problemas para o ar interior do ambiente em questão.

Godwin e Batterman (2006) avaliaram parâmetros do ar interior em 64 salas de aula de escolas na cidade de Michigan, nos EUA e relevam a importância da taxa de renovação do ar interior neste ambiente. Houve coleta de dados relativos à

concentração de COV's, CO₂, bioaerossóis, níveis de temperatura e umidade relativa, além de mensuração de taxas de ventilação. Como conclusão, os autores identificaram emissões locais nos ambientes com base na avaliação de parâmetros internos e externos. Eles destacam a importância da renovação do ar interior devido à contaminação proveniente de emissões com fontes internas, como utilização de tintas em aulas de arte ou determinados compostos nas aulas de ciências. A renovação do ar interior mostra-se essencial para evitar altas concentrações desses compostos prejudiciais à saúde humana.

Muitos trabalhos versam sobre a relação entre a concentração de CO₂, taxa de ventilação e ar interior. Mysen *et al.* (2005) trazem análise do sistema de ventilação empregado e densidade de ocupação em escolas primárias da Noruega, com foco no desempenho energético dos sistemas utilizados. Em escolas nos estados norte-americanos de Washington e Idaho, pesquisadores estudaram a influência da presença dos alunos nas salas de aula com a concentração de CO₂ no ambiente, correlacionando esses parâmetros em função do sistema de ventilação instalado no local (SHENDELL *et al.*, 2004). Verifica-se como são avaliadas a importância das taxas de renovação do ar em ambientes internos e a relação com o sistema de ventilação utilizado.

A concepção de um sistema de distribuição do ar exterior em salas de aula é um parâmetro fundamental na determinação da QAI e no conforto térmico dos estudantes. A partir desse pressuposto, Karimipannah *et al.* (2005) propuseram uma modelagem dessa distribuição e o monitoramento de parâmetros como temperatura do ar, velocidade do ar e concentrações de alguns gases atuando como traço, considerando diferentes situações. O trabalho faz uma análise comparativa entre o sistema de distribuição de ar e a QAI a partir de um programa capaz de modelar as

correntes de ar, evidenciando, assim, a importância das taxas e condições de ventilação na determinação do conforto térmico.

A QAI pode ser influenciada pelo ruído no ambiente externo, pois, se este atingir níveis elevados, o ambiente interno deverá ser projetado e preparado para amortecer os seus efeitos nocivos. Em geral, a medida tomada é o fechamento de janelas e portas, implicando em uma diminuição da taxa de ventilação no local e ocasionando outros prejuízos, como aumento concentração de poluentes e diminuição do conforto térmico.

Os sons são formados por vibrações com frequências harmônicas, enquanto que o ruído é um conjunto superposto de vibrações com frequências e intensidades diferentes. Em geral, o ruído pode ser definido como toda sensação auditiva insalubre e/ou como fenômeno acústico não periódico sem componentes harmônicos definidos e, desde 1980, passou a ser tratado como problema de saúde pública pela OMS (RIOS, 2003). Sendo assim, além de ser uma variável importante para a saúde dos frequentadores de um local, é um fator de influência na QAI.

Os ruídos podem ser classificados de acordo com a variação do seu nível de intensidade com o tempo de exposição, sendo as categorias denominadas: contínuos, intermitentes e de impacto ou impulso (RIOS, 2003).

A adequada iluminação de interiores é um aspecto influente na melhora das ambientais de trabalho e evidencia-se a importância dessa vertente na QAI. Em um trabalho realizado por Jaglbauer (2007), ela realiza uma análise da melhora das condições ambientais e de higiene do trabalho em pátios cobertos da indústria mineral e destaca a relevância do projeto adequado do sistema de iluminação devido, entre outros fatores, ao risco de explosão do material reservado. Como resultado do trabalho, chegou-se a uma conclusão de que há uma melhora significativa na produção apenas com a instalação de sistemas de iluminação nos galpões. A

manutenção apropriada e a troca por equipamentos capazes de atingir padrões estabelecidos por normas mostraram-se como ferramentas essenciais para tal meta ser atingida.

A partir desse foco, a avaliação das condições de iluminância nas salas de aula é um tema relevante, pois esse é um fator que pode implicar uma queda de rendimento dos alunos quando o sistema de iluminação das salas se mostra inadequado para tal situação. Além disso, a iluminação inadequada pode interferir nas condições de ventilação do ambiente e, conseqüentemente, na QAI.

3.2. Legislação e Normas

A poluição atmosférica começou a ser regulamentada juridicamente no Brasil com a publicação da Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989. Ela foi a responsável por instituir o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para a proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida, limitando os níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica. Contudo, esta Resolução versa sobre fontes poluidoras externas e qualidade do ar na atmosfera (ambientes externos). Sob o mesmo foco, a Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990, estabelece os padrões de qualidade do ar e os limites de concentração para os poluentes: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio.

Os padrões de qualidade do ar exterior adotados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), baseados na Resolução CONAMA 03/1990, para os poluentes SO₂, MP₁₀, NO₂, CO e O₃ estão exibidos na Tabela 5.

Tabela 5 - Padrões nacionais de qualidade do ar (Fonte: CONAMA 03/90).

<i>Poluente</i>	<i>Padrão diário de qualidade do ar</i>	
SO ₂	365 µg/m ³	média de 24 horas
MP ₁₀	150 µg/m ³	média de 24 horas
CO	9 ppm	média de 8 horas
NO ₂	150 µg/m ³	máximo de 1 hora
O ₃	160 µg/m ³	máximo de 1 hora

A preocupação com QAI aparece, pela primeira vez, na Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que aprovou Regulamento Técnico para manutenção e limpeza de sistemas de climatização de ambientes.

Em 16 de janeiro de 2003, a ANVISA publicou a Resolução - RE/ANVISA nº 9, revisando e atualizando a RE/ANVISA nº 176, de 24 de outubro de 2000, e regulamentando os padrões referenciais de qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Esta Resolução recomenda que sejam adotadas para fins de pesquisa e com o propósito de levantar dados sobre a realidade brasileira, assim como para avaliação e correção das situações encontradas, as possíveis fontes de poluentes informadas nas Tabelas 6 e 7.

A Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA) publicou, em 2003, uma Resolução Normativa, RN 02, cancelando e substituindo a RENABRAVA II, publicada em 2000, e estabelecendo diretrizes de projeto, operação e manutenção para a obtenção de ar interior de qualidade aceitável em locais providos de sistema de condicionamento de ar e ventilação para conforto.

Tabela 6 - Possíveis fontes de poluentes biológicos (Fonte: RE/ANVISA N°9).

<i>Agentes Biológicos</i>	<i>Principais fontes em ambientes internos</i>	<i>Principais medidas de correção em ambientes interiores</i>
Bactérias	Reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumidificadores, umidificadores, serpentinas de condicionadores de ar 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 infiltrações; higienizar as superfícies.
Fungos	Ambientes úmidos e demais fontes de multiplicação fúngica, como materiais porosos orgânicos úmidos, forros, paredes e isolamento úmidos; ar externo, interior de condicionadores e dutos sem manutenção, vasos de terras com plantas.	Corrigir a umidade ambiental; manter sob controle rígido vazamento, 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 ² 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 fontes.
Pólen	Poeira caseira.	Manter filtragem de acordo com NBR-6401 da ABNT.
Artópodes	Poeira caseira.	Higienizar as 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.

Tabela 7 - Possíveis fontes de contaminantes químicos (Fonte: RE/ANVISA N° 9).

<i>Agentes químicos</i>	<i>Principais fontes em ambientes interiores.</i>	<i>Principais medidas de correção em ambientes interiores</i>
CO	Combustão (cigarros, queimadores de fogão e veículos automotores).	Manter 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;
CO ₂	Produtos do 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.
NO ₂	Combustão.	Restringir as fontes de combustão e o tabagismo em áreas fechadas; eliminar a infiltração de fontes externas, manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão.
O ₃	Máquinas copiadores e impressoras a laser.	Adotar medidas específicas para reduzir a contaminação dos ambientes interiores, como exaustão do ambiente ou enclausuramento em locais exclusivos para os equipamentos que apresentem grande capacidade de produção de O ₃ .
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.
Material Particulado	Poeiras 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 internas 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.
Fumo de Tabaco	Queima de cigarro, charuto, cachimbo, etc.	Aumentar a renovação do ar externo; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
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.
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.

A respeito do conforto térmico, já foi salientado que esta é uma variável de difícil valoração devido a sua vasta e complexa teia de parâmetros envolvidos, dentre eles, o metabolismo humano. Contudo, do ponto de vista de temperatura adequada para o conforto térmico, a RE/ANVISA nº 9 de 2003 estabeleceu limites para a temperatura e umidade, em diferentes estações do ano. A faixa de temperatura considerada “confortável” está entre 23 e 26°C no verão, e 20 e 22°C no inverno. Os níveis de umidade relativa devem estar no intervalo de 40 a 65% no verão, e 35 e 65% no inverno.

Ainda sobre a RE/ANVISA nº 9, ela estabelece limites da quantidade de CO₂ no ambiente. A RN02 de 2003 da ABRAVA também impõe valores limites para a concentração desse gás no ambiente interno, entretanto, as recomendações para avaliação e controle contidas nessa norma seguem as mesmas já adotadas na RE/ANVISA nº 9. A diferença das duas publicações dá-se na imposição dos valores limites do gás. A RN02 de 2003 recomenda valores menores do que 3500 ppm em ambientes fechados, e a RE/ANVISA nº 9 estipula um limite de 1000 ppm.

Há um Valor Máximo Recomendável (VMR) para a contaminação biológica, que se caracteriza por estabelecer um valor limite recomendável que separa as condições de ausência e presença do risco de agressão à saúde humana. A RE/ANVISA nº 9 e a RN02 de 2003 estipulam os mesmos limites para contaminação biológica. O VMR deve ser de 750 UFC/m³, para relação I/E menor do que 1,5, em que UFC é a sigla de Unidades Formadoras de Colônias, I é a quantidade de fungos no ambiente interno e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior. É inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui normas a respeito do monitoramento dos níveis de ruído em ambientes. A NBR-10151 de 2000 dá os direcionamentos para verificação dos valores nos ambientes, enquanto que a

NBR-10152 de 2000 versa sobre os limites para cada tipo de ambiente. Para as salas de aula, a NBR-10152 estipula um intervalo entre 40 e 50 dB como faixa recomendável.

Para a avaliação da intensidade luminosa e seus valores máximos aceitáveis, há duas normas da ABNT sobre o tema. A NBR 5382 dita o procedimento de verificação da iluminância em interiores e a NBR 5413 estipula os valores de iluminância de interiores a partir da aplicação da primeira. O valor médio, em LUX, determinado pela norma é de 300, porém, dependendo da situação, ele pode variar de 200 a 500 LUX.

A taxa de ventilação em salas de aula, tanto como a ocupação deste ambiente, são fatores determinantes da QAI. A *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE) publicou uma norma contendo valores recomendados para estes valores citados, dando diretrizes para o dimensionamento, operação e manutenção dos sistemas de ventilação, além de uma faixa recomendada de ocupação em função da área utilizada. Esses valores são encontrados na norma ASHRAE 62, com o título de *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. No Brasil, a RN 02 da ABRAVA traz como referência a norma da ASHRAE e indica os valores a serem adotados tanto para taxa de ocupação quanto para de ventilação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos e equipamentos empregados para a avaliação dos parâmetros propostos, além da descrição dos ambientes selecionados para o desenvolvimento do trabalho, ou seja, as salas de aula e a biblioteca. São descritos os instrumentos e métodos utilizados para coleta de dados sobre a concentração de compostos gasosos dispersos no ar (CO₂, O₃, formaldeído, NO₂), dos níveis de intensidade luminosa, ruído, umidade relativa,

temperatura, bioaerossóis, material particulado em suspensão e sua análise química, além da determinação das taxas de ocupação e ventilação.

4.1. Salas de Aula

As salas de aula foram escolhidas com base na facilidade de locomoção, tanto de pessoal quanto de, principalmente, material para análise, e na proximidade com o Laboratório de Processos Biológicos, localizado na Área 2 do Campus de São Carlos da Universidade de São Paulo. As análises de material biológico devem ser coletadas e, se possível, incubadas rapidamente, para diminuir os riscos de contaminação. Por isso a proximidade do Laboratório com as salas de aula foi um fator conveniente para a escolha do local.

Foram selecionadas duas salas de aula do prédio da Engenharia Ambiental na Área 2 do Campus da USP de São Carlos, denominadas salas 26392 e 26393. Este prédio possui dois pavimentos e essas salas estão localizadas no pavimento inferior. Cada sala possui uma área de $67,5 \text{ m}^2$ e volume de 223 m^3 , onde em média são acomodados 45 alunos. As salas não possuem sistemas de condicionamento de ar ou de ventilação forçada, possuindo apenas sistema natural de ventilação, com sete janelas, do tipo basculante, e uma porta de duas folhas. As Figuras 1 e 2 apresentam fotografias das salas de aula escolhidas.



(a)



(b)

Figura 1. Sala de aula 26392: (a) Vista da parede onde se situa a lousa; (b) Vista da porta de acesso à sala de aula.



(a)



(b)

Figura 2. Sala de aula 26393: (a) Vista da parede onde se situa a lousa; (b) Vista da porta de acesso à sala de aula.

É importante destacar o bom estado de conservação das salas de aula, tendo em vista o recente período de utilização, já que o prédio é uma obra construída há poucos anos. As Figuras 3, 4 e 5 mostram desenhos simplificados das salas de aula, além da distribuição das carteiras. Deve-se esclarecer que as faces sudeste, sudoeste e nordeste das salas são voltadas para o lado externo do prédio e a face noroeste é voltada para um corredor interno de circulação. As janelas estão localizadas na face nordeste da sala 26392 e na face sudoeste da sala 26393.

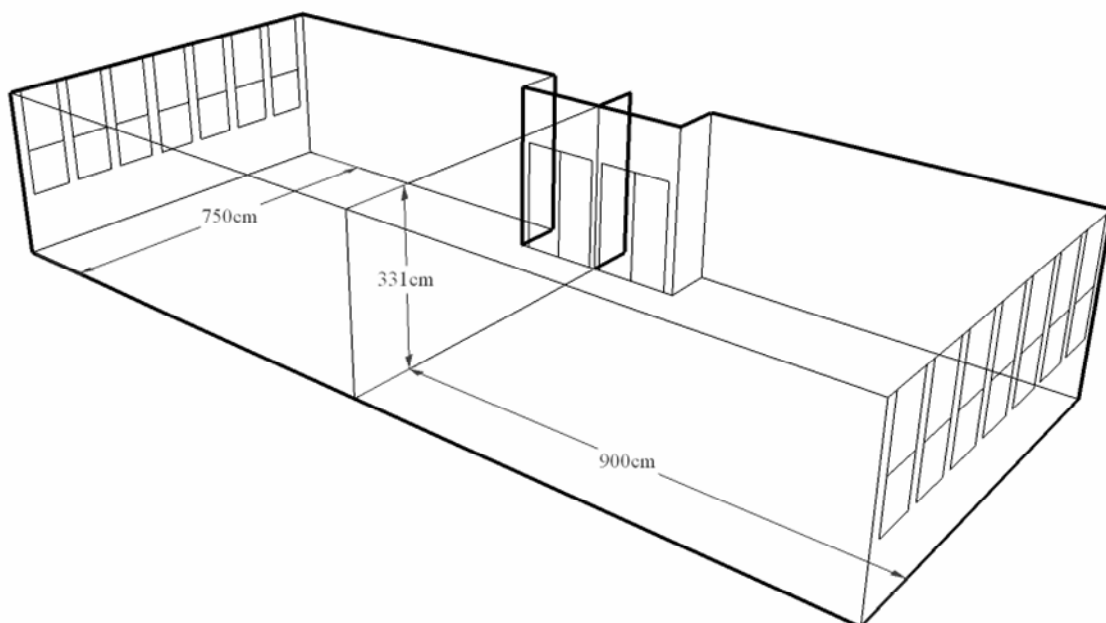


Figura 3. Representação das salas em perspectiva.

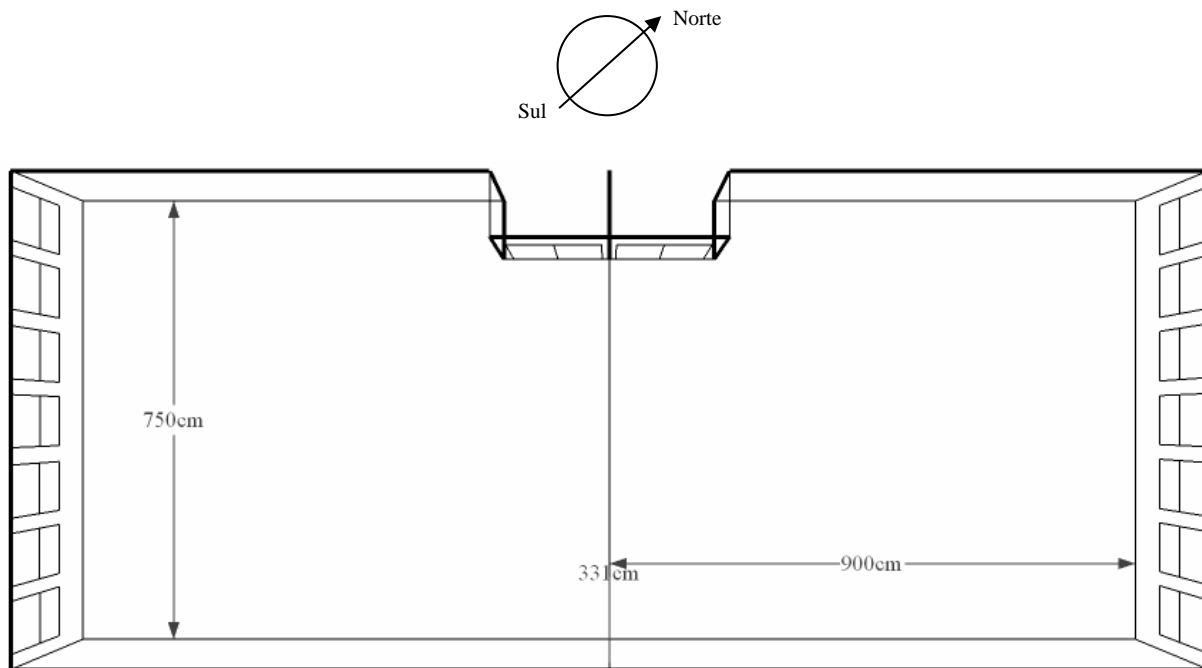


Figura 4. Representação das salas em planta e orientação em relação ao norte geográfico.

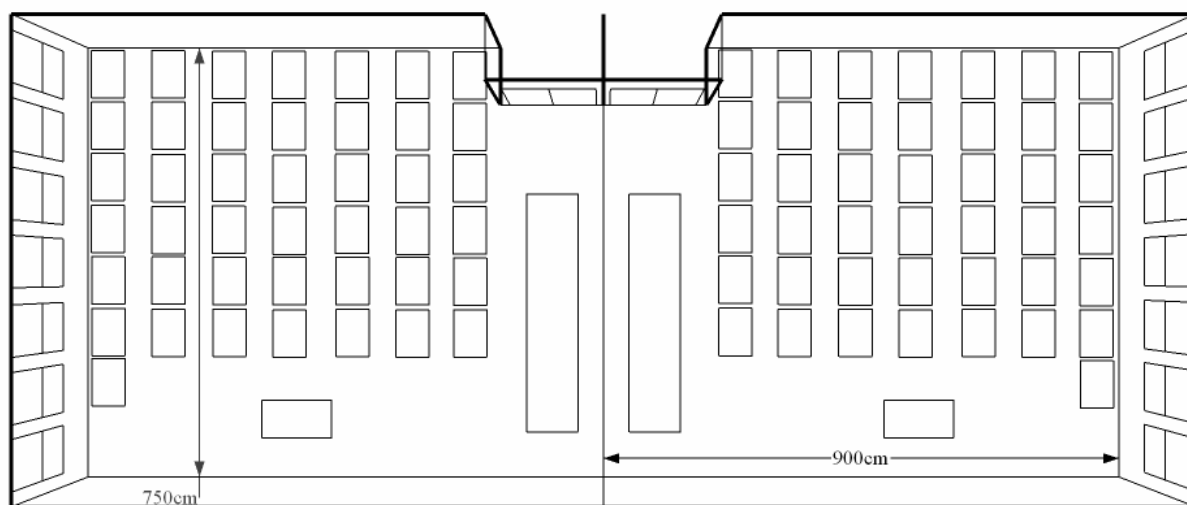


Figura 5. Representação das salas e o posicionamento das carteiras.

Após a seleção das salas para o monitoramento, fixaram-se os dias e períodos de amostragem. Assim, fixaram-se dois dias e seus respectivos períodos para a avaliação nas duas salas de aula da Engenharia Ambiental, sendo selecionadas a segunda-feira no período da tarde e a quarta-feira, também no mesmo período, para o ano de 2007. Para as coletas correspondentes ao ano de 2008, o dia escolhido foi a quarta-feira, no período da tarde e foi realizado a amostragem na sala 26392.

4.2. Biblioteca

No interior das dependências da Biblioteca Comunitária da UFSCar, localizada na cidade de São Carlos/SP, no km 235 da Rodovia Washington Luís, foi realizado um monitoramento relativo ao material particulado em suspensão nas frações respiráveis, ou seja, com diâmetro menor ou igual a 2,5 μm e também 10 μm .

A biblioteca possui 9.000 m^2 , divididos em cinco pavimentos, nos quais se distribuem 904 estantes de aço para o acervo geral, 600 postos de leitura, 31 cabines de estudos, além de seis salas climatizadas para guarda de acervos especiais.

4.3. Análise de gases

A concentração de dióxido de carbono foi avaliada com um analisador digital programável de gases, marca RAE Systems, modelo MultiRAE IR - PGM54, conforme apresenta a Figura 6. Este equipamento é de fácil utilização e seu funcionamento consiste, basicamente, na sucção do ar e análise em sensor interno. A concentração de CO_2 é exibida, de forma contínua, diretamente no painel do equipamento, na unidade de ppm (partes por milhão).



Figura 6. Monitor de gases portátil da RAE Systems, modelo MultiRAE IR - PGM54.

Como já salientado anteriormente, a RN02 de 2003 da ABRAVA relaciona as avaliações e controles da concentração de CO_2 no ar com as recomendações da

Resolução nº 9 de 16 de janeiro de 2003 da ANVISA. Na RE/ANVISA nº 9, há a Norma Técnica 002 que fornece as recomendações de como deverá ser feita a coleta dos dados de concentração de dióxido de carbono nesse ambiente. Por se tratar de um ambiente interior de uso coletivo, a Norma Técnica 002 sugere um equipamento de leitura direta para a amostragem, com uma periodicidade semestral, para uma faixa de concentração de 0 a 5000 ppm. Tendo em vista que cada sala possui menos de 1000 m² de área construída, o número mínimo de amostra indicado por essa Norma é de apenas uma. O ponto de coleta deve estar situado a 1,5 m de distância do piso, no ponto central do local. Essa Norma Técnica foi tomada como base para a coleta dos dados referentes à concentração de CO₂, sendo que todas as recomendações foram respeitadas e os resultados obtidos estão descritos no tópico apropriado.

As concentrações de O₃ e NO₂ foram determinadas com uma bomba de sucção manual para tubos colorimétricos, marca RAE Systems, modelo LP 1200. Cada tubo fornece a concentração de um determinado poluente correspondente. O conjunto de tubos colorimétricos são da marca RAE Systems e permitem análise dos gases: NO₂, na faixa de 0,5 - 30 ppm; e O₃, na faixa de 0,05 - 0,6 ppm. O material utilizado para esta etapa é exibido na Figura 7.



Figura 7. Bomba de sucção manual da marca RAE Systems, modelo LP 1200 e tubos colorimétricos da marca RAE Systems.

A bomba de sucção manual é utilizada em conjunto com tubos colorimétricos, que são pequenos tubos de vidro lacrados, no interior dos quais um

reagente químico específico está contido. Os tubos são encaixados no bocal de sucção da bomba com o lacre rompido e um determinado volume de ar é aspirado. Ocorre, então, uma reação química em seu interior e, pela mudança de coloração do interior do tubo, as concentrações dos gases podem ser estimadas, a partir de uma escala graduada impressa na parede do tubo.

Dentre os COV's comumente encontrados no ar, o formaldeído foi o composto escolhido para análise de sua concentração, em ppm, nas salas de aula. Para tanto, um CMS (Sistema de Monitoramento por *Chip*) da marca Dräger foi empregado, sendo o mesmo composto por um analisador eletrônico e um *chip* específico para a substância. Este material foi gentilmente cedido pela Profa. Dra. Mônica Lopes Aguiar, do Departamento de Engenharia Química da UFSCar. Os *chips* são sensíveis ao formaldeído, indicam a concentração em uma faixa de 0,20 a 5 ppm para esse composto químico e são compostos por dez capilares contendo reagentes específicos. Há *chips* compatíveis para realização de amostragens de ozônio, sendo que a faixa de determinação vai de 25 a 1000 ppb.

O analisador coleta uma quantidade de ar e, após estabelecer uma conexão estanque com todo o sistema de condução de gás e o capilar do *chip*, um sistema de bombeamento succiona um fluxo mássico de ar constante através do capilar, para assim, registrar os resultados por meio de uma medição óptica-elétrica da reação entre a substância dispersa no ar com o reagente específico e, por essa razão, elimina a imprecisão humana no momento da leitura das medidas. Tanto o analisador quanto os *chips* são apresentados na Figura 8.



(a)



(b)

Figura 8. Sistema de Monitoramento por Chip (CMS) da marca Dräger: (a) Analisador de gases; (b) conjunto de chips.

Em normas publicadas no Brasil, há poucas referências a estes gases avaliados e, por isso, não há limites claramente estabelecidos para a concentração de gases como o dióxido de nitrogênio. Na RN02 da ABRAVA há uma referência à concentração de formaldeído como padrão referencial de qualidade do ar interior, porém, tem como base uma norma canadense de 1984 da *Exposure Guideline for Residential Indoor Air Quality*. No que concerne outros poluentes do ar, a RN02 da ABRAVA indica o *Appendix B* da norma da americana ASHRAE 62-2001, porém, ela não indica explicitamente em seu corpo de texto os valores aceitáveis.

No livro de Lide (2004), há um documento reunindo limites de poluentes do ar recomendados por uma série de organizações americanas e serviu de base para os valores referenciados neste projeto. Este documento é uma compilação de dados da *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), do *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), e da organização não-governamental *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH).

Esse texto fornece um dado denominado *threshold limit value* - TLV, que é definido como o nível de concentração máximo a ser mantido em um ambiente interno para que os freqüentadores do local possam ficar expostos durante as ações cotidianas sem que ocorram efeitos adversos. O TLV é baseado em dois valores: o *time-weighted average* (TWA), que é a concentração para um período normal de 8 horas de trabalho por dia e 40 horas de trabalho semanais; e o *short-term exposure limit* (STEL), que é a concentração máxima que pode ocorrer em não mais que 15 minutos.

Um importante fator considerado é a não padronização das medições em ambientes internos nas normas brasileiras. O procedimento que deve ser adotado para a coleta de dados não é caracterizado com detalhes, o que pode levar a uma imprecisão e desigualdade dos resultados quando comparados a valores estabelecidos em normas.

4.4. Intensidade luminosa, ruído, umidade e temperatura

Para a avaliação de intensidade luminosa no ambiente, empregou-se um luxímetro digital, marca dpUnion, modelo DPU-600. O equipamento apresenta uma faixa de medição que vai de 0,1 a 200.000 LUX. A Figura 9 demonstra o instrumento utilizado para tal medição.

Em relação às normas existentes sobre intensidade luminosa, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou duas normas referentes a esse tema. Uma delas é a NBR 5382 que descreve como deve ser realizado o procedimento de Verificação da Iluminância em Interiores. A outra é a NBR 5413, que traz os valores recomendados para a Iluminância de Interiores para cada tipo de ocupação do ambiente interno, baseado nos resultados da aplicação da primeira norma. A NBR 5382 traz informações sobre como deve ser o procedimento para coleta dos valores

de intensidade luminosa, porém, para os casos citados na norma, não pôde ser traçada uma relação entre a situação da sala de aula e as recomendações da norma.



Figura 9. Luxímetro digital da dpUnion, modelo DPU-600.

Com a finalidade de traçar um perfil da intensidade luminosa dentro das salas, as carteiras foram numeradas e, após esta etapa, escolhidas através do traçado de duas diagonais em relação à distribuição geral das mesmas. Assim, foi possível detectar os pontos de maior incidência de luminosidade em relação às carteiras dentro do ambiente selecionado. Em cada extremidade da sala traçou-se uma diagonal, resultando num total de duas diagonais que se cruzam em uma carteira no meio da sala. As medições de intensidade luminosa foram realizadas nos dois períodos do dia (manhã e tarde), sob duas condições distintas das cortinas (abertas e fechadas), sendo que o luxímetro foi posicionado em cima da carteira, simulando a quantidade de luz que incide sobre os livros e cadernos dispostos na carteira. A Figura 10 indica a seleção das carteiras, sendo que estão destacadas em verde as escolhidas para coleta de dados.

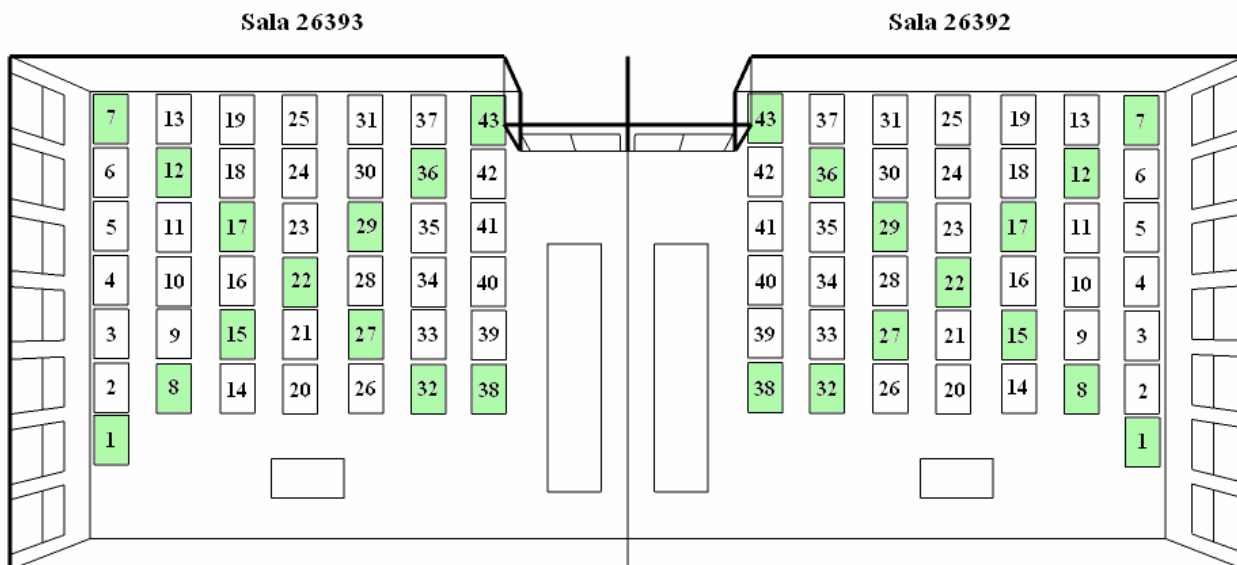


Figura 10. Carteiras escolhidas para amostragem de intensidade luminosa.

O ruído dentro do ambiente foi analisado com um decibímetro digital, marca Roline, modelo RO-1350, com faixa de medição de 35 a 130 db. Para efetuação dessa avaliação, tomou-se o nível de ruído proveniente do ambiente externo durante o período de aula. Com o aparelho dentro da sala e com os alunos em silêncio, foi anotado o ruído proveniente do ambiente externo para posterior comparação às recomendações. Dessa forma, verifica-se o nível de interferência do ruído externo em relação ao ambiente interno durante o período de aulas. O instrumento utilizado para as medições está apresentado na Figura 11.



Figura 11. Decibímetro digital da Roline, modelo RO-1350.

Para as medições do nível de ruído dentro das salas de aula em questão, a NBR-10151 de 2000 forneceu os requisitos a serem obedecidos para execução nesta etapa. Sendo assim, as medições realizadas no interior da edificação foram realizadas a uma distância maior que um metro em relação a qualquer superfície. Destaca-se o fato de que as medições foram realizadas nas condições normais, ou seja, com as janelas e portas abertas durante o período normal de aula no prédio.

Empregou-se um termohigrômetro digital, marca Rotronic, modelo Hygropalm 0 para a avaliação dos níveis de umidade relativa e temperaturas ambientes. Além disso, o aparelho também fornece os valores de temperatura bulbo úmido e de ponto de orvalho, possibilitando o cálculo da umidade absoluta. A Figura 12 mostra a foto do instrumento descrito.



Figura 12. Termohigrômetro digital, marca Rotronic, modelo Hygropalm 0.

Para a coleta de dados de temperatura, foi utilizada a Norma Técnica 003 da RE/ANVISA nº 9 de 2003. Essa recomenda a utilização de um amostrador de leitura direta, do tipo termohigrômetro com faixa de temperatura de 0°C a 70°C e umidade de 5% a 95%. O número de pontos de amostras de ar interior é indicado por base a área construída e resultou em apenas um ponto, dado que a área construída é menor do que 1000 m². O ponto de coleta deve ser situado a 1,5 m do piso do ambiente, no

centro do local a ser analisado. Esses aspectos foram atendidos para a coleta de dados referentes à temperatura e umidade relativa.

4.5. Bactérias e fungos

A coleta do material biológico em suspensão seguiu uma série de etapas detalhadamente descritas nos tópicos abaixo. A metodologia utilizada, bem como toda aparelhagem envolvida nesta parte do trabalho, apresenta-se a seguir.

4.5.1. Preparação dos meios de cultura e placas

O meio de cultura do tipo Agar Nutriente, marca Merck, série Mikrobiologie, foi empregado para a cultura de bactérias e sua preparação foi efetuada de acordo com as recomendações indicadas no rótulo, sendo necessária uma quantidade de 20 g do produto para cada litro de água destilada. Em seguida, o meio era vertido em frascos Duran com capacidade de 400 mL e o material era esterilizado em uma autoclave vertical durante 20 minutos a 120°C. O meio era estocado em geladeira após o resfriamento do mesmo. A preparação usual era de 200 mL em cada oportunidade para que seu uso fosse o mais breve possível, contribuindo para diminuir os riscos de contaminação durante o manuseio.

Para a utilização do meio de cultura no experimento, fundia-se o conteúdo do frasco Duran armazenado na geladeira em um forno microondas e cerca de 20 mL do meio estéril era transferido para placas de petri estéreis, sendo esse procedimento realizado próximo a uma chama. Após essa etapa, as placas eram tampadas e seladas com filme plástico para evitar riscos de contaminação e manter a frescura do meio de cultura. As placas eram aproveitadas para a coleta logo em seguida.

Para a cultura de fungos, o procedimento realizado foi análogo, porém o meio de cultura empregado foi o do tipo Sabouraud Dextrose Agar, marca Acumedia,

sendo empregado 65 g do meio para cada litro de água destilada para a preparação do mesmo.

4.5.2. Coleta de bioaerossol

Para coletar e determinar o número de microorganismos viáveis foi realizada uma filtração do ar do ambiente com uso do sistema de filtração especialmente construído para tal finalidade, de acordo com Catranis *et al.* (2006). Ele é composto por um funil com garra, marca Nalgene, modelo 315-0047; um medidor de vazão tipo rotâmetro, marca Conaut, modelo 440, escala de 140 a 1400 L/h; uma válvula tipo globo e uma bomba de vácuo, da marca Fisatom, modelo 820, conforme observado na Figura 13. O funil com a garra é fixado em uma haste, cuja altura em relação ao solo é ajustável. Os componentes do sistema de filtração descrito acima com maiores detalhes são apresentados na Figura 14 e é importante ressaltar que parte do sistema descrito também é utilizada no projeto para a coleta de material particulado total.

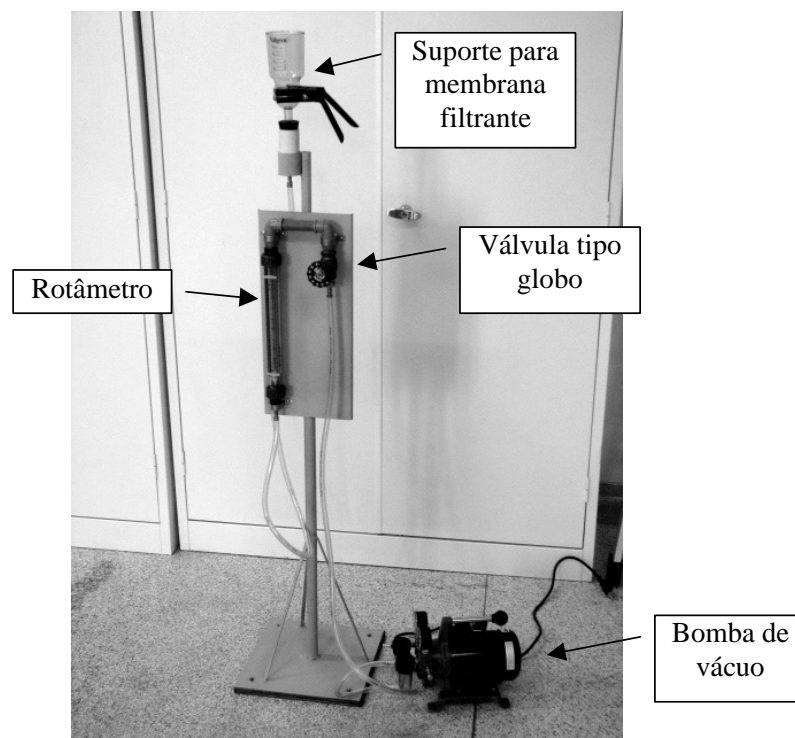
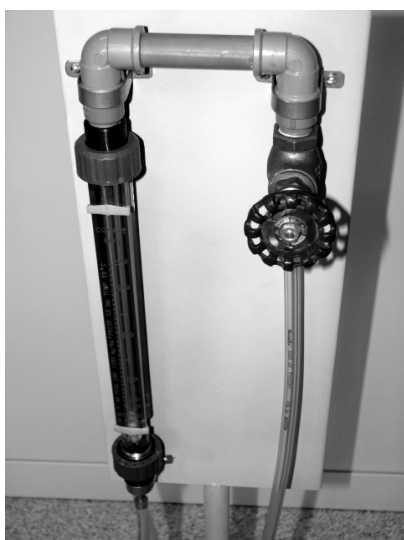


Figura 13. Sistema de filtração para avaliação de bactérias e fungos.



(a)



(b)



(c)

Figura 14. Detalhamento do sistema de filtração empregado: (a) painel com rotâmetro e válvula reguladora; (b) funil com garra para suporte de membrana filtrante em haste regulável; (c) bomba de vácuo.

As membranas utilizadas como meio filtrante para a coleta desse material foram as de acetato de celulose, marca Sartorius, com diâmetro de membrana de 47 mm e diâmetro de poro de $0,2 \mu\text{m}$. Este tipo de membrana foi escolhido para as amostras, pois apresentou uma melhor absorção quando em contato com o meio de cultura se comparada a outros materiais de membranas existentes. As membranas de acetato de celulose eram esterilizadas, juntamente com os componentes que entram em contato com a mesma, na autoclave vertical. A temperatura alcançada pela

autoclave era em torno de 100°C, enquanto que a membrana empregada possui resistência máxima até o limite máximo de 130°C.

A vazão de ar coletada foi fixada em 600 L/h, ou 10 L/min, e o tempo de coleta foi de 60 minutos, correspondendo à capacidade média de respiração de um ser humano. Decorrido o tempo de filtração, a membrana filtrante era retirada do funil suporte, com auxílio de uma pinça esterilizada e já depositada em uma placa de petri com meio de cultura previamente preparado. As placas eram levadas para uma incubadora do tipo estufa por um período de 24 horas a 30 °C. Decorrido esse período, observava-se o possível aparecimento das colônias formadas. Após essa primeira etapa, novas observações foram feitas em intervalos de 12 horas.

4.5.3. *Microscopia*

Para identificação preliminar dos microorganismos coletados nas amostragens, foram realizados ensaios de microscopia, para verificação de suas morfologias.

Após o período de incubação, uma amostra de cada colônia foi transferida para lâminas de vidro para observação ao microscópio sobre luz comum e contraste de fase. Uma alíquota de amostra foi transferida da placa com alça de platina e colocada em uma fina camada de ágar 2% solidificado, disposto entre lâmina e lamínula, para diminuir o movimento das células.

Utilizou-se microscópio Leica DM LB, acoplado a câmara Leica DC 200 e *software* Image-Pro plus (versão 4.5.0.19). Foram usadas as seguintes condições de aumento: ocular 10, objetiva 100 e *zoom* de 2.

4.5.4. Concentração de microrganismos

A razão entre o número de colônias formadas na membrana sobre o meio de cultura e o volume de ar coletado na sala de aula fornece o valor da concentração de microrganismos viáveis para cada amostra considerada. Essa unidade é utilizada para comparação com valores recomendados em normas vigentes no país, e sua formulação está disposta de acordo com a Equação 1 a seguir.

$$\text{UFC/m}^3 = \frac{\text{número de colônias observadas}}{[\text{tempo de coleta (h)}] \times [\text{vazão de ar (m}^3/\text{h)}]} \quad [\text{Equação 1}]$$

em que UFC é o número de unidades formadoras de colônias.

Para a determinação da concentração total de microrganismos na amostra de ar coletada, somava-se a concentração de bactérias e fungos, uma vez que cada tipo de microrganismo era cultivado em separado. O valor estabelecido em normas é referente ao material biológico em suspensão, não havendo distinção entre o tipo de microrganismo coletado.

4.6. Material particulado

Como uma etapa preliminar e descritiva, decidiu-se incluir a avaliação das frações respiráveis do material particulado em suspensão, devido à disponibilidade de um equipamento específico para esse fim, cedido, gentilmente, pela Prof^a. Dr^a. Mônica Lopes Aguiar, do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos. Depois da experiência adquirida, decidiu-se implantar este mesmo método para coleta das frações respiráveis do material particulado em suspensão nas salas de aula da Engenharia Ambiental da EESC/USP. Com o material

disponível e conhecimento das técnicas utilizadas para coleta, a única adaptação necessária foi em relação ao ambiente a ser caracterizado.

A Figura 15 fornece os detalhes construtivos da unidade em questão, enquanto que a Figura 16 apresenta como foi estruturada a unidade filtrante a ser acoplada ao medidor de vazão e à bomba.

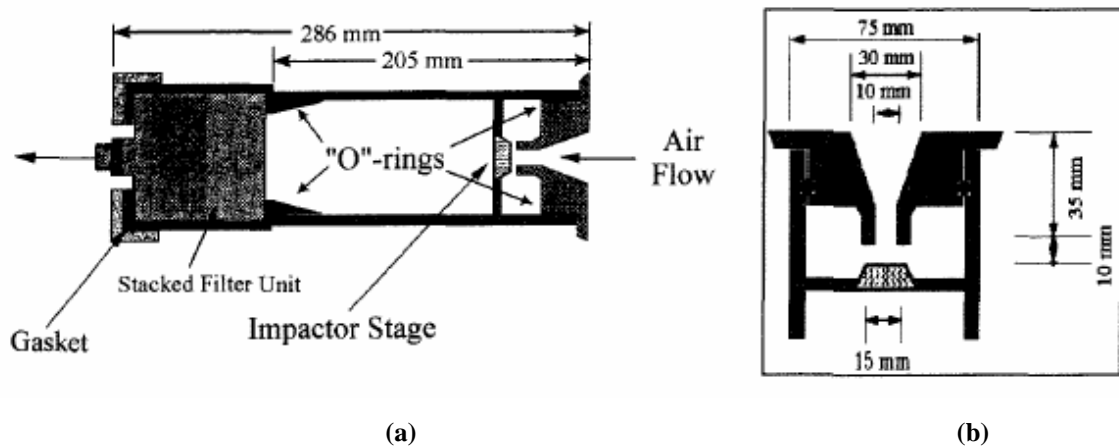


Figura 15. Detalhamento da unidade filtrante e seus componentes: (a) Unidade por completo; (b) Aspectos construtivos do Estágio de Impactação.

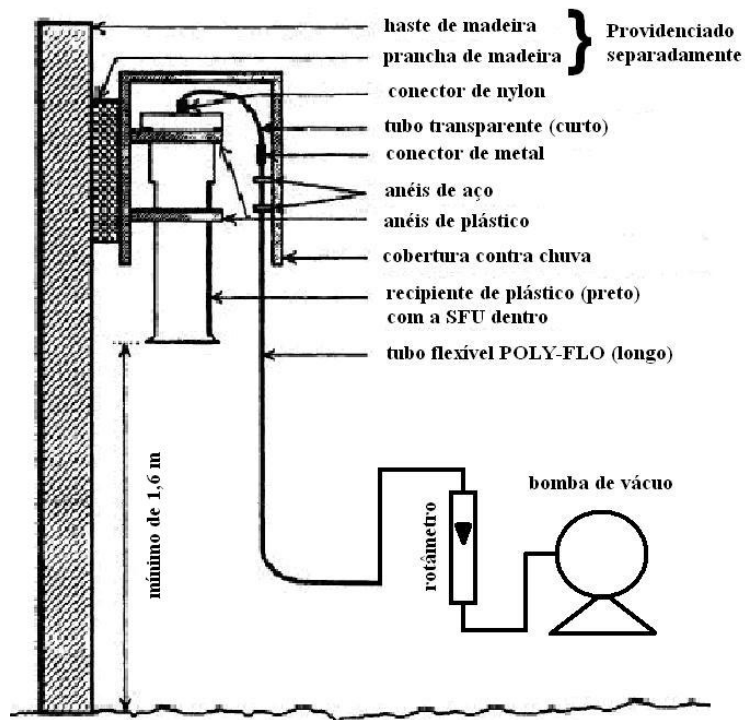


Figura 16. Montagem do equipamento para coleta de material particulado, com ênfase na unidade coletora.

Neste equipamento, o ar entra pelo orifício e encontra um impactador projetado para ter 50% de eficiência de coleta para material particulado com diâmetro equivalente de 10 μm . Após passar pelo estágio de impactação, o ar passa a ter uma elevada concentração de partículas com diâmetro menor ou igual a 10 μm e atinge a unidade filtrante (SFU - Stacked Filter Unit). A SFU é composta por suportes do tipo grades de metal para duas membranas seqüenciais, sendo a primeira com porosidade de 8,0 μm e a última com porosidade de 0,4 μm . Uma parte do particulado fica retida na primeira membrana, destinada a coletar o MP_{10} , sendo que o restante do particulado passa e atinge a segunda membrana, destinada a coletar o $\text{MP}_{2,5}$. As membranas submetidas a esse processo foram encaminhadas para uma balança analítica com precisão de 1 μg e, dessa forma, a massa de particulado correspondente ao MP_{10} e ao $\text{MP}_{2,5}$ pôde ser obtida. A balança utilizada para as análises por gravimetria é da marca Mettler Toledo, modelo MT5.

A unidade opera com uma vazão de 960 L/h, ou 16 L/min, e é acoplada a um suporte com altura de, no mínimo, 1,6 m de altura em relação ao solo, com a finalidade de simular uma situação real do quanto de material particulado em suspensão está sendo inspirado pelos ocupantes do ambiente. Para as coletas de particulado, empregaram-se as membranas confeccionadas com policarbonato Nucleopore® Track-Etch, da marca Whatman.

Para a aplicação nas salas de aula, promoveu-se uma adaptação do equipamento utilizado na Biblioteca Comunitária da UFSCar. Para esta variável, os instrumentos e procedimentos considerados anteriormente foram adaptados para aplicação no novo local, principalmente no que tange a bomba de vácuo empregada. Para as salas de aula, a mesma situou-se na parte externa do ambiente e foi conectada ao rotâmetro com o auxílio de uma longa mangueira, o que possibilitou amostragens por períodos maiores sem causar incômodos aos ocupantes do ambiente. Em suma, o

sistema de filtração descrito no item 4.5.2 foi empregado para as análises, porém, ao invés de um porta-filtro e um copo, foi acoplado a unidade coletora sugerida por Hopke *et al.* (1997). A equipe da Profa. Dra. Mônica Lopes Aguiar gentilmente forneceu parte do material e auxiliou na aplicação das técnicas necessárias à realização do experimento. As membranas eram as mesmas utilizadas para as coletas na Biblioteca, ou seja, de policarbonato Nucleopore® Track-Etch, da marca Whatman.

A análise da concentração de material particulado foi realizada pelo método gravimétrico, assim como as da Biblioteca Comunitária. Para as salas de aula, primeiramente, o tempo de coleta foi de 1 hora, e, em um segundo momento, após a análise de alguns resultados preliminares, decidiu-se aumentar o tempo de coleta para 2 horas com a finalidade de uma adequação dos valores determinados.

Um segundo equipamento foi utilizado para a determinação do material particulado da sala de aula. É importante destacar que este instrumento também foi gentilmente fornecido pela Profa. Dra. Mônica Lopes Aguiar, da UFSCar. A Figura 17 apresenta uma ilustração do contador de partículas, modelo AEROCET 531, da marca Met One.



Figura 17. Contador de material particulado AEROCET 531, da marca Met One.

Este equipamento fornece dois tipos de dados, porém de forma independente: a quantidade de partícula em dois tamanhos (0,5 e 5 μm); concentração, em mg/m^3 , nas frações MP_1 , $\text{MP}_{2,5}$, MP_7 , MP_{10} e material particulado total em suspensão (PTS). Para as amostras em contagem de partículas, ele faz amostragens de um minuto de duração e armazena o valor final com a quantidade de material coletado ao final do período. Já para a análise de concentração de partículas, ele faz uma coleta de dois minutos e, depois de decorrido esse tempo, ele armazena o dado correspondente. Ele é capaz de armazenar uma grande seqüência de valores, o que viabiliza sua utilização durante horas, porém, a apresentação dos resultados é feita para cada intervalo de tempo selecionado, ou seja, para a contagem de partículas em uma hora, há sessenta valores armazenados de minuto em minuto. A concentração de partículas é calculada por dois fatores, sendo um a contagem de material por meio de um laser espelhado e um algoritmo específico retorna o valor correspondente à concentração, na unidade de mg/m^3 . Este aparelho possui uma opção para entrada de um termômetro com a finalidade de registrar os valores de temperatura enquanto o experimento é realizado.

4.7. Análise química do material particulado

Na tentativa de identificar a composição química do material particulado em suspensão capturado na membrana, optou-se por aplicar a técnica de Fluorescência por Energia Dispersiva de Raios-X (EDX), tendo em vista a aplicação em alguns trabalhos, como o de Lopes (2003).

Dentre as principais categorias de técnicas usuais de espectrometria de raios X destacadas por Lopes (2003), encontrou-se disponível na cidade de São Carlos a de excitação por elétrons. Este método envolve o emprego de um microscópio de varredura eletrônica capaz de realizar a excitação dos elétrons presentes na amostra, e tal equipamento se localiza no Laboratório de Microscopia Eletrônica, do

Departamento de Física e Ciência dos Materiais - FCM, do Instituto de Física de São Carlos - IFSC.

Para realização da análise, recomendou-se o acúmulo de massa na membrana em altas concentrações e, para tanto, optou-se por utilizar uma mesma membrana durante cinco dias, com coletas de duas horas em cada dia. Utilizou-se, para este caso, uma membrana de TEFLON®, da marca Sartorius, com 0,2 µm diâmetro de poro e diâmetro nominal de 47 mm. Um dia antes da análise, a membrana foi colocada em uma estufa a 100°C durante duas horas e alocada em um dessecador para garantir a ausência de umidade, uma vez que a ocorrência dessa é um fator limitante para realização da análise.

A amostragem por EDX foi realizada em um aparelho (modelo LEO - 440) anexo a um microscópio. O aparelho responsável pela análise da Microscopia Eletrônica de Varredura é da marca Digital Scanning Microscope, modelo DSC 960. A metalização da amostra foi realizada em um metalizador marca BALZERS, modelo SCD050 Sputter Coater. Toda aplicação da técnica de EDX foi fielmente realizada pelo técnico Nelson José Heraldo Gallo, no Laboratório de Microscopia Eletrônica do FCM/IFSC.

Os testes foram realizados duas vezes, sendo a primeira vez no dia 19 de junho deste ano e a segunda no dia 16 de outubro. No primeiro teste, a membrana amostrada foi submetida a um tempo de coleta de apenas 2 horas, enquanto que, para o segundo teste, o tempo de coleta foi de 10 horas (coletas de duas horas por dia, durante cinco dias), de acordo com solicitação do técnico responsável pela execução do teste e como já salientado anteriormente nesta seção.

4.8. Taxa de ocupação e ventilação

A norma utilizada como base para os valores recomendados de ocupação e ventilação das salas de aula foi a RN02 de 2003 da ABRAVA.

Para determinação da taxa de ocupação, a norma descreve uma relação entre a área construída e o número de ocupantes do local. Segundo a mesma, para salas de aula, o número adequado é de 50 pessoas por 100 m² de área. Dessa forma, há uma recomendação do número ideal de ocupantes para uma área considerada, no caso, a área correspondente às salas de aula.

No que tange a taxa de ventilação, a norma não fornece parâmetros para determinação de seu valor e apenas apresenta o valor recomendado para cada tipo de ambiente interno.

Com o intuito de verificar o comportamento desse parâmetro nas salas de aula monitoradas, adotou-se um procedimento análogo ao descrito por Heinsohn e Cimbala (2003). Neste livro, há um capítulo a respeito da ventilação em um aspecto geral e o conceito de mistura perfeita do ambiente, com balanços, fórmulas e simulações de problemas que envolvem o tema.

Em um primeiro momento, houve uma caracterização do problema a partir das variáveis: volume da sala de aula, concentração de CO₂ e vazão de ar. Sendo assim, configurou-se um balanço de massa a fim de determinar a vazão de ar que circula pela sala de aula durante um evento.

Para tanto, foi simulado um problema na sala de aula em que a concentração de CO₂ foi elevada através da inserção proposital de bexigas cheias de uma mistura de gás carbônico (30%) com nitrogênio (70%) no ambiente e um perfil do comportamento dessa concentração ao longo do tempo pôde ser traçado com auxílio do monitor de gases portátil da RAE Systems, modelo MultiRAE IR - PGM54, já

ilustrado anteriormente. Portanto, com o volume da sala de aula disponível e o perfil da concentração gás carbônico durante o período avaliado, a vazão de ar no ambiente foi obtida com a resolução de uma equação proveniente de um balanço de massa.

Com a finalidade de montar essa equação para determinação da vazão de ar, algumas suposições foram feitas para o balanço de massa. As considerações estão descritas nos tópicos a seguir:

- A concentração no interior na sala de aula está igualmente distribuída em todo o ambiente e é a mesma da porção de saída;
- O volume da sala de aula é fixo;
- Não há fonte de emissão de CO_2 no interior da sala de aula;
- Dentro e fora das salas de aula, a densidade do ar possui o mesmo valor e é constante;
- A vazão de entrada do ar é igual à de saída.

Sendo assim, a partir da Figura 18 abaixo, a fórmula para determinação da vazão de ar na situação proposta foi estimada.

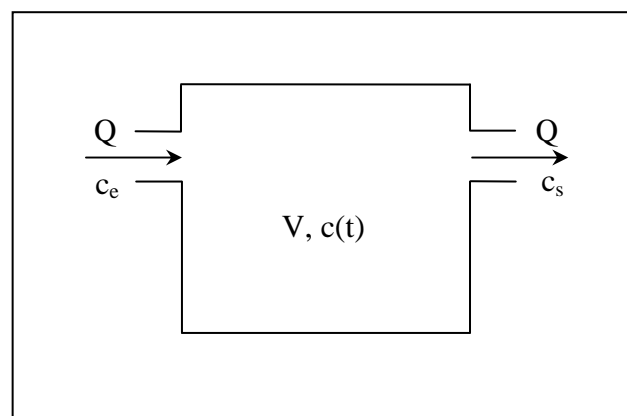


Figura 18. Diagrama esquemático do balanço de massa na sala de aula e suas principais variáveis.

Em que,

- Q = vazão de ar na entrada e na saída do sistema;
- c_e = concentração de gás carbônico no ar exterior de entrada;

- $c(t)$ = concentração de gás carbônico em função do tempo;
- c_s = concentração de gás carbônico na corrente de saída de ar.
- V = volume da sala de aula;

Para este caso, como já salientado, o volume da sala de aula é constante e, como a concentração de CO_2 no interior da sala está igualmente distribuída, a concentração do gás na corrente de saída, c_s , é a mesma que a encontrada no interior da sala de aula variando ao longo do tempo, $c(t)$. Portanto, a partir do balanço de massa e sabendo que o volume da sala de aula é constante, a Equação 2 a seguir foi obtida.

$$\frac{d(Vc)}{dt} = V \frac{dc}{dt} = Qc_e - Qc_s \quad \text{[Equação 2]}$$

Como c_s varia em função do tempo, ele passa a ser chamado de $c(t)$ e a Equação 6 surge a partir da integração da Equação 2 no intervalo de tempo, t , considerando a concentração de CO_2 em cada período de análise.

$$\frac{dc}{dt} = \frac{Q}{V}(c_e - c) \quad \text{[Equação 3]}$$

$$\int_{c_0}^{c_t} \frac{dc}{(c_e - c)} = \int_0^t \frac{Q}{V} \cdot dt \quad \text{[Equação 4]}$$

$$-\ln\left(\frac{c_e - c_t}{c_e - c_0}\right) = \frac{Q}{V} \cdot t \quad \text{[Equação 5]}$$

$$Q = \frac{V}{t} \cdot -\ln\left(\frac{c_e - c_t}{c_e - c_0}\right) \quad \text{[Equação 6]}$$

Assim, a partir da Equação 6 proposta, a taxa de ventilação para as salas de aulas foi obtida com a determinação da vazão de ar que entra e, posteriormente, comparada com valores encontrados na RN02 da ABRAVA.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, encontra-se a apresentação dos resultados obtidos com o monitoramento dos ambientes selecionados com a metodologia e equipamentos descritos anteriormente. Os resultados foram comparados com valores recomendados por normas em vigência no país e algumas conclusões sobre a condição dos locais monitorados foram tomadas. Primeiramente, foram apresentados os dados relacionados com a Biblioteca Comunitária da UFSCar e, em um segundo momento, os resultantes das salas de aula da EESC/USP.

5.1. Biblioteca Comunitária da UFSCar

Foram realizados testes preliminares de coleta de material particulado ($MP_{2,5}$ e MP_{10}) na Biblioteca Comunitária da UFSCar, que é dividida em cinco pisos, onde são recebidas cerca de 2.000 pessoas por dia. O equipamento utilizado é semelhante ao descrito na seção 4.6, pois a unidade filtrante de coleta de particulado é a mesma, com membranas de policarbonato Nucleopore® Track-Etch, porém o medidor de vazão é digital. No local em questão, existem seis salas que possuem sistema de condicionamento de ar.

Cinco pontos de coleta foram selecionados para realização do experimento, sendo quatro deles no ambiente interno e um no ambiente externo. As amostragens foram realizadas uma vez por semana, durante o período final do segundo semestre de 2007, abrangendo os meses de outubro e novembro.

As coletas eram realizadas num período de uma hora. Houve a tentativa de se fazer os experimentos por períodos de tempo maiores, porém os responsáveis pela biblioteca rejeitaram a proposta devido ao ruído da bomba de sucção, uma vez que o local é voltado para o estudo e o ruído em tempos maiores incomodaria os usuários.

Primeiramente, foram avaliados os pisos denominados 1, 3 e 5, uma das salas climatizadas e o ambiente externo, para cada data de coleta determinada previamente, com a frequência de uma vez durante a semana. A partir da massa inicial, M_i , obtida pela pesagem na balança analítica antes de ser alocada no interior da unidade filtrante e da massa final resultante depois de decorrido o tempo de coleta, M_f , calculou-se a concentração de material, C , depositado nas membranas, relacionando o diferencial de massa em μg , $(M_f - M_i)$, com a vazão coletada, em m^3 . Considerando essas variáveis para o caso, a Tabela 8 foi construída e apresenta os valores resultantes das amostras coletadas em cada local. Está destacado o valor resultante da concentração de particulados, para cada fração de diâmetro coletada pela unidade filtrante, relacionando com os dias de coleta e para uma vazão de 16 L/min.

Analisando a coluna destacada, correspondente à concentração de partículas em suspensão na amostra coletada, verificou-se a existência de incertezas. Partindo-se da idéia de que algum tipo de material foi depositado na membrana, a massa final deveria ser maior em comparação com a inicial, resultando em uma concentração positiva. Porém, o que acontece em grande parte das membranas é o contrário, pois a massa final é menor do que a inicial e resulta em uma concentração negativa de particulado. Esse valor negativo pode ocorrer devido ao inadequado condicionamento das membranas a serem utilizadas, já que fatores como a umidade retida no início e após a coleta influencia no resultado final da quantidade de material coletado.

Tabela 8 - Resultados da coleta de material particulado na Biblioteca Comunitária da UFSCar.

		MP _{2,5}			MP ₁₀		
		M _i (mg)	M _f (mg)	C(µg/m ³)	M _i (mg)	M _f (mg)	C(µg/m ³)
30/10/2007	Saguão	16,218	16,136	-85,4	16,155	16,181	27,1
	Piso 3	15,668	15,660	-8,3	16,396	16,429	34,4
	Piso 5	16,289	16,302	13,5	15,803	15,861	60,4
	Ar-condicionado	16,385	16,347	-39,6	16,112	16,159	49,0
	Externo	16,025	15,765	-270,8	16,047	16,052	5,2
8/11/2007	Saguão	15,793	15,807	14,6	16,305	16,331	27,1
	Piso 3	15,712	15,724	12,5	16,071	16,113	43,7
	Piso 5	15,775	15,766	-9,4	15,832	15,867	36,5
	Ar-condicionado	15,877	15,880	3,1	15,834	15,866	33,3
	Externo	16,060	16,052	-8,3	16,552	16,561	9,4
22/11/2007	Saguão	16,229	16,241	12,5	16,305	16,322	17,7
	Piso 3	16,143	16,160	17,7	16,111	15,964	-153,1
	Piso 5	16,083	16,079	-4,2	15,941	16,115	181,2
	Ar-condicionado	16,177	16,184	7,3	16,061	16,047	-14,6
	Externo	15,976	15,983	7,3	16,215	16,324	113,5
30/11/2007	Saguão	15,926	15,918	-8,3	15,946	15,994	50,0
	Piso 3	15,726	15,722	-4,2	15,076	16,097	1063,5
	Piso 5	15,811	15,788	-24,0	16,093	16,110	17,7
	Ar-condicionado	16,172	16,122	-52,1	15,771	15,798	28,1
	Externo	15,637	15,632	-5,2	16,631	16,835	212,5

Para que essa interferência não ocorra, alguns cuidados, como o dessecamento da membrana antes da coleta, por exemplo, são de extrema importância. Outro fator interveniente é em relação à balança analítica utilizada, pois se a calibragem da mesma não estiver adequada, certamente o resultado será influenciado por essa falta de precisão. O correto manuseio da balança é outro fator a ser considerado, pois, se não operada de maneira adequada, a existência de valores negativos pode ser uma consequência. Sendo assim, nenhuma comparação desses resultados encontrados com valores estabelecidos por normas pode ser estabelecida.

5.2. Salas de aula

Os parâmetros avaliados e monitorados dentro das salas de aula sofreram um tratamento dos dados para a correta apresentação. Nos tópicos seguintes, encontra-se a demonstração dos resultados obtidos para as salas de aula da EESC/USP, bem como a interpretação dos dados considerados. Os parâmetros resultantes foram relacionados à temperatura, umidade relativa, contaminação por bactérias e fungos, concentração de material particulado em suspensão e sua análise química, contaminação por dióxido de carbono, formaldeído, ozônio, dióxido de nitrogênio, determinação das taxas de ocupação e ventilação, perfil de intensidade luminosa e avaliação do ruído.

5.2.1. Coleta e análise microscópica de bioaerossóis

Sobre a coleta de bioaerossóis, a Figura 19 exibe fotografias do desenvolvimento de colônias de bactérias sobre a membrana filtrante de acetato de celulose depositada no meio de cultura Agar Nutriente. Na Figura 19 (a) o tempo de incubação foi de 24 horas e na Figura 19 (b) o tempo de incubação foi de 42 horas.

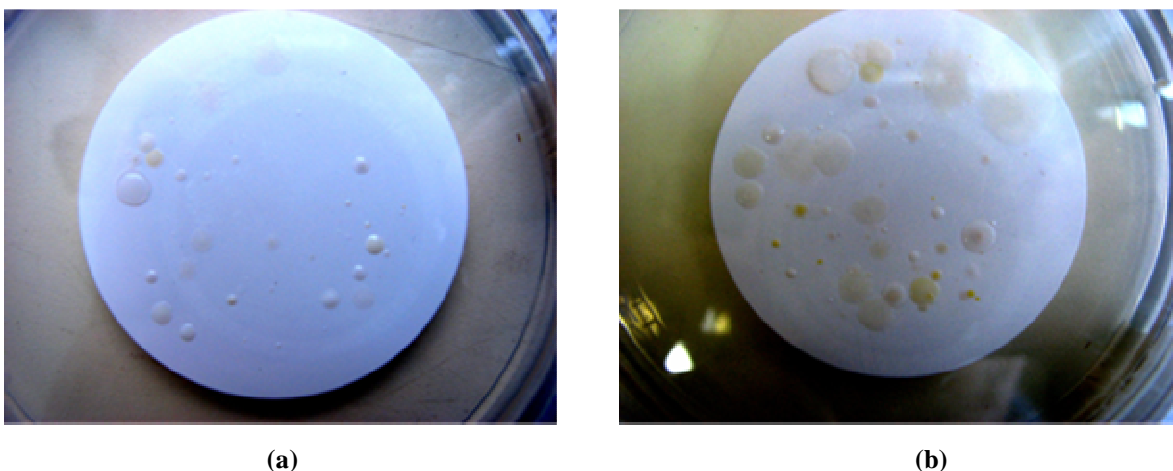


Figura 19. Fotografias da membrana filtrante depositada em meio para cultura de bactérias: (a) 24 horas de incubação; (b) 42 horas de incubação. Dia 23/10/07, sala 26393.

Observa-se nesta última Figura que o número e o tamanho das colônias aumentaram com o incremento do tempo de incubação, chegando ao ponto de colônias se unirem. Tempos maiores de incubação inviabilizaram a diferenciação das colônias. É interessante notar a diferente coloração das colônias formadas, indicando, possivelmente, diferença nos microorganismos de formação das colônias.

A Figura 20 exibe fotografias do desenvolvimento de colônias de fungos sobre a membrana filtrante de acetato de celulose depositada no meio de cultura Sabouraud Dextrose Agar. Na Figura 20 (a) o tempo de incubação foi de 24 horas e na Figura 20 (b) o tempo de incubação foi de 42 horas. Nota-se que houve um desenvolvimento bastante acentuado entre o intervalo de uma observação e outra, inviabilizando a individualização das colônias observadas, com avanço para o meio de cultura para fora dos limites da membrana filtrante.

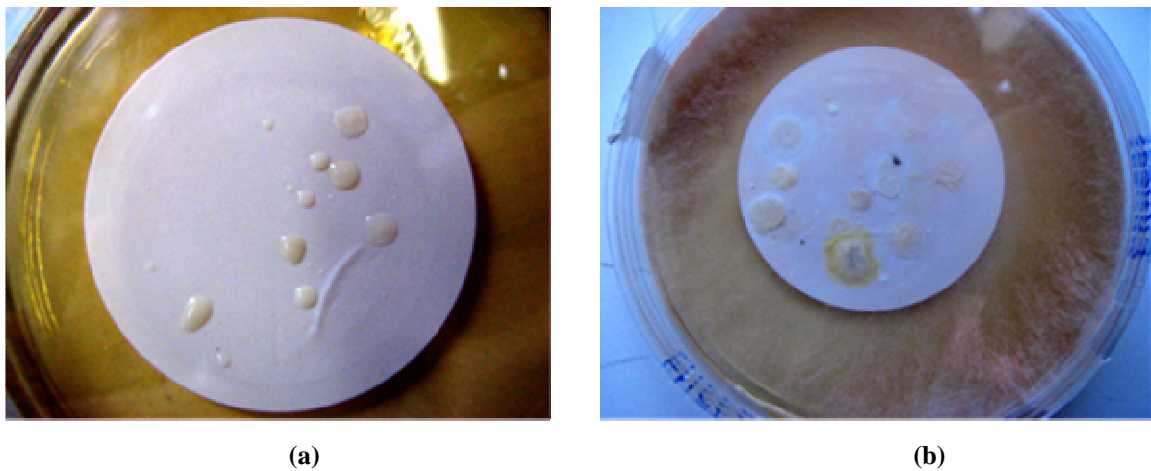


Figura 20. Fotografias da membrana filtrante depositada em meio para cultura de fungos: (a) 24 horas de incubação; (b) 42 horas de incubação. Dia 15/10/07, sala 26393.

Esse problema ocorreu também em outras oportunidades, como mostra a Figura 21, na qual é exibida uma fotografia de uma membrana filtrante depositada no meio de cultura Sabouraud Dextrose Agar, com 32 horas de incubação. Observa-se intenso desenvolvimento das colônias, inviabilizando, neste caso, sua individualização.



Figura 21. Fotografia da membrana filtrante depositada em meio de cultura para fungos após 32 horas de incubação. Dia 31/10/07, sala 26393.

Ao analisar as Figuras 19, 20 e 21, nota-se que é de extrema importância destacar algumas observações relevantes sobre a metodologia utilizada e o resultado da incubação das membranas filtrantes. Dificuldades foram encontradas para a adequação da metodologia encontrada nas recentes publicações sobre coleta de bioaerossóis com a análise realizada nas salas de aula monitoradas. Os métodos adotados não forneceram resultados semelhantes aos descritos nas pesquisas levantadas, uma vez que o crescimento de microrganismos foi muito mais rápido do que o recomendado pelos autores. Estes chegavam a deixar as amostras na incubadora por um período que extrapolava o limite de semanas, porém, para o presente trabalho, essa condição mostrou-se extremamente insustentável, visto que, analisando a Figura 17, foi impossível observar com exatidão o crescimento das colônias adotando um período semelhante ao recomendado pelos pesquisadores. O crescimento foi tão rápido que, se o tempo sugerido nos trabalhos fosse respeitado, não haveria condições de estimar a quantidade de colônias desenvolvidas e em fase de crescimento nas placas a serem estudadas. Dessa forma, evidencia-se a falta de precisão com os resultados obtidos para esse parâmetro analisado e, portanto, o que se obteve foi uma análise com caráter qualitativo.

Quanto à análise em microscópio, como primeira tentativa de diferenciação, agruparam-se as colônias em cinco cores diferentes: amarela; bege; branca; laranja; e rosa, visto que a Figura 19 (b) demonstra a variedade de colônias em função do parâmetro cor. A partir de amostras de cada grupo, realizaram-se os ensaios.

A Figura 22 exibe imagens obtidas ao microscópio, evidenciando as diferentes morfologias de cada colônia.

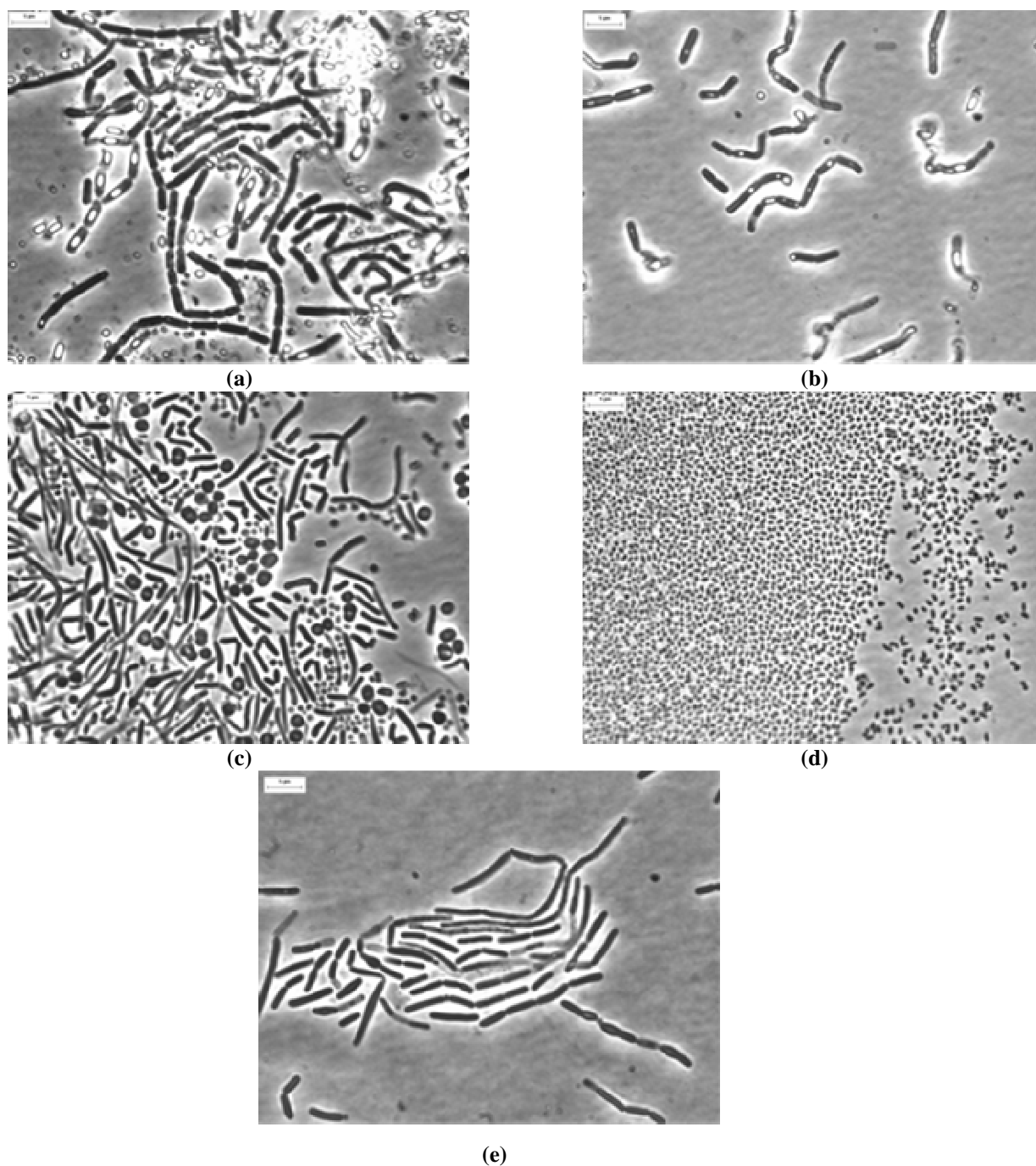


Figura 22. Colônias formadas sobre membrana filtrante em meio de cultura Agar Nutriente: Cores das colônias: (a) amarela; (b) bege; (c) branca; (d) laranja; (e) rosa.

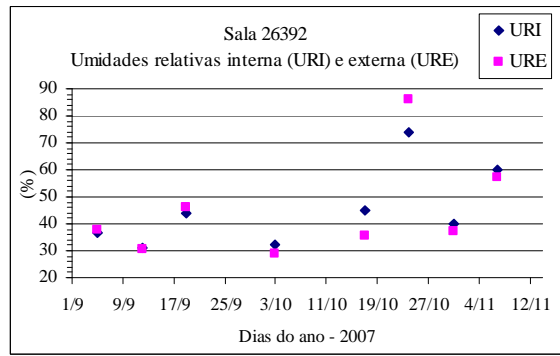
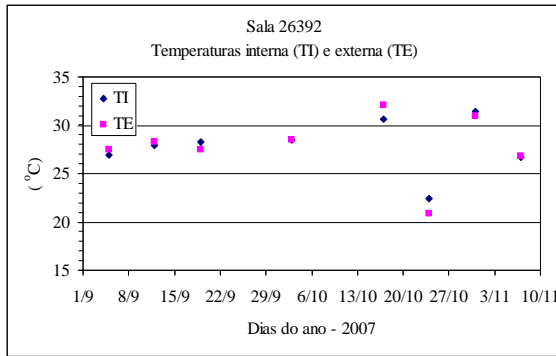
De acordo com Black (1999), as bactérias apresentam três formas básicas: esféricas, em bastão e espiral. Há muitas variações em relação a essas formas básicas. Uma bactéria esférica é denominada coco, e uma em bastão é denominada bacilo. Algumas bactérias são pequenos bastonetes com tamanho intermediário entre coco e bacilo, e são denominadas cocobacilos. As bactérias espirais possuem várias formas curvas, sendo que o vibrião possui o formato de uma vírgula, o espirilo tem um formato ondulado e a espiroqueta possui um formato espiral.

Dentre as colônias analisadas e apresentadas na Figura 22, nota-se que a predominância em relação ao formato das bactérias presentes nas colônias é de bacilos. Nos itens (a), (b), (c) e (e) da Figura 22, há uma grande quantidade de bactérias no formato de bastão, sendo que a diferença apresentada entre cada item é em relação ao comprimento dos bacilos. Em (c), é possível notar bacilos mais alongados em comparação às letras (a) e (b). Ainda sobre o item (c), observa-se a ocorrência de bactérias no formato de cocos juntamente com os bacilos. Já no item (d), há uma grande quantidade de bactérias do tipo cocos e em um tamanho bem pequeno se comparada aos cocos presentes na letra (c). Não foi evidenciada a presença de bactérias com o formato espiral nestas amostras analisadas no microscópio.

5.2.2. Temperatura, umidade relativa, concentração de CO₂ e de bioaerossóis

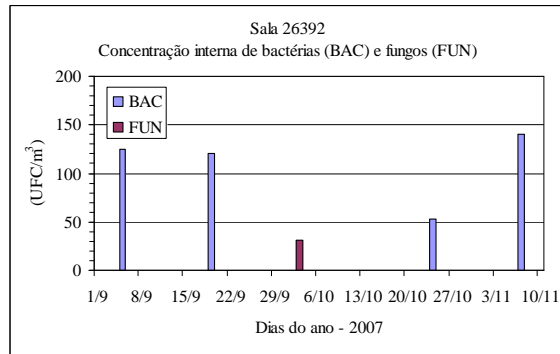
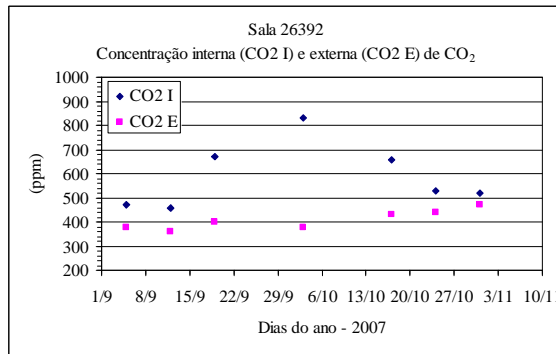
Durante os meses de agosto de 2007 até junho de 2008, realizou-se o monitoramento de forma mais intensa das variáveis propostas no projeto dentro das salas de aula selecionadas (26392 e 26393). Já no segundo semestre de 2008, a coleta de dados de temperatura e umidade foi realizada apenas em alguns dias do mês de setembro. A temperatura e umidade relativa foram medidas durante esse período no

ambiente interno e externo, em intervalos de meia hora. A partir desses valores, uma média foi obtida para cada dia de amostragem e se construiu um gráfico para avaliação das medidas. Além disso, a presença de bactérias e fungos também foi avaliada, tendo como unidade UFC/m³. Esse também foi um monitoramento constante, compondo-se por coletas de uma hora, com a vazão de 600 L/h. Enquanto algumas variáveis foram coletadas nos ambientes interno e externo, é importante notar que a coleta de bioaerossóis foi realizada somente dentro das salas, e isso já é satisfatório pelo fato desse valor já ser suficiente para a comparação com os recomendados. As concentrações de CO₂ dentro e fora das salas de aula também foram monitoradas frequentemente, embora estas análises tenham sido pontuais; no começo do período da tarde, usualmente, a concentração de CO₂ no ambiente interno era medida e, consecutivamente, a do ambiente externo. Com os dados coletados, uma série de gráficos pôde ser confeccionada para uma melhor visualização fenomenológica. As Figuras 23, 24 e 25 apresentam os gráficos obtidos.



(a)

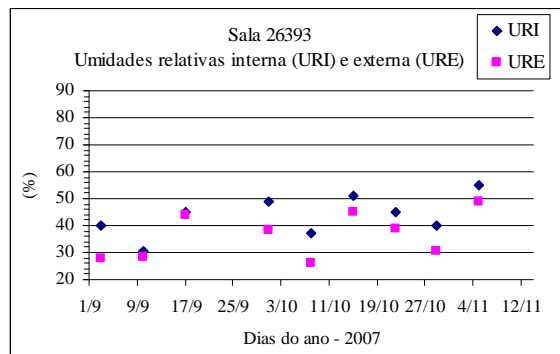
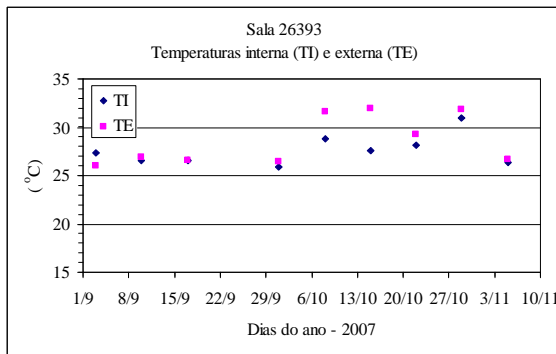
(b)



(c)

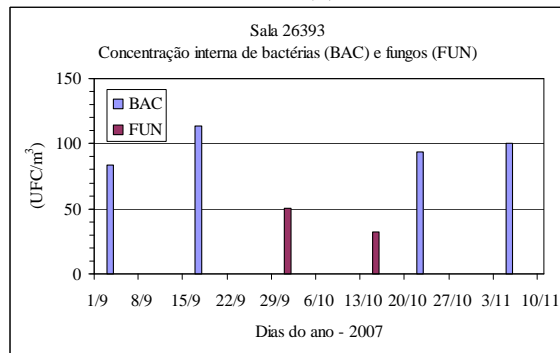
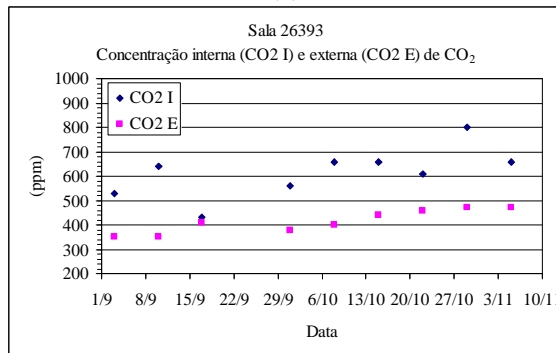
(d)

Figura 23. Gráficos dos resultados para a sala 26392 nos dias de coleta destacados:
(a) Temperaturas Interna e Externa; (b) Umidades Relativas Interna e Externa;
(c) Concentrações de CO₂ interna e externa; (d) Concentrações internas de fungos e bactérias.



(a)

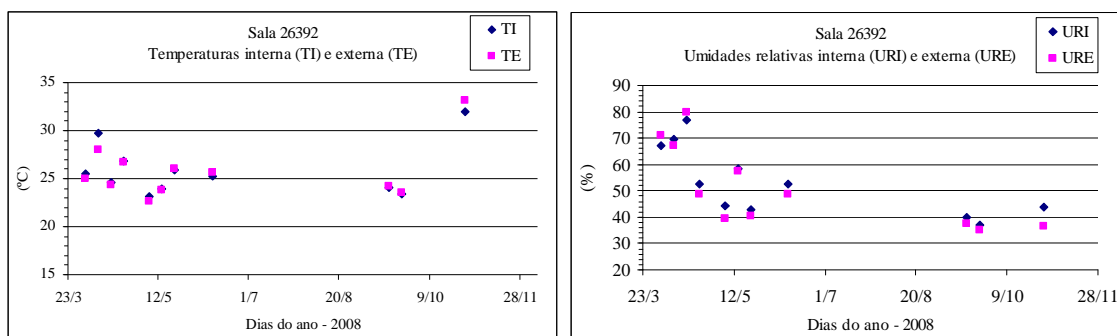
(b)



(c)

(d)

Figura 24. Gráficos dos resultados para a sala 26393 nos dias de coleta destacados:
(a) Temperaturas Interna e Externa; (b) Umidades Relativas Interna e Externa;
(c) Concentrações de CO₂ interna e externa; (d) Concentrações internas de fungos e bactérias.



(a) **(b)**
Figura 25. Gráficos dos resultados para a sala 26392 nos dias de coleta destacados: (a) Temperaturas Interna e Externa; (b) Umidades Relativas Interna e Externa.

Ao observar os gráficos das Figuras 23, 24 e 25, nota-se que as temperaturas médias internas e externas apresentam, em geral, valores muito próximos em relação aos valores da temperatura externa, ligeiramente maiores. Essa semelhança entre a temperatura interna com a externa representa a falta de conforto térmico no ambiente em análise. Para uma sala de aula com boas condições de conforto térmico, é interessante que a variação da temperatura do ambiente externo seja diferente da variação da interna. Essa variação diferente não é observada no ambiente analisado, o que corrobora para a caracterização de um quadro de desconforto térmico. Essa avaliação pode ser também verificada para o nível de umidade relativa comparada nos dois ambientes. Os valores apresentam uma proximidade, além de um mesmo padrão de variação em relação aos dias considerados, e também delimitam uma situação de desconforto nesse ambiente.

Além disso, a RE/ANVISA nº 9 recomenda que a temperatura no ambiente interno para o verão deve estar compreendida na faixa que vai de 23°C a 26°C e, no inverno, de 20°C a 22°C. É importante salientar que as temperaturas obtidas são respectivas às estações de primavera e verão, devido ao período em que foram realizadas as coleta de dados. Concluiu-se que, em comparação com a RE/ANVISA nº 9, a sala apresenta valores inadequados para a temperatura neste

período de amostragem em questão. Além disso, uma ressalva deve ser feita no sentido do condicionamento do ar dentro da sala de aula, pois a norma é destinada a ambientes climatizados artificialmente, enquanto que o ambiente analisado no projeto não se enquadra nessa situação.

A RN02 de 2003 da ABRAVA e a RE/ANVISA nº 9 de 2003 dispõem, também, limites para a concentração de dióxido de carbono e valores máximo recomendável para a contaminação microbiológica.

Com base nesses valores recomendados por esses órgãos e nos resultados obtidos com o monitoramento das salas, algumas conclusões foram tomadas. Em relação à concentração de CO₂, a RE/ANVISA nº 9 estipula um máximo de 1000 ppm no ambiente interno. A partir das Figuras 23 e 24, conclui-se que as salas estão adequadas para este parâmetro, pois não foi observada nenhuma extrapolação do limite de 850 ppm no ar interior. Já a RN02 de 2003 da ABRAVA possui recomendações diferentes da ANVISA, uma vez que a primeira faz uma relação do ar interior com o ar exterior de renovação como indicador da capacidade do sistema de renovação de ar. Tendo isso em vista, o valor recomendado da concentração de CO₂ no ambiente interno deve ser menor em 700 ppm, comparando-se à concentração no ambiente externo. Conclui-se que, para este caso, a sala também encontra-se na faixa de adequação proposta, pois os valores não excedem o limite estabelecido, a partir da análise das Figuras 23 e 24. Como um valor máximo aceitável para a ocupação permanente em ambientes fechados, a RN02 de 2003 estipula valores menores que 3500 ppm e, em nenhum dos dias de monitoramento, tal concentração foi verificada.

No que tange a contaminação microbiológica, os resultados das amostras não são tão exatos em comparação aos outros parâmetros. Muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas nos últimos anos e muitas incertezas ainda predominam sobre a metodologia desenvolvida para coleta de bioaerossóis. Sob esse aspecto, nota-se que

os resultados obtidos não podem ser tomados como exatos, e sim incertos devido à falta de metodologia estabelecida e padronizada para a amostragem. Para as análises já efetuadas, os valores de UFC/m³ variam abaixo da ordem de 150. A RE nº 9 e a RN02 de 2003 estabelecem o mesmo limite para a contaminação microbiológica, sendo definido como 750 UFC/m³. Apesar das incertezas a respeito das amostragens realizadas, nenhum valor obtido resultou acima do valor máximo recomendado.

5.2.3. *Material particulado em suspensão*

Para o cumprimento desta etapa, utilizou-se como base o experimento realizado na Biblioteca Comunitária da UFSCar e, por isso, o método descrito anteriormente a respeito da coleta deste material é o mesmo. A única diferença é no que concerne o equipamento utilizado, pois neste caso a unidade coletora descrita no trabalho de Hopke *et al.* (1997) foi acoplada ao sistema de coleta de material microbiológico em suspensão, representado na Figura 13; vale lembrar a unidade coletora substitui o suporte para membrana.

Todo o procedimento descrito na seção 4.6, correspondente à caracterização das atividades na Biblioteca Comunitária, foi adotado de forma análoga para a sala de aula. Para relembrar, a determinação da concentração de MP_{2,5} e MP₁₀ se deu por meio de análises gravimétricas: pesagem em uma balança em duas etapas, sendo uma antes e a outra depois da exposição no ambiente. A sala de aula escolhida para a coleta foi a de número 26392, durante o ano de 2008 e o período da tarde foi selecionado. A vazão de operação da bomba era a mesma imposta para a Biblioteca (16 L/min ou 960 L/h), porém, o tempo de coleta era de duas horas. O tempo de coleta foi alterado para a tentativa de obtenção de resultados mais adequados para a análise, pois, como pode ser notado na Tabela 9 abaixo, muitos valores resultaram

negativos e uma possível solução para esse problema é o aumento do tempo de exposição da membrana.

Tabela 9 - Concentração de particulado, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para a sala de aula 26392 no ano de 2008.

		M_i (mg)	M_f (mg)	$C(\mu\text{g}/\text{m}^3)$
02/04	MP_{2,5}	16,023	16,033	10,4
	MP₁₀	16,110	16,090	-20,8
09/04	MP_{2,5}	15,934	16,058	57,4
	MP₁₀	16,255	16,253	-0,9
16/04	MP_{2,5}	16,228	16,247	8,8
	MP₁₀	16,200	16,256	25,9
23/04	MP_{2,5}	16,239	16,274	24,3
	MP₁₀	16,064	16,192	88,9

A partir dos resultados apresentados, observa-se a ocorrência de valores negativos, bem como denotado na Biblioteca. Os mesmos problemas podem ser aplicados para esta situação, tais como o correto condicionamento da membrana, adequação da pesagem na balança, aumento do tempo de coleta, entre outros.

O instrumento AEROCET 531 da Met One foi utilizado para determinação de um perfil de concentração de material particulado em suspensão ao longo do tempo. As Figuras 26 e 27 apresentam os valores obtidos com a utilização do equipamento na função concentração, ressaltando-se que ele também pode ser ajustado para a função contagem. No Anexo V do presente relatório, é apresentada uma tabela com todos os valores numéricos que serviram de base para a construção dos gráficos abaixo apresentados. Os dados são armazenados ao final de cada dois minutos de bombeamento para esse tipo de análise e, dessa forma, fica viável a caracterização de um perfil ao longo do tempo. A coleta foi efetuada no dia 29 de outubro, na sala 26392.

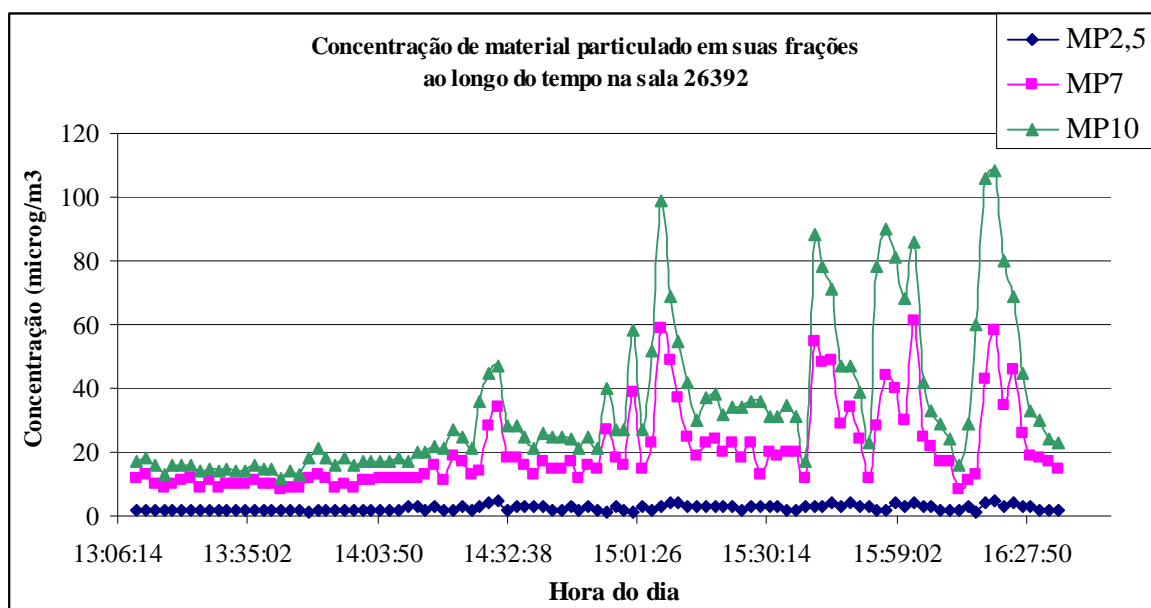


Figura 26. Perfil da concentração de particulado para cada fração na sala de aula 26392.

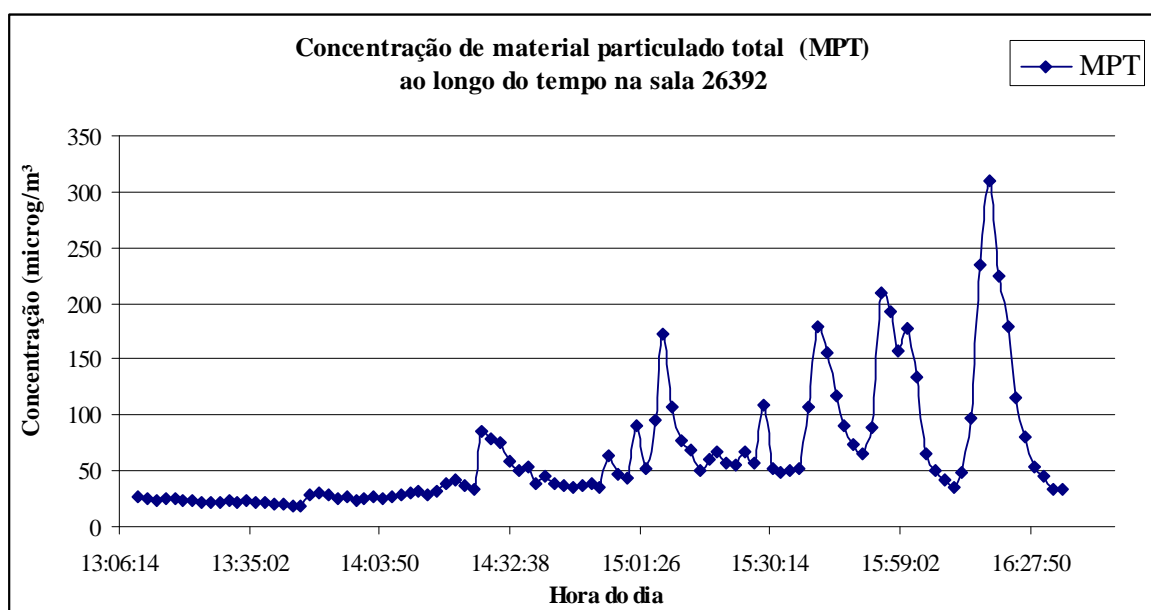


Figura 27. Perfil da concentração de material particulado total para a sala de aula 26392.

Analisando os perfis, nota-se em ambos que a concentração de particulado total e as frações de 7 e 10 μm são aproximadamente constantes no intervalo das 13 horas e 08 minutos e 14 horas e 20 minutos. Após esse espaço de tempo, as concentrações se elevam e atingem níveis elevados em comparação aos iniciais. Na sala 26392, a aula teve início por volta das 14 horas e 20 minutos e concorre com o aumento do particulado em suspensão, uma vez que atividades são realizadas na sala

e provocam a resuspensão do material depositado, além da produção de novas quantidades, derivadas do uso de giz, por exemplo. Os picos de concentração existentes podem ser conseqüências de atividades específicas, como apagar a lousa, ou até mesmo a aproximação dos freqüentadores do local ao aparelho a fim de ver o seu funcionamento.

Para a comparação com recomendações em normas, levaram-se em consideração três documentos em vigência no Brasil: a RN02 da ABRAVA, a Resolução CONAMA nº 003 de 1990 e a RE/ANVISA nº 9.

A RE/ANVISA nº 9 traz como recomendação de Valor Máximo Recomendável (VMR) uma quantidade menor ou igual a 80 µg/m³ no ambiente climatizado para indicação do grau de pureza do ar.

A RN02 cita a CONAMA nº 3 como referência para o padrão secundário de partículas totais (MPT) em suspensão e este é o único dado referente a material particulado em seu texto. Já a CONAMA nº 3 apresenta uma série de valores, com padrões primários e secundários, para material particulado total e na sua fração inalável (MP₁₀), bem como as médias para comparação. A Tabela 10 traz uma síntese dessas informações acima explicitadas.

Tabela 10 - Padrões estabelecidos pela CONAMA nº 3 para o material particulado.

<i>Poluente</i>	<i>Padrão</i>	<i>Valor (µg/m³)</i>	<i>Média</i>
MPT	Primário	80	geométrica anual
		150	24h
	Secundário	60	geométrica anual
		150	24h
Partículas Inaláveis	Primário	50	geométrica anual
		150	24h
	Secundário	50	geométrica anual
		150	24h

Para o caso analisado, a concentração média de particulado total em suspensão foi de 64,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para todo o período de coleta. Contudo, não é possível compara essa variável com as recomendações em normas, uma vez que a coleta não durou o tempo sugerido nos documentos pesquisados. Esse perfil funciona bem para análise do comportamento da sala em relação ao material particulado, porém, para a comparação com as normas, a metodologia deve ser adaptada.

5.2.4. Análise química de material particulado

Como já salientado, foram encontrados em trabalhos, como o de Lopes (2003), experimentos que relacionam a análise química pela técnica de Fluorescência por Energia Dispersiva de Raios-X (EDX) com o material particulado em suspensão depositado em membranas. Com o intuito de aplicar tais análises, no dia 19 de junho de 2008, amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Microscopia Eletrônica, do Departamento de Física e Ciência dos Materiais - FCM, do Instituto de Física de São Carlos - IFSC para uma primeira tentativa de realização do experimento em uma membrana contendo particulado coletado durante um período de duas horas de amostragem.

O técnico do Laboratório, Nelson Gallo, avisou previamente ao início do teste que, devido a uma baixa concentração de material depositada no filtro, a análise poderia ser imprecisa. Porém, por causa de uma inadequação do condicionamento da membrana, detectou-se umidade na mesma e isso inviabilizou a primeira tentativa de análise. Como observação para realização de um teste posterior, o técnico aconselhou a retirada de umidade da membrana e um acúmulo maior de massa.

Sendo assim, foi preparado um filtro de TEFLON®, descrito anteriormente e com a função de evitar o acúmulo de umidade no mesmo, com uma concentração mais elevada em relação à primeira de material particulado e, antes de marcar o dia

para realização do teste, a membrana foi levada ao técnico para uma análise prévia de viabilidade do experimento. A resposta do técnico foi positiva e agendou-se para o dia 16 de outubro o teste com o filtro corretamente condicionado, de acordo com as recomendações do técnico.

Porém, neste último teste, a membrana não possuía uma quantidade de material suficientemente detectável pelo equipamento do Laboratório. O microscópio é capaz de identificar compostos que estejam presentes em até 5% em massa do material depositado. Portanto, conclui-se que uma técnica de EDX com uma maior sensibilidade deve ser pesquisada, pois será necessário determinar concentrações-traço de compostos químicos constituintes do material particulado.

5.2.5. Perfil de intensidade luminosa

Com o auxílio do luxímetro, a intensidade luminosa incidente em cada carteira foi medida e um perfil geral da iluminância no interior da sala pôde ser gerado, em duas datas distintas, a citar: 24 de abril de 2008 e 24 de outubro de 2008. O perfil de intensidade luminosa resultante para cada sala de aula na unidade LUX, para o dia de 24/04/08, é apresentado para cada situação simulada nas Tabelas 11 e 12 abaixo. Em cada célula das Tabelas está em negrito o valor resultante da intensidade luminosa incidente na carteira e sua respectiva numeração; a posição das janelas também está destacada para cada sala analisada.

Tabela 11 (a), (b), (c) e (d) - Perfis para a sala 26392 em cada situação avaliada em 24/04.

(a) - Cortinas abertas no período da manhã

43	37	31	25	19	13	7	JANELAS
554						6600	
42	36	30	24	18	12	6	
	706				5070		
41	35	29	23	17	11	5	
		778		1062			
40	34	28	22	16	10	4	
			901				
39	33	27	21	15	9	3	
		735		1032			
38	32	26	20	14	8	2	
663	728				5740		
							1
							7430
LOUSA							

(b) - Cortinas fechadas no período da manhã.

43	37	31	25	19	13	7	JANELAS
343						388	
42	36	30	24	18	12	6	
	442				485		
41	35	29	23	17	11	5	
		463		481			
40	34	28	22	16	10	4	
			446				
39	33	27	21	15	9	3	
		407		425			
38	32	26	20	14	8	2	
429	444				484		
							1
							477
LOUSA							

(c) - Cortinas abertas no período da tarde.

43	37	31	25	19	13	7	JANELAS
415						837	
42	36	30	24	18	12	6	
	520				794		
41	35	29	23	17	11	5	
		577		691			
40	34	28	22	16	10	4	
			627				
39	33	27	21	15	9	3	
		513		707			
38	32	26	20	14	8	2	
504	545				959		
						1	
						1247	
LOUSA							

(d) - Cortinas fechadas no período da tarde.

43	37	31	25	19	13		JANELAS
312						293	
42	36	30	24	18	12	6	
	410				421		
41	35	29	23	17	11	5	
		431		438			
40	34	28	22	16	10	4	
			404				
39	33	27	21	15	9	3	
		381		369			
38	32	26	20	14	8	2	
404	416				409		
						1	
						341	
LOUSA							

Tabela 12 (a), (b), (c) e (d) - Perfis para a sala 26393 em cada situação avaliada em 24/04.

(a) - Cortinas abertas no período da manhã.

JANELAS	7	13	19	25	31	37	43
	280						330
	6	12	18	24	30	36	42
		403				430	
	5	11	17	23	29	35	41
			468		470		
	4	10	16	22	28	34	40
				465			
3	9	15	21	27	33	39	
		440		432			
2	8	14	20	26	32	38	
	480				438	442	
1							
430							
LOUSA							

(b) - Cortinas fechadas no período da manhã.

JANELAS	7	13	19	25	31	37	43
	204						314
	6	12	18	24	30	36	42
		320				400	
	5	11	17	23	29	35	41
			405		456		
	4	10	16	22	28	34	40
				448			
3	9	15	21	27	33	39	
		393		400			
2	8	14	20	26	32	38	
	420				424	428	
1							
338							
LOUSA							

(c) - Cortinas abertas para o período da tarde.

JANELAS	7	13	19	25	31	37	43
	384						368
	6	12	18	24	30	36	42
		579				470	
	5	11	17	23	29	35	41
			598		534		
	4	10	16	22	28	34	40
				562			
3	9	15	21	27	33	39	
		584		497			
2	8	14	20	26	32	38	
	714				481	443	
1							
720							
LOUSA							

(d) - Cortinas fechadas no período da tarde.

JANELAS	7	13	19	25	31	37	43
	221						323
	6	12	18	24	30	36	42
		335				425	
	5	11	17	23	29	35	41
			431		465		
	4	10	16	22	28	34	40
				450			
3	9	15	21	27	33	39	
		397		472			
2	8	14	20	26	32	38	
	420				428	409	
1							
343							
LOUSA							

Algumas interpretações foram feitas em relação ao perfil gerado no dia 24 de abril. É notável que a incidência luminosa na sala 26392 no período da manhã com as janelas abertas é extremamente elevada. Isso indica que o sol incide diretamente no ambiente interno, atingindo aproximadamente o ponto central da sala, representado pela carteira 22. Essa incidência evidenciada é um fator determinante para inadequações em relação ao conforto térmico da sala, pois a incidência direta de raios solares dentro do local influi profundamente na temperatura ambiente. Para as cortinas fechadas, essa condição é amenizada de forma efetiva, porém, com foco na adequação do conforto térmico, a ventilação do local é prejudicada e isso interfere em uma manutenção das temperaturas internas em níveis desejáveis.

Também a partir do perfil traçado, observou-se que, no período da manhã, na sala 26393, o sol não incide de forma direta e, para situações em que a temperatura se eleva e altera o conforto térmico do ambiente interno, a ventilação da sala pode ser otimizada com a abertura das cortinas. Isso é importante para a sala, pois ela não conta com sistema de ventilação forçada.

Para o período da tarde, na sala 26392, o sol incide com menor intensidade, o que é observado a partir dos resultados para as cortinas abertas. Sendo assim, para ocasiões em que as temperaturas se elevam, a abertura das cortinas pode favorecer a ventilação e, dessa forma, aumentar comparativamente o conforto térmico do local.

Para a sala 26393 no período da tarde, os valores resultantes do perfil para as cortinas abertas indicam uma leve incidência de raios solares na sala de aula. Sendo assim, se as temperaturas se elevarem dentro do ambiente, algumas cortinas poderão ser mantidas fechadas e outras abertas para tentar favorecer a ventilação e amenizar o desconforto provocado pelas relativamente altas temperaturas.

As Tabelas 13 e 14 trazem os perfis resultantes para cada situação proposta, no dia 24 de outubro. O formato das mesmas segue os parâmetros já identificados para os perfis anteriores.

Tabela 13 (a), (b), (c) e (d) - Perfis para a sala 26392 em cada situação avaliada em 24/10.

(a) - Cortinas abertas no período da manhã

43	37	31	25	19	13	7	JANELAS
610						1970	
42	36	30	24	18	12	6	
	708				4900		
41	35	29	23	17	11	5	
		855		1191			
40	34	28	22	16	10	4	
			1038				
39	33	27	21	15	9	3	
		770		1353			
38	32	26	20	14	8	2	
648	715				4850		
							1
							1790
LOUSA							

(b) - Cortinas fechadas no período da manhã.

43	37	31	25	19	13	7	JANELAS
364						342	
42	36	30	24	18	12	6	
	448				464		
41	35	29	23	17	11	5	
		481		460			
40	34	28	22	16	10	4	
			503				
39	33	27	21	15	9	3	
		424		521			
38	32	26	20	14	8	2	
421	437				600		
							1
							606
LOUSA							

(c) - Cortinas abertas no período da tarde.

43	37	31	25	19	13	7	JANELAS
397						573	
42	36	30	24	18	12	6	
	472				637		
41	35	29	23	17	11	5	
		487		574			
40	34	28	22	16	10	4	
			493				
39	33	27	21	15	9	3	
		441		552			
38	32	26	20	14	8	2	
442	471				696		
						1	
						698	
LOUSA							

(d) - Cortinas fechadas no período da tarde.

43	37	31	25	19	13	7	JANELAS
298						257	
42	36	30	24	18	12	6	
	368				376		
41	35	29	23	17	11	5	
		369		399			
40	34	28	22	16	10	4	
			349				
39	33	27	21	15	9	3	
		335		331			
38	32	26	20	14	8	2	
347	369				365		
						1	
						339	
LOUSA							

Tabela 14 (a), (b), (c) e (d) - Perfis para a sala 26393 em cada situação avaliada em 24/10.

(a) - Cortinas abertas no período da manhã.

JANELAS	7	13	19	25	31	37	43
	282						333
	6	12	18	24	30	36	42
		450				441	
	5	11	17	23	29	35	41
			525		498		
	4	10	16	22	28	34	40
				497			
3	9	15	21	27	33	39	
		489		436			
2	8	14	20	26	32	38	
	573				450	431	
1							
538							
LOUSA							

(b) - Cortinas fechadas no período da manhã.

JANELAS	7	13	19	25	31	37	43
	200						285
	6	12	18	24	30	36	42
		304				394	
	5	11	17	23	29	35	41
			398		440		
	4	10	16	22	28	34	40
				397			
3	9	15	21	27	33	39	
		349		375			
2	8	14	20	26	32	38	
	367				385	378	
1							
332							
LOUSA							

(c) - Cortinas abertas para o período da tarde.

JANELAS	7	13	19	25	31	37	43
	496						342
	6	12	18	24	30	36	42
		699				457	
	5	11	17	23	29	35	41
			716		542		
	4	10	16	22	28	34	40
				583			
3	9	15	21	27	33	39	
		756		489			
2	8	14	20	26	32	38	
	1910				458	426	
1							
1410							
LOUSA							

(d) - Cortinas fechadas no período da tarde.

JANELAS	7	13	19	25	31	37	43
	228						308
	6	12	18	24	30	36	42
		336				421	
	5	11	17	23	29	35	41
			433		479		
	4	10	16	22	28	34	40
				434			
3	9	15	21	27	33	39	
		382		410			
2	8	14	20	26	32	38	
	400				420	402	
1							
384							
LOUSA							

Ao comparar os perfis de intensidade luminosa nos dois dias avaliados, nota-se que não há uma mudança drástica na posição do sol em comparação às salas de aula. Tal conclusão é tomada, pois, comparando os resultados do dia 24/04 com os do 24/10, há uma grande semelhança no comportamento, com pequenas variações de intensidade luminosa incidente nas carteiras. De um modo geral, a sala 26392 nos dois períodos em análise sofre com uma incidência maior do sol durante a manhã, entretanto, no mês de abril a incidência foi maior se comparada ao mês de outubro. Os outros valores apresentados para a sala 26393 também são muito semelhantes, com pequenas diferenças a tarde, sendo que, no mês de outubro, valores ligeiramente maiores foram verificados em relação aos de abril.

Em uma análise da NBR 5.382 da ABNT, que versa sobre a Verificação de Iluminância de Interiores, há uma padronização da realização de coletas das medidas da intensidade luminosa para posterior comparação com a NBR 5.413, que conta com os valores recomendados para Iluminância de Interiores. A NBR 5.382 traz uma série de ambientes e seus respectivos padrões de iluminação e, para o caso das salas de aula, não houve uma forma que pudesse ser comparada ao projeto real do ambiente. Portanto, uma análise detalhada não foi realizada, contudo, algumas comparações foram realizadas.

A NBR 5.382 indica uma fórmula para calcular um valor referente à iluminância média no interior de um ambiente a partir da configuração do sistema de iluminação. A estrutura de iluminação encontrada na norma que mais se assemelha ao caso real é referente a uma área regular composta por duas ou mais linhas contínuas de luminárias. As salas de aula contam com duas linhas de luminárias não-contínuas e por isso a análise com a norma é prejudicada e não deve ser tomada como parâmetro para adequação das salas aos níveis de intensidade luminosa.

Mas, a fórmula existente é baseada em uma média ponderada, função do número de luminárias e medições no centro e nos cantos da sala. A partir dos dados relatados para as salas de aula com as cortinhas fechadas, não houve valores que excederam a casa dos 500 LUX e valores abaixo dos 200 LUX. A NBR 5.413 indica uma faixa de valores entre 200 e 500 LUX a não serem extrapolados no ambiente caracterizado como salas de aula. Se a fórmula indicada na norma é baseada na média de uma série de medidas, e não foram constatados pontos críticos para as cortinas fechadas, certamente a iluminância média resultante com base na fórmula indicada se encaixa dentro da faixa de valores recomendados. Mais uma vez reitera-se a ressalva de que, para as salas de aula em questão, o sistema de iluminação não é referenciado na norma e não possui uma fórmula definida pela ABNT para o cálculo da iluminância média neste ambiente. Sendo assim, uma conclusão definitiva da adequação da sala às normas ABNT sobre iluminância de interiores não pode ser afirmada com precisão. Ademais, é importante mencionar que a norma considera apenas a iluminação de fontes artificiais, desconsiderando a influência da luz solar.

5.2.6. Concentração de gases

Neste item, gases foram escolhidos para verificação das suas concentrações na sala de aula, tendo em vista a nocividade desses componentes aos seres humanos. As concentrações de formaldeído, ozônio e dióxido de nitrogênio foram avaliadas dentro e fora das salas de aula. A Tabela 15 mostra um resumo dos valores para cada gás, obtidos por meio da utilização do aparato experimental já descrito anteriormente, bem como o limite de detecção de cada instrumento empregado nesta etapa e o valor do TLV para cada composto, de acordo com Lide (2004).

Tabela 15 - Concentração de gases destacadas em azul, para cada dia, aparelho e comparando com o seu respectivo TLV recomendado por Lide (2004).

Formaldeído (ppm)	Data		Faixa de detecção	TLV	
	3/10	10/10		Aparelho: Dräger CMS	TWA
Sala 26392	< 0,200 ppm	< 0,200 ppm	0,2 - 5 ppm		C 0,3 ppm
Sala 26393	< 0,200 ppm	< 0,200 ppm			
Externo	<0,200 ppm	< 0,200 ppm			
Ozônio (ppm)	Data		Aparelho: Tubos colorimétricos	0,1 ppm	
	25/9				
Sala Computadores	< 0,05 ppm		0,05 - 0,6 ppm		
Externo	< 0,05 ppm				
Ozônio (ppb)	Data		Aparelho: Dräger CMS	0,1 ppm	
	17/10				
Sala 26363	< 25 ppb		25 - 100 ppb		
Externo	< 25 ppb				
NO ₂ (ppm)	Data		Aparelho: Tubos colorimétricos	3 ppm	5 ppm
	25/9				
Sala 26393	< 0,5 ppm		0,5 - 30 ppm		
Externo	< 0,5 ppm				

A partir da análise dos dados, nota-se que, na seção de ozônio aferida com tubos colorimétricos, há um local caracterizado como sala de computadores. Adotou-se tal local para realização de um teste, visto que a sala apresenta ventilação por ar condicionado e computadores, onde a probabilidade de serem encontradas concentrações elevadas de ozônio seriam maiores. Porém, nem nessa sala, onde as condições seriam as piores em comparação às salas 26392 e 26393, o ozônio foi encontrado em uma porção maior do que 0,05 ppm, que é o limite mínimo de detecção do instrumento.

Além do ozônio, observa-se que, para os outros gases analisados, nenhum atingiu a faixa mínima de detecção dos instrumentos empregados para análise. Tanto o formaldeído, quanto o ozônio e o dióxido de nitrogênio encontram-se em concentrações abaixo do limite mínimo de detecção do aparato utilizado, ora avaliados com *chips*, ora com tubos colorimétricos.

Para a coluna respectiva ao TLV de cada gás, o formaldeído apresenta a letra “C” para o valor respectivo ao STEL e essa letra indica que é um limite máximo que não deve ser excedido nem em pequenos períodos devido aos efeitos de toxicidade aguda respectivo ao composto químico. Portanto, a partir desses dados, nota-se que as salas analisadas estão adequadas às concentrações estabelecidas como limite, já que os valores obtidos em campo não ultrapassam os limites padronizados pelo documento.

Ainda para o formaldeído, há um limite máximo aceitável citado na RN02 da ABRAVA, com base em uma norma canadense de 1984. O valor recomendado como limite é de 0,1 ppm, mas, para o equipamento empregado, é impossível aferir essa concentração devido à faixa de detecção do *chip* para este composto. Para concentrações abaixo de 0,2 ppm, o *chip* não é capaz de emitir valores com tal precisão e, por isso, não é possível verificar a adequação das salas de aula perante essa norma.

5.2.7. Avaliação de ruído

Com o decibelímetro, foi realizada a avaliação do ruído dentro das salas de aula durante o período de aula, com portas e janelas abertas. Essa condição foi intencionalmente imposta para analisar o ruído externo que interfere no ambiente interno das salas. A norma NBR 10152 de 1987 da ABNT estipula os limites de ruído em decibel, para cada tipo de ambiente. Considerando a sala de aula, a NBR 10152 recomenda que o valor para conforto acústico de 40 dB, enquanto que o nível sonoro aceitável definido pela mesma para a finalidade é de 50 dB.

As medições de ruído dentro do ambiente localizam-se no intervalo de 50 a 59 dB para a sala 26392, e de 53 a 62 dB para a sala 26393. Sendo assim, de acordo com a NBR 10152, a sala apresenta valores acima do recomendado como nível

máximo aceitável. É importante lembrar que a medição foi realizada com janelas e a porta da sala de aula abertas. Para eventuais casos em que o ruído externo atinja um nível muito elevado, recomenda-se o fechamento da porta e janelas da sala de aula, porém isso acarretará em uma queda da taxa de ventilação no interior do local.

5.2.8. *Taxas de ocupação e ventilação*

A RN02 da ABRAVA recomenda, primeiramente, a taxa de ocupação de um ambiente, em função do número de pessoas. Ela fornece um parâmetro que relaciona 50 pessoas para cada 100 m² de área construída para o ambiente caracterizado como sala de aula. Como as salas da Engenharia Ambiental EESC/USP possuem 67,5 m² de área em planta, o número máximo de pessoas a frequentarem o local é de, aproximadamente, 34 pessoas, de acordo com a norma citada. Tendo-se em vista que cada turma é composta por 40 pessoas, excetuando o docente e outros discentes matriculados em algumas disciplinas, o local encontra-se fora dos padrões de ocupação estabelecidos na norma se apenas for computada a média de estudantes matriculados por turma.

Para determinação da taxa de ventilação do local, tomou-se por base a mensuração da vazão afluente ao ambiente, sugerido por Heinsohn e Cimballa (2003). O monitoramento do gás carbônico teve início antes das bexigas serem esvaziadas na sala de aula e, no momento em que o ar por elas armazenado fosse liberado, fecharam-se as janelas para que uma alta concentração fosse alcançada no interior do ambiente. Após a delimitação do pico, as janelas foram abertas e os perfis gerados para a sala 26393. As Figuras 28 e 29 mostram os gráficos do perfil da concentração de gás carbônico ao longo do tempo para cada sala, sendo destacado o dia de realização.

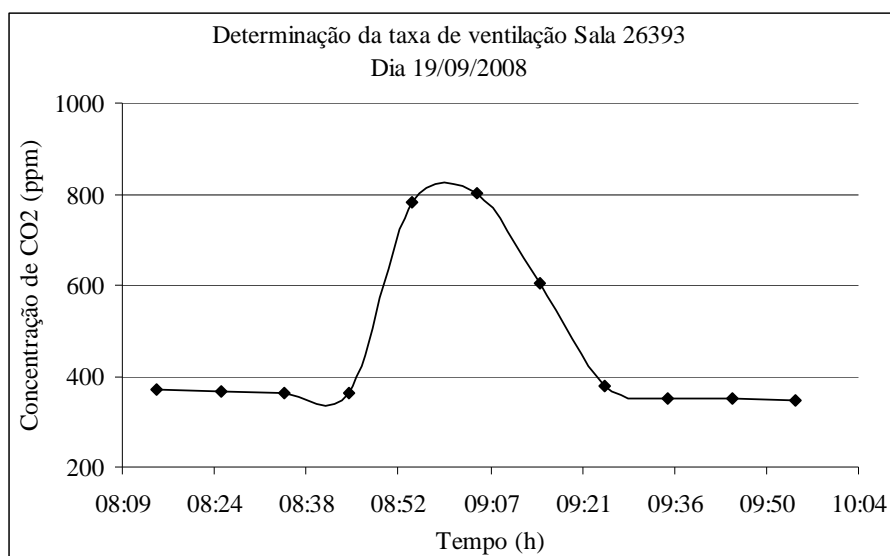


Figura 28. Perfil de CO₂ para determinação da taxa de ventilação no dia 19/09/2008.

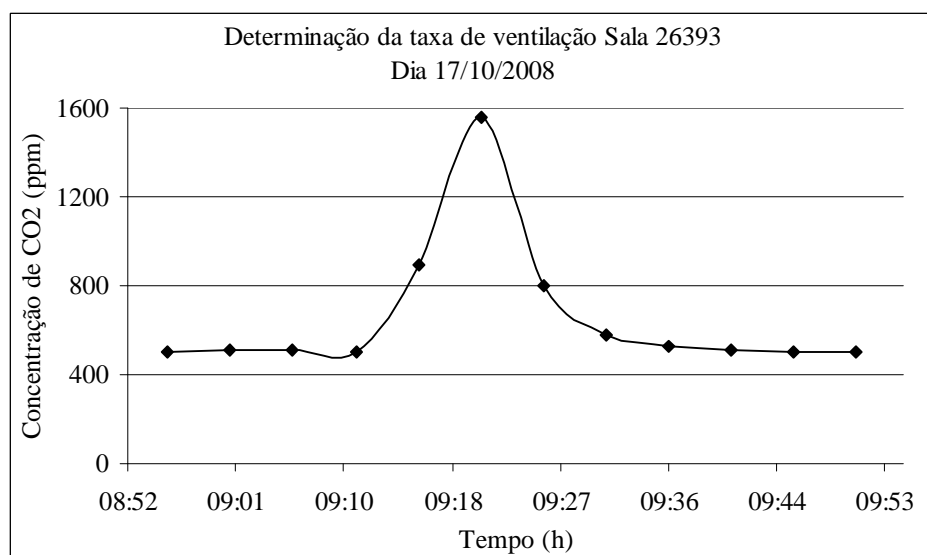


Figura 29. Perfil de CO₂ para determinação da taxa de ventilação no dia 17/10/2008.

Durante o monitoramento da concentração de gás carbônico das salas de aula, também foram consideradas as temperaturas interna e externa, além da umidade relativa interna e externa. Utilizou-se o Termigrômetro Digital da Rotronic instalado a 1,5 m do chão no centro da sala para coleta desses dados. A Tabela 16 apresenta os valores médios encontrados para estas variáveis durante o período de realização do teste em questão.

Tabela 16 - Temperatura média interna e externa, umidade relativa média interna e externa à sala de aula durante a realização do experimento de determinação da taxa de ventilação.

		19/09	17/10
Temperatura (°C)	Interna	20,0	25,9
	Externa	21,1	26,1
Umidade Relativa (%)	Interna	51,5	61,1
	Externa	47,7	58,9

Para a determinação da taxa de ventilação em cada dia, utilizou-se a Equação 6 demonstrada no item 3.6 do atual relatório. Em função do tempo de decaimento da concentração e da concentração de gás carbônico no ar que entra na sala, foi possível determinar a vazão afluyente ao sistema.

Sabendo que o volume da sala é de 223,4 m³, a Tabela 17 reúne os valores escolhidos para o cálculo da vazão, relacionando o período analisado, a concentração de gás carbônico na corrente de entrada (c_e), o pico de concentração (c_0) e a concentração ao final do tempo “t” decorrido (c_t).

Tabela 17 - Taxa de ventilação em m³/min para as salas analisadas no decorrer do experimento.

Tempo (h:min)	Dia 19/09		Dia 17/10	
	Sala 26393		Sala 26393	
	09:05	09:25	09:21	09:31
c_e (ppm)	348		502	
c_0 (ppm)	802		1556	
c_t (ppm)	379		581	
Q (m ³ /min)	29,98		57,89	
Q (L/s)	500		965	

Para comparação com valores em normas vigentes no país, tomou-se como referência a RN02 da ABRAVA, que indica como padrão adequado para salas de aula o valor de 7,5L/s por pessoa. Como há, em média, 45 pessoas como ocupantes do local, a vazão de ar mínima de ar exterior segundo a RN02 deveria ser de 337,5 L/s. Tendo em vista esse valor e a última linha da Tabela 17, conclui-se que a

taxa de ventilação da sala de aula está adequada perante os padrões indicados na norma vigente no Brasil.

Observa-se que constam dados apenas para a sala 26393, pois, para a sala 26392, o resultado obtido não foi satisfatório e fica como recomendação para possível continuação do monitoramento a realização deste experimento para a sala em que o resultado obtido não atingiu os valores esperados.

6. CONCLUSÕES

Neste tópico, há um resumo de todos os parâmetros avaliados durante o decorrer da pesquisa, com uma comparação em relação aos valores padronizados em normas (quando possível de se fazer tal observação) e breves considerações a respeito do tema. Esse quadro foi construído com o intuito de facilitar a observação do comportamento de cada sala de aula para os parâmetros avaliados e fornecer uma visualização geral das conclusões, estabelecendo uma comparação com os padrões encontrados em normas. A Tabela 18 a seguir apresenta esses valores, indicando a adequação ou não de cada variável analisada nas salas de aula monitoradas.

A partir da observação da Tabela, conclui-se que, de acordo com as normas utilizadas como parâmetro, a temperatura, o nível de ruído e a taxa de ocupação foram as variáveis que extrapolaram os limites máximos estabelecidos pelos documentos. Apesar nível de temperatura exceder o valor padronizado, vale mais uma vez destacar que a norma da ANVISA é destinada a ambientes climatizados artificialmente e, para as salas de aula em consideração, não há este tipo de sistema. Porém, o problema da temperatura e da umidade relativa reflete o desconforto térmico do local, quando deveria ser observado um comportamento distinto da variação das temperaturas e umidades relativas internas e externas.

Tabela 18 - Quadro síntese de parâmetros avaliados para as salas de aula.

<i>Parâmetro</i>	<i>Sala 26392</i>	<i>Sala 26393</i>	<i>Norma/Referência</i>	<i>Observações</i>
Temperatura	Inadequado	Inadequado	RE/ANVISA nº 9	Além de apresentar valores fora da faixa de recomendação, há uma pequena diferença entre a média interna e externa (desconforto térmico).
Umidade Relativa	Adequado	Adequado	RE/ANVISA nº 9	Não foram encontrados valores que extrapolaram o limite da norma.
Gás Carbônico	Adequado	Adequado	RE/ANVISA nº 9 RN02/ABRAVA	Abaixo do limite máximo recomendável pelas duas normas.
Formaldeído	Adequado	Adequado	LIDE (2004)	Abaixo do limite mínimo de detecção do instrumento.
Ozônio	Adequado	Adequado	LIDE (2004)	Abaixo do limite mínimo de detecção dos instrumentos.
Dióxido de nitrogênio	Adequado	Adequado	LIDE (2004)	Abaixo do limite mínimo de detecção do instrumento.
Ruído	Inadequado	Inadequado	NBR 10.152	Ruído acima, porém próximo ao máximo recomendado.
Intensidade Luminosa	I.C.*	I.C.*	NBR 5.413	Pelo perfil gerado, não foram constatados problemas.
Material Particulado	I.C.*	I.C.*	CONAMA nº 3 RE/ANVISA nº 9	A partir da metodologia das normas, foi impossível realizar uma análise de adequação.
Bioaerossóis	Adequado	Adequado	RE/ANVISA nº 9 RN02/ABRAVA	Necessidade de adequação do método de coleta.
Taxa de Ocupação	Inadequado	Inadequado	RN02/ABRAVA	Número de ocupantes é superior ao recomendado.
Taxa de Ventilação	I.C.*	Adequado	RN02/ABRAVA	O resultado para a sala 26392 não foi satisfatório para comparação com a norma.

***I.C. - Inadequado para Comparação**

Outra questão importante é em relação ao ruído, pois, em determinados momentos, supera os limites recomendados. Para tentar amenizar os efeitos deletérios do ruído nas salas de aula, tomam-se medidas como o fechamento de portas e janelas. Encontra-se uma correlação entre o problema do ruído e do desconforto térmico, pois, ao serem fechadas as janelas e portas, há um prejuízo nas trocas de ar e,

consequentemente, na troca de calor, tendo em vista que as salas não possuem sistema de ar condicionado.

A taxa de ocupação é mais uma questão relevante, pois, de acordo com os padrões encontrados na RN02 da ABRAVA, há uma lotação das salas acima do recomendado. Sendo assim, aumenta-se o risco de uma QAI ruim ao longo do tempo no local em questão.

A partir destes pontos levantados, os problemas de desconforto e ruído podem influenciar no desempenho dos alunos e professores, já que para um bom desempenho nas aulas, a atenção é essencial para um bom desempenho. Com níveis inadequados de temperatura e ruído, pode ocorrer uma influência negativa na atenção dos ocupantes, infligindo em uma queda de rendimento.

7. RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista a Tabela 18, nota-se a existência de parâmetros classificados como I.C., ou seja, incapazes de serem comparados aos padrões estabelecidos. A partir de um levantamento de métodos que se encaixem às situações avaliadas nas salas de aula, uma caracterização mais abrangente do comportamento das salas em comparação à já efetuada seria possível.

Exemplo disso seria a realização de análise química das membranas com material particulado depositado, ou então uma melhor adequação das técnicas de coleta de bioaerossóis e ainda uma comparação apropriada da concentração de material particulado em suspensão nas salas de aula com padrões encontrados em normas.

O ajustamento de tais variáveis tende a complementar as análises efetuadas, garantindo uma visão abrangente dos fatores envolvido na QAI e, consequentemente,

na saúde dos ocupantes do ambiente. Destaca-se, então, a importância de estudos aprofundados nessa recente área de pesquisa.

Recomenda-se, ainda, o levantamento de medidas corretivas para as variáveis inadequadas monitoradas. É de extrema valia a adoção de medidas corretivas para a temperatura e ruído. Devem ser observadas todas as condições envolvidas para que, ao instalar determinada providência, não haja impactos deletérios significantes aos outros parâmetros do ar interior nas salas de aula.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NORMA - NBR 10.152** de 2000 - Níveis de ruído para conforto acústico.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NORMA - NBR 10.151** de 2000 - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NORMA - NBR 5.382** de 1985 - Verificação de iluminância de interiores.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NORMA - NBR 5.413** de 1992 - Iluminância de interiores.
- ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. **RECOMENDAÇÃO NORMATIVA RN 02 - 2003**. Disponível em: <http://www.portalabrava.com.br>
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **PORTARIA Nº 3.523** de 28 de agosto de 1998. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO - RE/ANVISA Nº176** de 24 de outubro de 2000. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO - RE/ANVISA Nº9** de 16 de janeiro de 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>
- BAKÓ-BIRÓ, Z.; WARGOCKI, P.; WESCHLER, C.J.; FANGER, P.O. Effects of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices. **Indoor Air**, 14, 178-187, 2004.
- BARTLETT, K.H.; KENNEDY, S.M.; BRAUER, M.; VAN NETTEN, C.; DILL, B. Evaluation and Determinants of Airborne Bacterial Concentrations in Schools Classrooms. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, 1; 639-647, 2004.

- BARTLETT, K.H.; KENNEDY, S.M.; BRAUER, M.; VAN NETTEN, C.; DILL, B. Evaluation and a Predictive Model of Airborne Fungal Concentrations in Schools Classrooms. **Ann. Occup. Hyg.**, Vol. 48, No. 6, 547-554, 2004.
- BERNSTEIN, J. A. Health effects of air pollution. **J. Allergy. Clin. Immunol.**, 14, Nº 5, 1116-1123, 2004.
- BLACK, J.G. **Microbiologia - Fundamentos e Perspectivas**. Editora Guanabara Koogan S.A., 4ª edição, Rio de Janeiro, 1999.
- BLONDEAU, P.; IORDACHE, V.; POUPARD, O.; GENIN, D.; ALLARD; F. Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools. **Indoor Air**, 15, 2-12, 2005.
- BRANIS, M.; REZÁCOVÁ, P.; DOMASOVÁ, M. The effect of outdoor and indoor human activity on mass concentrations of PM₁₀, PM_{2.5}, and PM₁ in a classroom. **Environmental Research**, 99, 143-149, 2005.
- BRICKUS, L. S. R.; AQUINO NETO, F. R. A qualidade do ar de interiores e a química. **Química Nova**, 22(1), 65-74, 1999.
- BRUCE, N.; PEREZ-PADILLA, R.; ALBALAK, R. Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. **Bulletin of the World Health Organization**, 78 (9), 1078-1092, 2000.
- CATRANIS, C. M.; ANAGNOST, S. E.; ZHANG, L.; ZHOU, S.; FERNANDO, A.; MOREY, S.; WANG, C. J. K. A new sub-sampling method for analysis of air samples collected with the Andersen single-stage sampler. **Aerobiologia**, 22, 177-184, 2006.
- CHATZIS, C.; ALEXOPOULOS, E.C.; LINOS, A. Indoor and outdoor personal exposure to benzene in Athens, Greece. **Science of the Total Environment**, 349, 72-80, 2005.
- CHEW, G.L.; CORREA, J.C.; PERZANOWSKI, M.S. Mouse and cockroach allergens in the dust and air in northeastern United States inner-city public high schools. **Indoor Air**, 15, 228-234, 2005.
- CLAUSEN, G. Ventilation filters and indoor air quality: a review of research from the International Centre for Indoor Environment and Energy. **Indoor Air**, 14 (Suppl. 7), 202-207, 2004.
- CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO - CONAMA Nº 005** de 15 de junho de 1989. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>
- CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO - CONAMA Nº 003** de 28 de junho de 1990. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>
- DAISEY, J.M.; ANGELL, W.J.; APTE, M.G. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. **Indoor Air**, 13, 53-64, 2003.

- DAISEY, J.M.; ANGELL, W.J.; APTE, M.G. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. **Indoor Air**, 13, 53-64, 2003.
- EPA (Environmental Protection Agency). **Indoor Air Quality Education and Assessment Guidance (I-BEAM)**. Acesso em: 26 de setembro de 2008. Disponível em: <http://www.epa.gov/iaq/largebldgs/i-beam.html/ibeami.htm>
- FREW, J.A. Advances in environmental and occupational diseases 2004. **J. Allergy. Clin.Immunol.**, 115, No. 6, 1197-1202, 2005.
- GERRITY, T.R. Regional deposition of gases and particles in the lung: implications for mixtures. **Toxicology**, 105, 327-334, 1995.
- GODISH, T. **Air Quality**. 2nd Ed., Lewis Publishers,1991.
- GODISH, T.; SPENGLER, J.D. Relationships Between Ventilation and Indoor Air Quality: A Review. **Indoor Air**, 6, 135-145, 1996.
- GODWIN, C.; BATTERMAN, S. Indoor air quality in Michigan schools. **Indoor Air**, 17, 109-121, 2006.
- GUO, H.; LEE, S.C.; CHAN, L.Y.; LI, W.M. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. **Environmental Research**, 94, 57-66, 2004.
- HEINSOHN, R. J., CIMBALA, J. M. **Indoor Air Quality Engineering - Environmental Health and Control of Indoor Pollutants**. Marcel Dekker, INC, University Park, The Pennsylvania State University, Pennsylvania, U.S.A, 2003.
- HOPKE, P. K.; XIE, Y.; RAUNEMAA, T.; BIEGALSKI, S.; LANDSBERGER, S.; MAENHAUT, W.; ARTAXO, P.; COHEN, D. Characterization of the Gent Stacked Filter Unit PM₁₀ Sampler. **Aerosol Science and Technology**, 27, 726-735, 1997.
- HUSSEIN, T.; HÄMERI, K.; HEIKKINEN, M.S.A.; KULMALA, M. Indoor and outdoor particle size characterization at a family house in Espoo - Finland. **Atmospheric Environment**, 39, 3697-3709, 2005.
- INSTANNES, C.; HETLAND, G.; BERNTSEN, S.; LEVIK, M.; NAFSTAD, P. Allergens and endotoxin in settled dust from day-care centers and schools in Oslo, Norway. **Indoor Air**, 15, 356-362, 2005.
- ITO, L. X.; AGUIAR, M. L. Indoor air quality of libraries in São Paulo, Brazil. **Indoor Built Environ**, 16, 1:1-4, 2007.
- JAGLBAUER, V. **Contribuição à melhora das condições ambientais de trabalho através do aprimoramento da iluminação em galpões e pátios cobertos na indústria mineral**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, SP, 188 p., 2007.

- JANSSEN, N.A.H.; HOCK, G.; BRUNEKREEF, B.; HARSSEMA, H. Mass concentration and elemental composition of PM₁₀ in classrooms. **Occup. Environ. Med.**, 56, 482-487, 1999.
- JONES-OTAZO, H. A.; CLARKE, J. P.; DIAMOND, M. L.; ARCHBOLD, J. A.; FERGUSON, G.; HARNER, T.; RICHARDSON, G. M., RYAN, J. J.; WILFORD, B. Is house dust the missing exposure pathway for PBDEs? An analysis of the urban fate and human exposure to PBDEs. **Environ Sci Technol**, 39:5121-30, 2005.
- KAGAWA, J. Health effects of diesel exhaust emissions - a mixture of air pollutants of worldwide concern. **Toxicology**, 181-182, 349-353, 2002.
- KALOGERAKIS, N.; PACHALI, D.; LEKADITIS, V.; PANTIDOU, A.; ELEFThERIADIS, K.; LAZADIRIS, M. Indoor air quality - bioaerosol measurements in domestic and office premises. **Journal of Aerosol Science**, 36, 751-761, 2005.
- KARIMIPANAH, T.; AWBI, H. B.; SANDBERG, M.; BLOMQVIST, C. Investigation of air quality, comfort parameters and effectiveness for two floor-level air supply systems in classrooms. **Building and Environment**, 42, 647-655, 2007.
- KELLER-OLAMAN, S.J.; EYLES, J.D.; ELLIOTT, S.J.; WILSON, K.; DOSTROVSKY, N.; JERRETT, M. Individual and Neighborhood Characteristics Associated with Environmental Exposure: Exploring Relationships at Home and Work in a Canadian City. **Environment and Behavior**, 37, No. 4, 441-464, 2005.
- KOTZIAS, D. Indoor air and human exposure assessment - needs and approaches. **Experimental and Toxicologic Pathology**, 57, 5-7, 2005.
- LEE, S.C.; CHANG, M. Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong. **Chemosphere**, 41, 109-113, 2000.
- LEE, S.C.; GUO, H.; LI, W.M.; CHAN, L.Y. Inter-comparison of air pollutant concentrations in different indoor environments in Hong Kong. **Atmospheric Environment**, 36, 1929-1940, 2002.
- LI, A.; SCHOONOVER, T.M.; ZOU, Q.; NORLOCK, F.; CONROY, L.M.; SCHEFF, P.A.; WADDEN, R.A. Polycyclic aromatic hydrocarbons in residential air of ten Chicago area homes: Concentrations and influencing factors. **Atmospheric Environment**, 39, 3491-3501, 2005.
- LIDE, D. R. **CRC Handbook of Chemistry and Physics: A Ready-reference Book of Chemical and Physical Data**. 87th Ed., CRC Press, 2712 p., 2004. Disponível na página: www.hbcernetbase.com
- LIN, Z.; CHOW, T.T.; FONG, K.F.; TSANG, C.F. WANG, Q. Comparison of performances of displacement and mixing ventilations. Part II: indoor air quality. **International Journal of Refrigeration**, 28, 288-305, 2005.
- LOPES, F. **Caracterização química do material particulado suspenso na atmosfera empregando a fluorescência de raios X dispersiva em energia (EDXRF)**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Energia Nuclear na Agricultura). Centro de

- Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, USP. Piracicaba, SP, 89 p., 2003.
- MATSON, U. Indoor and outdoor concentrations of ultrafine particles in some scandinavian rural and urban areas. **Science of the Total Environment**, 343, 169-176, 2005.
- MENDELL, M.J.; HEATH, G.A. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. **Indoor Air**, 15, 27-52, 2005.
- MENG, Q.Y.; TURPIN, B.J.; POLIDORI, A.; LEE, J.H.; WEISEL, C.; MORANDI, M.; COLOME, S.; STOCK, T.; WINER, A.; ZHANG, J.J. PM_{2.5} of Ambient Origin: Estimates and Exposure Errors Relevant to PM Epidemiology. **Environmental Science & Technology**, vol.39, no. 14, 5105-5112, 2005.
- MEYER, B. **Indoor air quality**. 1st Ed. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 434 p, 1983.
- MORAES, A. P. **Qualidade do ar interno com ênfase na concentração de aerodispersóides nos edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, SP, 159 p., 2006.
- MYERS, I.; MAYNARD, R.L. Polluted air - outdoors and indoors. **Occupational Medicine**, 55, 432-438, 2005.
- MYSEN, M.; BERNTSEN, S.; NAFSTAD, P.; SCHILD, P. G. Occupancy density and benefits of demand-controlled ventilation in Norwegian primary schools. **Energy and Buildings**, 37, 1234-1240, 2005.
- NAZAROFF, W.W. Indoor particle dynamics. **Indoor Air**, 14 (Suppl. 7), 175-183, 2004.
- PETERS, J.M. et al. A Study of Twelve Southern California Communities with Differing Levels and Types of air Pollution: Prevalence of respiratory morbidity. **Am. J. Respir. Crit.Care Med.**, 159, 760-767, 1999.
- POKHREL, A.K.; SMITH, K.R.; KHALAKDINA, A.; DEUJA, A.; BATES, M.N. Case-control study of indoor cooking smoke exposure and cataract in Nepal and India. **International Journal Of Epidemiology**, 34, 702-708, 2005.
- POSNER, J.D.; BUCHANAN, C.R.; DUNN-RANKIN, D. Measurement and prediction of indoor air flow in a model room. **Energy and Buildings**, 35, 515-526, 2003.
- RICHARDSON, G.; EICK, S.; JONES, R. How is the indoor environment related to asthma?: literature review. **Journal of Advanced Nursing**, 53 (3), 328-339, 2005.
- RIOS, A. L. **Efeito tardio do ruído na audição e na qualidade do sono em indivíduos expostos a níveis elevados**. Dissertação (Mestrado em Biociências Aplicadas à Clínica Médica). Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, USP. Ribeirão Preto, SP, 155 p., 2003.

- SCHEFF, P.A.; PAULIUS, V.K.; CURTIS, L.; CONROY, L.M. Indoor Air Quality in a Middle School, Part II: Development of Emission Factors for Particulate Matter and Bioaerosols. **Applied Occupational and Environmental Hygiene**, Volume 15 (11); 835-842, 2000.
- SHENDELL, D. G.; PRILL, R.; FISK, W. J.; APTE, M.G.; BLAKE, D.; FAULKNER, D. Associations between classroom CO₂ concentration and student attendance in Washington and Idaho. **Indoor Air**, 14, 333-341, 2004.
- SUNDELL, J. On the history of indoor air quality and health. **Indoor Air**, 14 (Suppl. 7), 51-58, 2004.
- TUOMAINEN, A.; SEURI, M.; SIEPPI, A. Indoor air quality and health problems associated with damp floor coverings. **Int. Arch. Occup. Environ. Health**, 77, 222-226, 2004.
- WALSH, P. J.; DUDNEY, C. S.; CPOENHAVER, E. D. **Indoor air quality**. 1st Ed. Florida: CRC Press, Inc, 207 p., 1984.
- WARGOCKI, P. Sensory pollution sources in buildings. **Indoor Air**, 14 (Suppl. 7), 82-91, 2004.
- WARGOCKI, P.; BAKÓ-BIRÓ, Z.; CLAUSEN, G.; OLE FANGER, P. Air quality in a simulated office environment as a result of reducing pollution sources and increasing ventilation. **Energy and Buildings**, 34, 775-783, 2002.
- WARGOCKI, P.; FANGER, P.O.; KRUPICZ, P.; SZCZECINSKI, A. Sensory pollution loads in six office buildings and a department store. **Energy and Buildings**, 36, 995-1001, 2004.
- WESCHLER, C.J. Ozone in Indoor Environments: Concentration and Chemistry. **Indoor Air**, 10, 269-288, 2000.
- WHEELER, A.J.; WILLIAMS, I.; BEAUMONT, R.A.; HAMILTON, R.S. Characterization of Particulate Matter Sampled During a Study of Children's Exposure to Airborne Particulate Matter in a UK Urban Environment. **Environmental Monitoring and Assessment**, 65, 69-77, 2000.

9. ANEXOS

ANEXO I - RESOLUÇÃO CONAMA Nº 3

RESOLUÇÃO CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990
Publicada no DOU, de 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939

Correlações:

- Complementa a Resolução nº 5/89

Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II, do Art. 6º, da Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989, e tendo em vista o disposto na Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e,

Considerando a necessidade de ampliar o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País;

Considerando que a Portaria GM 0231, de 27 de abril de 1976, previa o estabelecimento de novos padrões de qualidade do ar quando houvesse informação científica a respeito;

Considerando o previsto na Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar "PRONAR", resolve:

Art. 1º São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

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

- I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- II - inconveniente ao bem-estar público;
- III - danoso aos materiais, à fauna e flora.
- IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

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

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

Parágrafo único. Os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante a estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

Art. 3º Ficam estabelecidos os seguintes Padrões de Qualidade do Ar:

- I - Partículas Totais em Suspensão
 - a) Padrão Primário
 - 1 - concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.
 - 2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
 - b) Padrão Secundário
 - 1 - concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) micro gramas por metro cúbico de ar.
 - 2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 150 (cento e cinquenta) micro-

gramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

II - Fumaça

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida uma de uma vez por ano.

III - Partículas Inaláveis

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 50 (cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

IV - Dióxido de Enxofre

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 365 (trezentos e sessenta e cinco) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas, de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

V - Monóxido de Carbono

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média de 8 (oito) horas, de 10.000 (dez mil) microgramas por metro cúbico de ar (9 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

2 - concentração média de 1 (uma) hora, de 40.000 (quarenta mil) microgramas por metro cúbico de ar (35 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VI - Ozônio

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média de 1 (uma) hora, de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VII - Dióxido de Nitrogênio

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 320 (trezentos e vinte) microgramas por metro cúbico de ar.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 190 (cento e noventa) microgramas por metro cúbico de ar.

Art. 4º Ficam estabelecidos os seguintes métodos de amostragem e análise dos poluentes atmosféricos a serem definidos nas respectivas Instruções Normativas:

a) Partículas Totais em Suspensão - Método de Amostrador de Grandes Volumes ou

Método Equivalente.

- b) Fumaça - Método da Refletância ou Método Equivalente.
- c) Partículas Inaláveis - Método de Separação Inercial/Filtração ou Método Equivalente.
- d) Dióxido de Enxofre - Método de Pararonsilina ou Método Equivalente.
- e) Monóxido de Carbono - Método do Infra-Vermelho não Dispersivo ou Método Equivalente.
- f) Ozônio - Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.
- g) Dióxido de Nitrogênio - Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.

§ 1º Constitui-se Método de Referência, os métodos aprovados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e, na ausência deles, os recomendados pelo IBAMA como os mais adequados e que deva ser utilizado preferencialmente.

§ 2º Poderão ser adotados métodos equivalentes aos métodos de referência, desde que aprovados pelo IBAMA.

§ 3º Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 760 milímetros de coluna de mercúrio (1.013,2 milibares).

Art. 5º O monitoramento da qualidade do ar é atribuição dos estados.

Art. 6º Ficam estabelecidos os Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de estado e dos municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população.

§ 1º Considera-se Episódio Crítico de Poluição do Ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos.

§ 2º Ficam estabelecidos os Níveis de Atenção, Alerta e Emergência, para a execução do Plano.

§ 3º Na definição de qualquer dos níveis enumerados poderão ser consideradas concentrações de dióxido de enxofre, partículas totais em suspensão, produto entre partículas totais em suspensão e dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de nitrogênio, bem como a previsão meteorológica e os fatos e fatores intervenientes previstos e esperados.

§ 4º As providências a serem tomadas a partir da ocorrência dos Níveis de Atenção e de Alerta têm por objetivo evitar o atingimento do Nível de Emergência.

§ 5º O Nível de Atenção será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

- a) concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;
- b) concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 375 (trezentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;
- c) produto, igual a 65×10^3 , entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
- d) concentração de monóxido de carbono (CO), média de 08 (oito) horas, de 17.000 (dezesete mil) microgramas por metro cúbico (15 ppm);
- e) concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 400 (quatrocentos) microgramas por metro cúbico;
- f) concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico;
- g) concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e

cinquenta) microgramas por metro cúbico.

h) concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora, de 1130 (um mil cento e trinta) microgramas por metro cúbico.

§ 6º O Nível de Alerta será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

a) concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, 1.600 (um mil e seiscentos) microgramas por metro cúbico;

b) concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 625 (seiscentos e vinte e cinco) microgramas por metro cúbico;

c) produto, igual a 261×10^3 , entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

d) concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 34.000 (trinta e quatro mil) microgramas por metro cúbico (30 ppm);

e) concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;

f) concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

g) concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

h) concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora de 2.260 (dois mil, duzentos e sessenta) microgramas por metro cúbico:

§ 7º O Nível de Emergência será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

a) concentração de dióxido de enxofre (SO₂); média de 24 (vinte e quatro) horas, de 2.100 (dois mil e cem) microgramas por metro cúbico;

b) concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 875 (oitocentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;

c) produto igual a 393×10^3 , entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

d) concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 46.000 (quarenta e seis mil) microgramas por metro cúbico (40 ppm);

e) concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 1.000 (hum mil) microgramas por metro cúbico;

f) concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

g) concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

h) concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora de 3.000 (três mil) microgramas por metro cúbico.

§ 8º Cabe aos estados a competência para indicar as autoridades responsáveis pela declaração dos diversos níveis, devendo as declarações efetuarem-se por qualquer dos meios usuais de comunicação de massa.

§ 9º Durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão, na área atingida, sujeitas às restrições previamente estabelecidas pelo órgão de controle ambiental.

Art. 7º Outros Padrões de Qualidade do Ar para poluentes, além dos aqui previstos, poderão ser estabelecidos pelo CONAMA, se isto vier a ser julgado necessário.

Art. 8º Enquanto cada estado não definir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no

item 2, subitem 2.3, da Resolução CONAMA nº 5/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta Resolução.

Art. 9º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

JOSÉ A. LUTZENBERGER - Presidente do Conselho

TÂNIA MARIA TONELLI MUNHOZ - Secretária-Executiva

NOTA: Republicada para trazer incorreção na numeração dos artigos (versão original no DOU nº 158, de 16 de agosto de 1990, pág. 15518-15519)

Este texto não substitui o publicado no DOU, de 22 de agosto de 1990.

ANEXO II - RESOLUÇÃO RE/ANVISA Nº 9

O Diretor da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, no uso da atribuição que lhe confere a Portaria nº 570, do Diretor Presidente, de 3 de outubro de 2002;

considerando o § 3º, do art. 111 do Regimento Interno aprovado pela Portaria n.º 593, de 25 de agosto de 2000, republicada no DOU de 22 de dezembro de 2000,

considerando a necessidade de revisar e atualizar a RE/ANVISA nº 176, de 24 de outubro de 2000, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo, frente ao conhecimento e a experiência adquiridos no país nos dois primeiros anos de sua vigência;

considerando o interesse sanitário na divulgação do assunto;

considerando a preocupação com a saúde, a segurança, o bem-estar e o conforto dos ocupantes dos ambientes climatizados;

considerando o atual estágio de conhecimento da comunidade científica internacional, na área de qualidade do ar ambiental interior, que estabelece padrões referenciais e/ou orientações para esse controle;

considerando o disposto no art. 2º da Portaria GM/MS n.º 3.523, de 28 de agosto de 1998;

considerando que a matéria foi submetida à apreciação da Diretoria Colegiada que a aprovou em reunião realizada em 15 de janeiro de 2003, **resolve**:

Art. 1º Determinar a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, em anexo.

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

CLÁUDIO MAIEROVITCH PESSANHA HENRIQUES

ANEXO

ORIENTAÇÃO TÉCNICA ELABORADA POR GRUPO TÉCNICO ASSESSOR SOBRE PADRÕES REFERENCIAIS DE QUALIDADE DO AR INTERIOR EM AMBIENTES CLIMATIZADOS ARTIFICIALMENTE DE USO PÚBLICO E COLETIVO

I – HISTÓRICO

O Grupo Técnico Assessor de estudos sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, foi constituído pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, no âmbito da Gerência Geral de Serviços da Diretoria de Serviços e Correlatos e instituído por membros das seguintes instituições:

Sociedade Brasileira de Meio Ambiente e de Qualidade do Ar de Interiores/BRASINDOOR, Laboratório Noel Nutels Instituto de Química da UFRJ, Ministério do Meio Ambiente, Faculdade de Medicina da USP, Organização Panamericana de Saúde/OPAS, Fundação Oswaldo Cruz/FIOCRUZ, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO/MTb, Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial/INMETRO, Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção Hospitalar/APECIH e, Serviço de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde/RJ, Instituto de Ciências Biomédicas – ICB/USP e Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Reuniu-se na cidade de Brasília/DF, durante o ano de 1999 e primeiro semestre de 2000, tendo como metas:

1. estabelecer critérios que informem a população sobre a qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, cujo desequilíbrio poderá causar agravos a saúde dos seus ocupantes;
2. instrumentalizar as equipes profissionais envolvidas no controle de qualidade do ar interior, no planejamento, elaboração, análise e execução de projetos físicos e nas ações de inspeção de ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

Reuniu-se na cidade de Brasília/DF, durante o ano de 2002, tendo como metas:

1. Promover processo de revisão na Resolução ANVISA -RE 176/00
2. Atualiza -la frente a realidade do conhecimento no país.
3. Disponibilizar informações sobre o conhecimento e a experiência adquirida nos dois primeiros anos de vigência da RE 176.

II – ABRANGÊNCIA

O Grupo Técnico Assessor elaborou a seguinte Orientação Técnica sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, no que diz respeito a definição de valores máximos recomendáveis para contaminação biológica, química e parâmetros físicos do ar interior, a identificação das fontes poluentes de natureza biológica, química e física, métodos analíticos (Normas Técnicas 001, 002, 003 e 004) e as recomendações para controle (Quadros I e II).

Recomendou que os padrões referenciais adotadas por esta Orientação Técnica sejam aplicados aos ambientes climatizados de uso público e coletivo já existentes e aqueles a serem instalados. Para os ambientes climatizados de uso restrito, com exigências de filtros absolutos ou instalações especiais, tais como os que atendem a processos produtivos, instalações hospitalares e outros, sejam aplicadas as normas e regulamentos específicos.

III - DEFINIÇÕES

Para fins desta Orientação Técnica são adotadas as seguintes definições, complementares às adotadas na Portaria GM/MS n.º 3.523/98:

- a) Aerodispersóides:** sistema disperso, em um meio gasoso, composto de partículas sólidas e/ou líquidas. O mesmo que aerosol ou aerossol.
- b) ambiente aceitável:** ambientes livres de contaminantes em concentrações potencialmente perigosas à saúde dos ocupantes ou que apresentem um mínimo de 80% dos ocupantes destes ambientes sem queixas ou sintomatologia de desconforto²
- c) ambientes climatizados:** são os espaços fisicamente determinados e caracterizados por dimensões e instalações próprias, submetidos ao processo de climatização, através de equipamentos.
- d) ambiente de uso público e coletivo:** espaço fisicamente determinado e aberto a utilização de muitas pessoas.
- e) ar condicionado:** é o processo de tratamento do ar, destinado a manter os requerimentos de Qualidade do Ar Interior do espaço condicionado, controlando variáveis como a temperatura, umidade, velocidade, material particulado, partículas biológicas e teor de dióxido de carbono (CO₂).
- f) Padrão Referencial de Qualidade do Ar Interior:** marcador qualitativo e quantitativo de qualidade do ar ambiental interior, utilizado como sentinela para determinar a necessidade da busca das fontes poluentes ou das intervenções ambientais
- g) Qualidade do Ar Ambiental Interior:** Condição do ar ambiental de interior, resultante do processo de ocupação de um ambiente fechado com ou sem climatização artificial.
- h) Valor Máximo Recomendável:** Valor limite recomendável que separa as condições de ausência e de presença do risco de agressão à saúde humana.

IV – PADRÕES REFERENCIAIS

Recomenda os seguintes Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados de uso público e coletivo.

1 - O Valor Máximo Recomendável - VMR, para contaminação microbiológica deve ser $\leq 750 \text{ ufc/m}^3$ de fungos, para a relação I/E $\leq 1,5$, onde I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior.

NOTA: A relação I/E é exigida como forma de avaliação frente ao conceito de normalidade, representado pelo meio ambiente exterior e a tendência epidemiológica de amplificação dos poluentes nos ambientes fechados.

1.1 - Quando o VMR for ultrapassado ou a relação I/E for $> 1,5$, é necessário fazer um diagnóstico de fontes poluentes para uma intervenção corretiva.

1.2 - É inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos.

2 – Os Valores Máximos Recomendáveis para contaminação química são:

2.1 - $\leq 1000 \text{ ppm}$ de dióxido de carbono – (CO₂), como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar²

2.2 - $\leq 80 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ de aerodispersóides totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado⁴.

NOTA: Pela falta de dados epidemiológicos brasileiros é mantida a recomendação como indicador de renovação do ar o valor = 1000 ppm de Dióxido de carbono – CO₂

3 – Os valores recomendáveis para os parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar e de grau de pureza do ar, deverão estar de acordo com a NBR 6401 – Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto – Parâmetros Básicos de Projeto da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas⁵.

3.1 - 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 da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 20°C a 22°C.

3.2 - a faixa recomendável de operação da Umidade Relativa, nas condições internas para verão, deverá variar de 40% a 65%, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 40% e 55% durante todo o ano. O valor máximo de operação deverá ser de 65%, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 70%. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 35% a 65%.

3.3 – o Valor Máximo Recomendável - VMR de operação da Velocidade do Ar, no nível de 1,5m do piso, na região de influência da distribuição do ar é de menos 0,25 m/s.

3.4 - a Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m³/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 m³/hora/pessoa, não sendo admitido em qualquer situação que os ambientes possuam uma concentração de CO₂, maior ou igual a estabelecida em IV-2.1, desta Orientação Técnica.

3.5 - a utilização de filtros de classe G1 é obrigatória na captação de ar exterior. O Grau de Pureza do Ar nos ambientes climatizados será obtido utilizando-se, no mínimo, filtros de classe G-3 nos condicionadores de sistemas centrais, minimizando o acúmulo de sujidades nos dutos, assim como reduzindo os níveis de material particulado no ar insuflado².

Os padrões referenciais adotados complementam as medidas básicas definidas na Portaria GM/MS n.º 3.523/98, de 28 de agosto de 1998, para efeito de reconhecimento, avaliação e controle da Qualidade do Ar Interior nos ambientes climatizados. Deste modo poderão subsidiar as decisões do responsável técnico pelo gerenciamento do sistema de climatização, quanto a definição de periodicidade dos procedimentos de limpeza e manutenção dos componentes do sistema, desde que asseguradas as frequências mínimas para os seguintes componentes, considerados como reservatórios, amplificadores e disseminadores de poluentes.

Componente	Periodicidade
Tomada de ar externo	Limpeza mensal ou quando descartável até sua obliteração (máximo 3 meses)
Unidades filtrantes	Limpeza mensal ou quando descartável até sua obliteração (máximo 3 meses)
Bandeja de condensado	Mensal*
Serpentina de aquecimento	Desencrustação semestral e limpeza trimestral
Serpentina de resfriamento	Desencrustação semestral e limpeza trimestral
Umidificador	Desencrustação semestral e limpeza trimestral
Ventilador	Semestral
Plenum de mistura/casa de máquinas	Mensal

* - Excetuando na vigência de tratamento químico contínuo que passa a respeitar a periodicidade indicada pelo fabricante do produto utilizado.

V – FONTES POLUENTES

Recomenda que sejam adotadas para fins de pesquisa e com o propósito de levantar dados sobre a realidade brasileira, assim como para avaliação e correção das situações encontradas, as possíveis fontes de poluentes informadas nos Quadros I e II.

QUADRO I

Possíveis fontes de poluentes biológicos⁶

Agentes biológicos	Principais fontes em ambientes interiores	Principais Medidas de correção em ambientes interiores
Bactérias	Reservatórios com água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumificadores, serpentinas de condicionadores de ar 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.

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 terra com plantas.	Corrigir a umidade ambiental; manter sob controle rígido 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 ² 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 as superfícies fixas e mobiliário, 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.

QUADRO II

Possíveis fontes de poluentes químicos ⁷

Agentes químicos	Principais fontes em ambientes interiores	Principais medidas de correção em ambientes interiores
------------------	---	--

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.
CO ₂	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.
NO ₂	Combustão.	Restringir as fontes de combustão; manter a exaustão em áreas em que ocorre combustão; impedir a infiltração de NO ₂ proveniente de fontes externas; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
O ₃	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 ₃ .
Formaldeído	Materiais de acabamento, 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.

Material particulado	Poeira e fibras.	Manter filtragem de acordo com NBR-6402 da ABNT; evitar isolamento termo-acústico que possa emitir fibras minerais, orgânicas ou sintéticas para o ambiente climatizado; reduzir as fontes internas 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.
Fumo de tabaco	Queima de cigarro, charuto, cachimbo, etc.	Aumentar a quantidade de ar externo admitido para renovação e/ou exaustão dos poluentes; restringir o tabagismo em áreas fechadas.
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.
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.

COV – Compostos Orgânicos Voláteis.

COS-V – Compostos Orgânicos Semi-Voláteis.

Observações - Os poluentes indicados são aqueles de maior ocorrência nos ambientes de interior, de efeitos conhecidos na saúde humana e de mais fácil detecção pela estrutura laboratorial existente no país.

Outros poluentes que venham a ser considerados importantes serão incorporados aos indicados, desde que atendam ao disposto no parágrafo anterior.

VI – AVALIAÇÃO E CONTROLE

Recomenda que sejam adotadas para fins de avaliação e controle do ar ambiental interior dos ambientes climatizados de uso coletivo, as seguintes Normas Técnicas 001, 002, 003 e 004.

Na elaboração de relatórios técnicos sobre qualidade do ar interior, é recomendada a NBR-10.719 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

¹ World Health Organization. Indoor air quality: biological contaminants; Copenhagen, Denmark, 1983 (European Series nº 31).

² American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. ASHRAE Standard 62 - Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 2001

³ Kulcsar Neto, F & Siqueira, LFG. Padrões Referenciais para Análise de Resultados de Qualidade Microbiológica do Ar em Interiores Visando a Saúde Pública no Brasil – *Revista da Brasindoor*. 2 (10): 4-21, 1999.

⁴ Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Resolução n.º 03 de 28/06 / 1990.

⁵ ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6401 – Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto – Parâmetros Básicos de Projeto, 1980.

⁶ Siqueira, LFG & Dantas, EHM. **Organização e Métodos no Processo de Avaliação da Qualidade do Ar de Interiores** - *Revista da Brasindoor*, 3 (1): 19-26, 1999.

⁷ **Aquino Neto, F.R.; Brickus, L.S.R.** Padrões Referenciais para Análise de Resultados da Qualidade Físico-química do Ar de Interior Visando a Saúde Pública. *Revista da Brasindoor*, 3(2):4-15,1999

NORMA TÉCNICA 001

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Bioaerosol em Ambientes Interiores.

MÉTODO ANALÍTICO

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle ambiental da possível colonização, multiplicação e disseminação de fungos em ar ambiental interior.

DEFINIÇÕES:

Bioaerosol: Suspensão de microorganismos (organismos viáveis) dispersos no ar.

Marcador epidemiológica: Elemento aplicável à pesquisa, que determina a qualidade do ar ambiental.

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

MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO: Fungos viáveis.

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Amostrador de ar por impactação com acelerador linear.

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DO AMOSTRADOR:

Amostrador: Impactador de 1, 2 ou 6 estágios.	
Meio de Cultivo: Agar Extrato de Malte, Agar Sabouraud Dextrose a 4%, Agar Batata Dextrose ou outro, desde que cientificamente validado.	
Taxa de Vazão: fixa entre 25 a 35 l/min, sendo recomendada 28,3 l/min.	
Tempo de Amostragem: de 5 a 15 minutos, dependendo das especificações do amostrador. Volume Mínimo: 140 l	
Volume Máximo: 500 l	
Embalagem: Rotina de embalagem para proteção da amostra com nível de biossegurança 2 (recipiente lacrado, devidamente identificado com símbolo de risco biológico)	
Transporte: Rotina de embalagem para proteção da amostra com nível de biossegurança 2 (recipiente lacrado, devidamente identificado com símbolo de risco biológico)	
Nota: Em áreas altamente contaminadas, pode ser recomendável uma amostragem com tempo e volume menores.	
Calibração: Semestral	Exatidão: ± 0,02 l/min. Precisão: ± 99,92 %

ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

- selecionar 01 amostra de ar exterior localizada fora da estrutura predial na altura de 1,50 m do nível da rua.
- Definir o número de amostras de ar interior, tomando por base a área construída climatizada dentro de uma mesma edificação e razão social, seguindo a tabela abaixo:

Área construída (m ²)	Número mínimo de amostras
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 LABORATORIAL: Método de cultivo e quantificação segundo normatizações universalizadas. Tempo mínimo de incubação de 7 dias a 25°C., permitindo o total crescimento dos fungos.

BIBLIOGRAFIA: "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater". 17 th ed. APHA, AWWA, WPC.F; "The United States Pharmacopeia". USP, XXIII ed., NF XVIII, 1985.
 NIOSH- National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), BIOAEROSOL SAMPLING (Indoor Air) 0800, Fourth Edition.
 IRSST – Institute de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Quebec, Canada, 1994.
 Members of the Technical Advisory Committee on Indoor Air Quality, Commission of Public Health Ministry of the Environment – Guidelines for Good Indoor Air Quality in Office Premises, Singapore.

NORMA TÉCNICA 002

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise da Concentração de Dióxido de Carbono em Ambientes Interiores.

MÉTODO ANALÍTICO

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle do processo de renovação de ar em ambientes climatizados.

APLICABILIDADE: Ambientes interiores climatizados, de uso coletivo.

MARCADOR EPIDEMIOLÓGICO: Dióxido de carbono (CO₂).

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Equipamento de leitura direta.

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:

Amostrador: Leitura Direta por meio de sensor infravermelho não dispersivo ou célula eletroquímica.	
Calibração: Anual ou de acordo com especificação do fabricante.	Faixa: de 0 a 5.000 ppm. Exatidão: ± 50 ppm + 2% 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 a tabela abaixo:

Área construída (m ²)	Número mínimo de amostras
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 AMOSTRAGEM: As medidas deverão ser realizadas em horários de pico de utilização do ambiente.

NORMA TÉCNICA 003

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem. Determinação da Temperatura, Umidade e Velocidade do Ar em Ambientes Interiores.

MÉTODO ANALÍTICO

OBJETIVO: Pesquisa, monitoramento e controle do processo de climatização de ar em ambientes climatizados.

APLICABILIDADE: Ambientes interiores climatizados, de uso coletivo.

MARCADORES: Temperatura do ar (°C)
Umidade do ar (%)
Velocidade do ar (m/s) .

MÉTODO DE AMOSTRAGEM: Equipamentos de leitura direta. Termo-higrômetro e Anemômetro.
PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DOS AMOSTRADORES:

Amostrador: Leitura Direta – Termo-higrômetro. Princípio de operação: Sensor de temperatura do tipo termo-resistência. Sensor de umidade do tipo capacitivo ou por condutividade elétrica.	
Calibração: Anual	Faixa: 0° C a 70° C de temperatura 5% a 95 % de umidade Exatidão: ± 0,8 ° C de temperatura ± 5% do valor medido de umidade

Amostrador: Leitura Direta – Anemômetro. Princípio de operação: Preferencialmente de sensor de velocidade do ar do tipo fio aquecido ou fio térmico.	
Calibração: Anual	Faixa: de 0 a 10 m/s Exatidão: ± 0,1 m/s ± 4% 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 a tabela abaixo:

Área construída (m ²)	Número mínimo de amostras
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, para o Termo-higrômetro e no espectro de ação do difusor para o Anemômetro.

Norma Técnica 004

Qualidade do Ar Ambiental Interior. Método de Amostragem e Análise de Concentração de Aerodispersóides em Ambientes Interiores.

MÉTODO ANALÍTICO

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 (µg/m³).

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 µm de diâmetro de poro específico para poeira total a ser coletada; Suporte de filtro em disco de celulose; Porta-filtro 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 coleta se operado com bombas diafragmáticas	Exatidão: ± 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 a tabela abaixo:

Área construída (m ²)	Número mínimo de amostras
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

VII - INSPEÇÃO

Recomenda que os órgãos competentes de Vigilância Sanitária com o apoio de outros órgãos governamentais, organismos representativos da comunidade e dos ocupantes dos ambientes climatizados, utilizem esta Orientação Técnica como instrumento técnico referencial, na realização de inspeções e de outras ações pertinentes nos ambientes climatizados de uso público e coletivo.

VIII – RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Recomenda que os proprietários, locatários e prepostos de estabelecimentos com ambientes ou conjunto de ambientes dotados de sistemas de climatização com capacidade igual ou superior a 5 TR (15.000 kcal/h = 60.000 BTU/h), devam manter um responsável técnico atendendo ao determinado na Portaria GM/MS nº 3.523/98, além de desenvolver as seguintes atribuições:

- a) providenciar a avaliação biológica, química e física das condições do ar interior dos ambientes climatizados;
- b) promover a correção das condições encontradas, quando necessária, para que estas atendam ao estabelecido no Art. 4º desta Resolução;
- c) manter disponível o registro das avaliações e correções realizadas; e
- d) divulgar aos ocupantes dos ambientes climatizados os procedimentos e resultados das atividades de avaliação, correção e manutenção realizadas.

Em relação aos procedimentos de amostragem, medições e análises laboratoriais, considera-se como responsável técnico, o profissional que tem competência legal para exercer as atividades descritas, sendo profissional de nível superior com habilitação na área de química (Engenheiro químico, Químico e Farmacêutico) e na área de biologia (Biólogo, Farmacêutico e Biomédico) em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país e comprovação de Responsabilidade Técnica - RT, expedida pelo Órgão de Classe.

As análises laboratoriais e sua responsabilidade técnica devem obrigatoriamente estar desvinculadas das atividades de limpeza, manutenção e comercialização de produtos destinados ao sistema de climatização.

ANEXO III - RECOMENDAÇÃO NORMATIVA Nº 2 DA ABRAVA

Recomendação Normativa ABRAVA
RN 02 - 2003
SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR E VENTILAÇÃO
PARA CONFORTO
QUALIDADE DO AR INTERIOR

Sumário

- Prefácio
- 1. Objetivo
- 2. Normas e documentos de referência
- 3. Definições
- 4. Condições gerais
- 5. Os poluentes do ambiente interior - Critérios de qualidade
- 6. Eliminação ou redução das fontes potenciais de poluição
- 7. Renovação do ar
- 8. Filtragem
- 9. Requisitos técnicos dos sistemas e componentes
- 10. Manutenção

Prefácio

Esta RN cancela e substitui a RENABRAVA II publicada em 2000.

As alterações desta RN em relação à RENABRAVA II são, essencialmente:

- revisão dos critérios de renovação de ar, de acordo com os adotados na norma ASHRAE 62-2001;
- acréscimo de requisitos de avaliação e controle, em parte baseados na Resolução RE 9 de 16/01/2003 da ANVISA;
- correções e ampliação de diversos tópicos para atualização e maior esclarecimento.

1. OBJETIVO

1.1 Esta RN estabelece as diretrizes de projeto, operação e manutenção para a obtenção de ar interior de qualidade aceitável em locais providos de sistema de condicionamento de ar e ventilação para conforto.

1.2 Esta RN não se aplica a sistemas de condicionamento de ar especiais ou ligados a processo industrial, tais como hospitais, salas limpas, indústria farmacêutica e outras, onde o controle da qualidade do ambiente interior apresenta exigências específicas.

2. NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

As normas e documentos listados a seguir contêm disposições, que ao serem citadas no texto, se constituem em prescrições desta RN.

- Portaria Nº 3523 de 28/08/1998 do Ministério da Saúde.
- NBR 13.971/1997 – Sistemas de Refrigeração, Condicionamento de Ar e Ventilação – Manutenção programada.

- NBR 14.679/2001 - Sistemas de Condicionamento de ar e Ventilação – Execução de Serviços de Higienização.
- Resolução RE 9 de 16/01/2003, da ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
- Resolução CONAMA N° 3 de 28/06/90
- Manual SMACNA – HVAC Systems Testing, Adjusting and Balancing - 3ª Edição.

3. DEFINIÇÕES

Para efeito desta RN adotam-se as seguintes definições:

Ar interior de qualidade aceitável

Ar que não contém poluentes em concentrações prejudiciais à saúde ou ao bem estar e é percebido como satisfatório por grande maioria (80% ou mais) das pessoas que acabam de entrar no recinto.

Eficácia da ventilação

Indicador da fração do ar de ventilação suprido a um recinto que participa efetivamente na diluição dos poluentes.

Padrão referencial de qualidade

“Marcador qualitativo e quantitativo de qualidade do ar ambiental interior, utilizado como sentinela para determinar a necessidade da busca das fontes poluentes ou das intervenções ambientais” (conf. Resolução RE 9 da ANVISA).

4. CONDIÇÕES GERAIS

4.1 A qualidade do ar de interiores é função da presença e da intensidade das fontes de poluentes e da capacidade do sistema de condicionamento de ar em manter a concentração destes poluentes em nível aceitável.

4.2 Esta RN está baseada em linhas gerais nos conceitos e critérios da norma ANSI/ASHRAE 62-2001 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, bem como na experiência de engenharia dos projetistas e engenheiros de instalação e manutenção da ABRAVA.

5. OS POLUENTES, CARACTERIZAÇÃO E PADRÕES DE QUALIDADE

5.1 Os poluentes do ambiente interior

5.1.1 Poluentes decorrentes da presença das pessoas

- produtos do metabolismo – dióxido de carbono (CO₂), vapor de água, aerossóis biológicos, compostos orgânicos voláteis,
- matéria particulada, escamas de pele, pelos e cabelos,
- microorganismos liberados por espirros e/ou a respiração,

5.1.2 Poluentes originados no recinto

- poeira, fibras desprendidas de móveis, forros ou revestimentos acústicos,
- mofo, pó de traças, dejetos de ácaros, que podem se acumulados em móveis, carpetes, cortinas, papéis velhos, e ser posteriormente dispersos no ambiente.

- compostos orgânicos voláteis, formaldeído, desprendidos de resinas, pinturas, vernizes, produtos de limpeza e desinfetantes, toners de copiadora,
- ozônio produzido por copiadoras e impressoras a laser,
- fumaça de tabaco.

5.1.3 Poluentes provenientes do ar exterior

- poeiras e fuligem em suspensão, fumaça de chaminés,
- gases produtos de combustão, veículos automotores
- pólen de plantas,
- esporos de fungos e bactérias.

5.2 O sistema de condicionamento de ar como amplificador dos poluentes biológicos

5.2.1 Condicionadores e dutos

Poluentes provenientes do ar exterior ou trazidos do recinto pelo ar recirculado e não retidos nos filtros, podem se acumular e formar aerossóis arrastados pelo ventilador e espalhados no recinto:

- nas bandejas de água de condensação mal drenadas e nas superfícies molhadas das serpentinas de resfriamento, onde formam limo e lodo que se constituem em caldo de cultura para fungos e bactérias,
- nas paredes com revestimentos porosos do condicionador e dos dutos, onde o amalgama de poeira, fuligem e matéria orgânica pode se constituir também, no ambiente escuro e úmido, num meio propício à proliferação de fungos e bactérias.

5.2.2 Torres de resfriamento

- Bacias, elementos de enchimento e eliminadores de gotas de torres de resfriamento mal cuidadas formam depósitos de matéria orgânica, lodo, limo e algas, favoráveis à proliferação de bactérias trazidas pelo ar ou a água de reposição. Estas bactérias são arrastadas no ar efluente, transportadas em gotículas que, ao evaporar, as liberam no ar.
- As torres de resfriamento se constituem portanto em fonte potencial de contaminação do ar interior quando o ar efluente contaminado é introduzido no sistema pela tomada de ar exterior e as bactérias assim introduzidas encontram no sistema um meio favorável à sua rápida proliferação.

Em particular a contaminação do ambiente interior com a bactéria *Legionella*, que pode proliferar em torres de resfriamento mal cuidadas, se dá geralmente por esta via.

5.3 Padrões referenciais de qualidade

5.3.1 Contaminantes microbiológicos

- Concentração de fungos no ambiente $<750 \text{ ufc/m}^3$ e relação $I/E < 1,5$ (sendo **I** e **E** a concentração de fungos no ambiente interior e no ar exterior respectivamente). A ultrapassagem de qualquer um destes parâmetros deve ser considerada anomalia a ser investigada e corrigida.
- É inaceitável a presença de fungos patogênicos e toxigênicos

Fonte: Resolução RE 9 de 16/01/2003 da ANVISA

5.3.2 Dióxido de carbono (CO₂)

5.3.2.1 A produção de CO₂ pelas pessoas é proporcional à produção de bioefluentes geradores de odores. A sua concentração no ambiente é portanto uma indicação do nível de odores esperado; não dá nenhuma indicação sobre o nível de poluição química do ambiente.

O padrão referencial adotado nesta RN para o CO₂ é a diferença entre sua concentração no ambiente e sua concentração no ar exterior de renovação, como indicador da capacidade do sistema de renovação de ar de manter no ambiente interior uma qualidade do ar aceitável, em termos de odores corporais, para pessoas não adaptadas (que acabam de entrar no recinto):

<700 ppm acima da concentração de CO₂ no ar exterior de renovação.

Fonte: norma ANSI/ASHRAE 62-2001

5.3.2.2 O CO₂ não é diretamente nocivo à saúde, a não ser em concentrações tão altas que o tornem asfíxiante por deslocar oxigênio (máximo de 30000 ppm, ou 3%, para exposição de 10 min., de acordo com o NIOSH – National Institute of Occupational Safety and Health dos EU).

Concentração máxima aceitável para ocupação permanente adotada nesta RN: **<3500 ppm**

Fonte: norma canadense (1984)
Exposure Guideline for Residential Indoor Air Quality,
(Citada em ANSI/ASHRAE 62-2001)

5.3.2.3 A concentração de CO₂ no ar exterior é normalmente da ordem de 350 ppm, podendo alcançar 500 ppm em áreas urbanas com tráfego intenso de veículos automotores ou outras fontes de combustão. Com a elevação admissível, acima do nível no ar exterior, de 700 ppm devida às fontes internas, a concentração de CO₂ no ambiente interior poderá assim alcançar 1050 ppm até 1200 ppm, portanto muito inferior ao máximo aceitável.

Concentrações superiores a estas, a partir de 1500 ou 2000 ppm, devem no entanto ser evitadas em ambientes ocupados por pessoas sedentárias inativas, pois tendem a provocar nestas pessoas certa sonolência e redução da produtividade.

5.3.3 Partículas totais em suspensão < 60 µg/ m³.

Fonte: Resolução CONAMA N° 3 de 28/06/90 (padrão secundário)

5.3.4 Formaldeído 120 µg/m³ (0,10 ppm)

Fonte: norma canadense (1984)
Exposure Guideline for Residential Indoor Air Quality

5.2.5 A norma ANSI/ASHRAE 62-2001, Appendix B, cita concentrações aceitáveis de diversos outros poluentes de acordo com recomendações de fontes internacionais.

5.4 Avaliação e controle

5.4.1 Contaminantes microbiológicos

- As avaliações e controles devem ser realizados por laboratório especializado em avaliações microbiológicas, de acordo com as recomendações na Resolução RE 9 da ANVISA, cap. VI - Avaliação e Controle - Norma Técnica 001 (exceto no que diz respeito à Periodicidade),
- A periodicidade das avaliações não pode ser estipulada a priori. Deve ser determinada pelo responsável técnico pela manutenção do sistema e constar no PMOC exigido pela Portaria 3253, de acordo com o tipo de instalação e a experiência.
- A seguinte periodicidade é sugerida:
 - Sistemas antigos, após longo período de operação com filtros precários, dutos extensos e inacessíveis, procedimentos de manutenção precários: cada 6 meses.
 - Sistemas com o nível de filtragem mínimo como estipulado no item 8.2.1 desta RN e mantidos em boas condições de manutenção: cada 12 meses.
 - Sistemas com o nível de filtragem recomendado no item 8.2.2 desta RN e mantidos em boas condições de manutenção: cada 2 anos ou mais.

5.4.2 CO₂

- As avaliações e controles devem ser realizados por laboratório especializado em avaliações químicas no ar, de acordo com as recomendações na Resolução RE 9 da ANVISA, cap. VI - Avaliação e Controle - Norma Técnica 002 (exceto no que diz respeito à Periodicidade e à Estratégia de amostragem).
- Avaliações periódicas abrangentes e de rotina não se justificam. Somente devem ser realizadas em locais onde há evidência ou queixas de má qualidade do ar, com a finalidade de comprovar uma possível deficiência das condições de ventilação.

5.4.2 Partículas totais em suspensão

- As avaliações e controles devem ser realizados por laboratório especializado em avaliações químicas no ar, de acordo com as recomendações na Resolução RE 9 da ANVISA, cap. VI - Avaliação e Controle - Norma Técnica 004 (exceto no que diz respeito à Periodicidade e à Estratégia de amostragem).
- Somente devem ser realizadas em locais onde há evidência de presença excessiva de poeira ambiente, e necessidade de limpeza freqüente para remoção de poeira depositada.

5.4.5 Outros contaminantes químicos

Avaliações referentes a outros contaminantes químicos devem ser realizadas excepcionalmente, como parte de uma investigação para determinar a natureza e a fonte de poluentes causadores de sintomas de má qualidade do ar de origem não identificada.

6. ELIMINAÇÃO OU REDUÇÃO PREVENTIVA DAS FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO INTERNA

Algumas providencias, que independem do sistema de tratamento de ar, podem ser adotadas para eliminar ou reduzir fontes potenciais de poluição no ambiente interior. O arquiteto ou o construtor, e o usuário do ambiente, devem ser orientados pelo projetista e/ou o instalador do sistema de condicionamento de ar para que tais providencias sejam adotadas na medida do possível.

6.1 Redução das fontes

É recomendável evitar:

- lajes de teto, acima dos forros falsos, deixadas no osso, sem revestimento de massa lisa, com detritos e resíduos de obra;
- a utilização, por cima do forro falso, para fins de isolamento térmico ou acústico, de material fibroso desprotegido;
- a utilização de forros falsos que permitam a penetração no ambiente dos poluentes acumulados no entre forro;
- a utilização de móveis, divisórias, carpetes ou pinturas contendo adesivos, resinas ou vernizes sintéticos que liberem emanações de compostos orgânicos voláteis;
- a utilização de carpetes que permitam a acumulação de poeira, ácaros e microorganismos entre o piso e o tapete;
- a utilização de vasos com plantas vivas e terra úmida;
- fontes de combustão (aquecedores, fogões) mal ventilados;
- o uso excessivo e indiscriminado de produtos de limpeza e desinfetantes, e o uso de vassouras ou espanadores, que espalham a poeira no ambiente em vez de retirá-la;
- a ocupação imediata de locais recentemente pintados ou reformados, ou logo após a aplicação de produtos de limpeza, desinfetantes ou desodorantes.

6.2 Confinamento das fontes

É recomendável:

- localizar as máquinas copadoras e impressoras, sempre que possível, em recintos isolados,
- permitir fumar apenas em salas fechadas, reservadas especialmente para esta finalidade,

a fim de possibilitar o controle dos poluentes na fonte, antes de sua disseminação no restante dos locais.

7. RENOVAÇÃO DO AR

O sistema de condicionamento de ar deve promover a renovação do ar ambiente com ar exterior de qualidade aceitável a fim de reduzir, por diluição, a concentração de poluentes gasosos e vapores gerados internamente.

7.1 Qualidade aceitável do ar de exterior de renovação

7.1.1 Considera-se aceitável o ar exterior que apresente os padrões primários estipulados na Resolução CONAMA N° 3 de 28/06/90, como reproduzido na Tabela 1.

7.1.2 Os poluentes críticos que devem merecer atenção quando o padrão primário é ultrapassado com frequência são os poluentes gasosos (óxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e óxidos de nitrogênio) todos tóxicos ou irritantes. Nestes casos deve se avaliar a necessidade de se prever sua redução por meios apropriados (filtros por adsorção ou processos químicos).

7.1.3 O mesmo se dá quando a única fonte disponível de ar exterior está sempre contaminada por determinados poluentes, como em terminais aeroportuários ou rodoviários, e em certas indústrias químicas e petroquímicas, onde dispositivos específicos para retirar estes poluentes do ar de renovação são necessários.

Tabela 1
Padrões de qualidade do ar exterior

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dióxido de Enxofre (SO_2)	24 horas (1)	365
	MAA (3)	80
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas (1)	240
	MGA (2)	80
Partículas inaláveis	24 horas (1)	150
	MAA (3)	50
Fumaça	24 horas (1)	150
	MAA (3)	60
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora (1)	40000 (35 ppm)
	8 horas	10000 (9 ppm)
Ozônio	1 hora (1)	160
Dióxido de Nitrogênio (NO_2)	1 hora (1)	320
	MAA (3)	100

Notas

Padrão Primário: são concentrações de poluentes, que ultrapassados, poderão afetar a saúde da população

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez por ano

(2) Média Geométrica Anual

(3) Média Aritmética Anual

7.2 Vazão de ar exterior de renovação

7.2.1 A qualidade do ar será considerada aceitável se forem supridas aos recintos, as vazões de ar exterior de qualidade aceitável estipuladas na Tabela 2, corrigidas pelo coeficiente de eficácia da ventilação, como indicado em 7.4.

7.2.2 É consenso entre os especialistas que as vazões estipuladas na Tabela 2 têm capacidade de diluir, a um nível aceitável, os bioefluentes humanos, o material particulado, os odores e outros poluentes comuns, geralmente esperados em condições normais de utilização nos ambientes listados.

7.2.3 Havendo no entanto a ocorrência, ou a suspeita de ocorrência, de fontes anormais de poluição, estas deverão ser identificadas e, se possível eliminadas ou controladas na fonte; caso contrário, a vazão de ar exterior estipulada na Tabela 2 deverá ser redimensionada se necessário para diluir os poluentes identificados, a nível considerado aceitável pelas autoridades sanitárias ou por recomendações de autoridades internacionais reconhecidas.

7.2.4 As vazões de ar exterior estipuladas na Tabela 2 independem do tamanho ou do tipo de instalação, sendo válidas, inclusive, para recintos servidos por sistemas mini-split ou aparelhos de janela.

Tabela 2
Ar exterior para ventilação

APLICAÇÃO	Densidade de ocupação esperada -Pessoas por 100m2	Vazão mín de ar exterior		NOTAS
		L/s por pessoa	L/s por m2	
Comercio varejista				
Magazines, grandes lojas	20	5,0		
Salão de beleza	25	12,5		Não recircular para outros recintos
Floricultura	8	7,5		
Carpetes, móveis, tecidos			1,5	
Animais de estimação			5,0	Não recircular para outros recintos - exaustão mecânica requerida – ar de reposição pode ser proveniente de ambientes vizinhos
Outras lojas	20	7,5		
Supermercado	8	7,5		
Mall de centros comerciais	20	5,0		
Praça de alimentação de centros comerciais	30	10		Vazão maior pode ser necessário para suprir ar de reposição das coifas das lojas de alimentação
Edifícios comerciais				
Escritórios				
- área geral	12	7,5		
- área de diretoria	7	10,0		
- hall, recepção	5	7,5		
- sala de reunião	50	7,5		Ar pode ser parcialmente proveniente dos ambientes vizinhos
- centro de telecomunicações, digitação	60	7,5		
- salas de impressoras, xerox			2,5	Não recircular para outros recintos - exaustão mecânica requerida – ar de reposição pode ser proveniente de ambientes vizinhos
Agência bancária				
- área público	20	7,5		
- caixa forte	5	7,5		
Edifícios públicos				
Aerportos				
				Tratamento especial do ar exterior pode ser necessário para remover odores ou vapores nocivos
- saguão	10	7,5		
- salas de espera	100	5,0		V. it.7.3 referente a ocupação variável
Biblioteca	20	7,5		
Locais de culto	150	5,0		
Museu (área do público)	20	7,5		Tratamento especial do ar exterior pode ser necessário para remover elementos prejudiciais às obras de arte.
Escolas				
Salas de aula				
	50	7,5		
Laboratórios				
	30	10,0		
Esporte, diversão				
Discoteca, danceteria				
	100	7,5		Exaustão mecânica auxiliar recomendada para retirar a fumaça se for permitido fumar
Casino				
	120	7,5		Exaustão mecânica auxiliar recomendada para retirar a fumaça se for permitido fumar
Ginásio coberto (área do público)				
	150	7,5		
Piscina coberta				
			2,5	Exaustão mecânica requerida – ar de reposição pode ser proveniente de ambientes vizinhos - vazão maior pode ser requerida para controle da umidade

Tabela 2 (cont)
Ar exterior para ventilação

APLICAÇÃO	Densidade de ocupação esperada -Pessoas por 100m2	Vazão mín de ar exterior		NOTAS
		L/s por pessoa	L/s por m2	
Hotéis				
Apartamento de hóspedes			15	(L/s por apartamento, independente do tamanho)
Banheiro privativo do apartamento			18	(L/s por banheiro) Exaustão mecânica requerida – ar de reposição pode ser proveniente do ambiente vizinho
Recepção, salões de estar	20	7,5		
Salas de convenções	50	7,5		
Restaurantes, bares				
Bar, salão de coquetel	100	7,5		Exaustão mecânica auxiliar recomendada para retirar a fumaça se for permitido fumar
Cafetária, lanchonete	100	7,5		
Restaurante	70	7,5		
Teatros, cinemas, auditórios				
Lobby, espera	150	5,0		V. it.7.3 referente a ocupação variável
Platéia	150	5,0		
Palco, ensaios	70	7,5		
Locais comuns diversos				
Corredores			0,25	
Locais exclusivamente reservados a fumantes	30	30		Não recircular para outros recintos - exaustão mecânica requerida – ar de reposição é geralmente proveniente de ambientes vizinhos
Sanitários coletivos			25	(L/s por bacia sanitária) Não recircular para outros recintos - exaustão mecânica requerida
Vestiários coletivos			2,5	Não recircular para outros recintos - exaustão mecânica requerida
Cozinha profissional			7,5	Exaustão pelas coifas - vazão maior pode ser requerida para suprir as coifas - ar de reposição pode ser proveniente de ambientes vizinhos
Garagem coletiva			7,5	Exaustão mecânica requerida – a exaustão pode ser controlada por sensores de CO

Observações

- Vazões de ar indicadas no sistema SI - 1 L/s = 3,6 m3/h
- Densidade de ocupação esperada
Se refere ao total da área passível de ocupação.
Não havendo outra informação, a vazão de ar deve ser determinada considerando a densidade indicada; para densidade conhecida, diferente da indicada, dimensionar a vazão em base à taxa por pessoa indicada na Tabela.
- Vazão mínima de ar exterior
Na maior parte dos casos, presume-se que a poluição é essencialmente proporcional ao número de pessoas no local, sendo a vazão estipulada em L/s por pessoa.
A vazão é estipulada em L/s por m2 nos casos em que a poluição é considerada devida principalmente a outras causas e não às pessoas.
- Fumantes
As vazões de ar estipuladas supõem a presença de fumantes apenas em locais especialmente reservados.
Sendo permitido fumar, acrescentar à vazão estipulada na Tabela os seguintes valores (referidos ao número total de pessoas do recinto):
para 10% de fumantes - 5,0 L/s por pessoa
para 20% de fumantes - 10,0 L/s por pessoa

7.3 Ocupação variável

7.3.1 Em locais com densidade de ocupação muito variável, é admissível, no interesse da economia de energia, reduzir a vazão de ar exterior em função da ocupação.

Esta redução, no entanto, só é permissível se a vazão de ar exterior máxima for dimensionada em função da ocupação máxima dos recintos, sem considerar fator de simultaneidade para a taxa de ocupação. A redução deve ser automática, controlada por exemplo por sensores de dióxido de carbono.

7.4 Eficácia da ventilação

7.4.1 O valor da vazão de ar exterior a ser suprida ao recinto deve ser o estipulado na Tabela 2, dividido pelo coeficiente de eficácia da ventilação E_v .

7.4.2 A eficácia da ventilação é definida pela fórmula (ref. DIN 1946 Part 2, jan. 1994):

$$E_v = (C_e - C_i) / (C_r - C_i), \text{ onde:}$$

E_v = Eficácia da ventilação

C_e = Concentração dos poluentes no ar de exaustão

C_i = Concentração dos poluentes no ar insuflado

C_r = Concentração média dos poluentes na zona ocupada do recinto

7.4.3 Na ausência de dados mais precisos, os seguintes valores de E_v podem ser adotados:

$E_v = 1,0$ - distribuição de ar convencional, em fluxo turbulento, com boa mistura do ar a nível de ocupação, sem possibilidade de curto circuito do ar insuflado para o retorno.

$E_v = 1,2$ - distribuição de ar frio em fluxo de deslocamento, que promove a retirada dos poluentes na fonte, antes que possam se dispersar pelo recinto.

$E_v = 0,8$ ou menos - (deve ser evitado sempre que possível)

- distribuição de ar convencional em fluxo pouco turbulento, com o ar insuflado não atingindo toda a zona de ocupação e/ou com possibilidade de curto circuito do ar insuflado para o retorno.

- distribuição de ar quente pelo teto, com retornos em nível alto.

7.5 Repartição do ar de renovação

7.5.1 Quando um mesmo sistema central supre ar a diversos recintos fechados, a parte do ar total suprido a cada recinto é determinada pelas necessidades térmicas dos recintos, o que resulta, em cada recinto, numa relação (ar exterior / ar insuflado) que não corresponde necessariamente à requerida para lhe assegurar sua cota de ar de renovação; neste caso, a quantidade de ar exterior a ser suprida pelo sistema não é a soma das quantidades de ar exterior requeridas em cada recinto.

7.5.2 A norma ANSI/ASHRAE 62-2001 indica a seguinte fórmula para corrigir a vazão de ar exterior total necessária:

$$Y = X / (1 + X - Z) \text{ sendo:}$$

$$E_r = X / Y = 1 / (1 + X - Z) , \text{ onde:}$$

E_r = Eficácia da repartição do ar exterior pelo sistema de distribuição de ar

$Y = V_{ot} / V_{st}$ = Fração (ar exterior / ar insuflado) corrigida do sistema
 $X = V_{on} / V_{st}$ = Fração (ar exterior / ar insuflado) não corrigida do sistema
 $Z = V_{oc} / V_{sc}$ = Fração (ar exterior / ar insuflado) no recinto crítico (é o recinto que requer a maior fração de ar exterior no ar insuflado)
 V_{ot} = Vazão total corrigida de ar exterior
 V_{st} = Soma das vazões de insuflação de todos os recintos
 V_{on} = Soma das vazões de ar exterior requeridas por todos os recintos
 V_{oc} = Vazão de ar exterior requerida no recinto crítico
 V_{sc} = Vazão de insuflação no recinto mais crítico

Teremos assim: $V_{ot} = V_{on} / E_r$

7.5.3 A fórmula, embora aproximada, resulta em correção suficientemente exata em termos práticos para valores de Z da ordem de até 0,30; para valores superiores, a fórmula resulta em correção tanto mais insuficiente quanto maior for Z.

Um método mais exato para o cálculo da correção necessária é proposto pelo Eng. Raul Bolliger Junior em seu trabalho "Vazões Efetivas de Renovação de Ar" (março 1999), disponível no Centro de Informação da ABRAVA.

7.5.4 Valores elevados de Z em relação a X resultam em aumentos muito altos da vazão de ar exterior do sistema e deveriam ser evitados, sempre que possível, no interesse da conservação de energia.

Num escritório, por exemplo, o recinto crítico pode ser uma sala interna de reunião que apresente um valor Z muito superior à média X do sistema, o que levaria, aplicando a fórmula, a um forte aumento da vazão total de ar exterior apenas para atender a esta sala.

Neste caso uma solução aceitável seria suprir uma parte do ar exterior requerido na sala crítica por ar proveniente dos ambientes vizinhos, induzido por exaustor descarregando o ar usado no retorno geral do sistema, de forma a reduzir o valor Z da sala a um valor próximo da média do sistema sem prejudicar a renovação do ar na sala.

7.5.5 De modo geral, uma solução para o problema da repartição correta do ar exterior sem aumentar a vazão total de ar exterior além do mínimo necessário a cada recinto, consiste em instalar um sistema separado para suprir o ar exterior diretamente a cada recinto, o que garante a cota correta de ar de renovação independentemente da vazão insuflada para atendimento às necessidades térmicas.

O ar exterior pode ser tratado parcialmente até as condições internas de projeto, e insuflado ao recinto, diretamente ou a través do mesmo terminal do sistema principal. Tal sistema, embora de custo elevado, poderia se justificar economicamente pela redução do consumo de energia proporcionada pela menor vazão de ar exterior do sistema.

7.6 Sistemas de volume variável

7.6.1 Nos sistemas de volume variável a vazão de insuflação é reduzida em função da carga térmica, mas a necessidade de ar exterior permanece geralmente constante. Sendo mantida a mesma relação (ar exterior / ar insuflado), a vazão de ar exterior seria reduzida na mesma medida que o ar insuflado.

Deve portanto se prever dispositivos para manter constante a vazão de ar exterior admitida no sistema, independentemente da redução da vazão de insuflação.

7.6.2 O aumento da relação (ar exterior / ar insuflado) em alguns recintos, devido à redução da vazão de insuflação, agrava ainda mais o problema da repartição correta do ar exterior, sendo especialmente recomendável adotar a solução indicada em 7.5, de suprimento independente do ar exterior, solução esta que tem ainda a vantagem de manter constante a vazão de ar exterior sem exigir controles complexos.

7.7 Exaustão do ar usado

Para ser possível a admissão de ar exterior no sistema, é necessário prover saídas suficientes para a vazão correspondente de ar usado.

Em edificações hermeticamente fechadas requerendo altas vazões de ar exterior, e não providas de ventilador de retorno / exaustão, as saídas naturais do ar usado são geralmente insuficientes, impedindo a admissão do ar novo necessário. Nestes casos a saída do ar deve ser assegurada por sistema de exaustão retirando o ar, preferivelmente, dos pontos do recinto com maior concentração de poluentes.

7.8 Distribuição correta do ar

Modificações na disposição interna das salas devem sempre ser acompanhadas de revisão da distribuição do ar, a fim de assegurar que as novas salas criadas recebam as cotas corretas de ar de renovação de acordo com sua nova finalidade.

7.9 Confinamento e exaustão

Não se deve recircular para outros recintos o ar de recintos com forte geração interna de poluentes, tais como salas reservadas a fumantes, salas de reprografia, câmaras escuras de laboratórios fotográficos e similares.

Estes recintos devem ser providos de sistema de exaustão forçada; caso a vazão de insuflação determinada pelas necessidades térmicas do recinto seja menor que a vazão de exaustão requerida, esta poderá ser complementada por ar proveniente de recintos vizinhos.

7.10 Contaminação cruzada

Deve ser evitada a migração no recinto condicionado de poluentes provenientes de ambientes adjacentes, tais como garagens, cozinhas, e sanitários, que deverão ser mantidos em pressão negativa em relação ao recinto.

7.11 Avaliação e controle

- A avaliação e controle das vazões de ar exterior de renovação e sua distribuição aos recintos devem ser realizados de acordo com as recomendações do Manual SMACNA – HVAC Systems Testing, Adjusting and Balancing.
- Não há necessidade de avaliações periódicas de rotina. A conformidade das vazões de ar com os recomendados nesta RN deve ser avaliada:

- quando da colocação em serviço das instalações novas e após a execução de reformas ou modificações dos locais ou do sistema, como parte das providências de testes, ajustes e balanceamento (TAB);
- sempre que houver suspeita de desvio, queixa ou contestação quanto à qualidade do ar.

8. FILTRAGEM

O sistema de condicionamento de ar deve filtrar continuamente os aerossóis trazidos pelo ar exterior e os gerados internamente e transportados pelo ar recirculado afim de:

- reduzir sua acumulação nos equipamentos e dutos do sistema;
- contribuir para reduzir sua concentração no recinto a níveis aceitáveis.

8.1 Classificação dos filtros

A classificação dos filtros e as normas para aferição de sua eficiência adotadas nesta RN são as estipuladas no anexo C da Recomendação Normativa da SBCC nº RN 005, reproduzida na Tabela 3.

8.2 Níveis de filtragem

8.2.1 Nível mínimo

G3 ($\geq 90\%$) instalado na entrada do condicionador.

Proporciona boa proteção do condicionador, e reduz a acumulação de poeira nos dutos, não evitando porém depósitos apreciáveis ao longo dos anos.

Apresenta eficiência muito baixa em relação às partículas finas causadoras do efeito mancha escura, e praticamente nenhuma em relação à fumaça de cigarro e às partículas inaláveis profundas mais finas.

8.2.2 Nível recomendado

G3 ($\geq 90\%$) instalado na entrada do condicionador, mais F2 (80-85%) na saída do condicionador, após o estágio de umidificação se houver.

Proporciona muito boa proteção do condicionador e elimina na prática quaisquer depósitos de poeira nos dutos; apresenta eficiência alta na retenção de fungos e bactérias, fumaça de cigarro e partículas respiráveis e causadoras do efeito mancha escura.

É recomendado para aplicações com alta exigência de qualidade e particularmente em sistemas com longos trechos de dutos inacessíveis para limpeza.

8.2.3 Proteção anti bacteriana

Recomenda-se o uso de filtros tratados com produto anti bacteriano aprovado pelas autoridades sanitárias.

Tabela 3
Classificação e Métodos de Ensaio para Filtros de Ar

Classe de Filtro		Eficiência (%)
GROSSOS	G0	30 - 59
	G1	60 - 74
	G2	75 - 84
	G3	85 e acima
FINOS	F1	40 - 69
	F2	70 - 89
	F3	90 e acima
ABSOLUTOS	A1	85 - 94,9
	A2	95 - 99,96
	A3	99,97 e acima

Métodos de Ensaio:

Classe G: Teste Gravimétrico, conforme ASHRAE 52.1-1992 (Arrestance)

Classe F: Teste Colorimétrico, conforme ASHRAE 52.1-1992 (Dust Spot)

Classe A: Teste DOP conforme U.S.Military Standard 282

8.3 Pré filtragem do ar exterior

Deve ser instalado um pré filtro adicional na tomada de ar exterior, classe G2 ($\geq 80\%$) quando:

- o ar exterior é admitido na sala que serve de plenum de mistura para o condicionador - a fim de evitar a acumulação excessiva de poluentes na sala;
- o ar exterior é suprido por dutos a diversos condicionadores a partir de um ventilador central - a fim de evitar a acumulação excessiva de poluentes nestes dutos.

Nestes casos o pré filtro deve ser instalado junto à veneziana de captação de ar

Quando o ar exterior é captado diretamente na caixa de mistura do condicionador, ou é conduzido a esta por curto trecho de duto, dentro da sala do condicionador, o ar exterior será filtrado junto com o ar recirculado, não havendo necessidade de pré filtro separado para o ar exterior.

8.4 Seleção dos filtros

8.4.1 Não é recomendável operar os filtros com vazão superior a 10 ou 15% de sua vazão nominal, principalmente em se tratando de filtros finos, que requerem pressão diferencial apreciável. Operando estes filtros com vazão menor prolonga sua vida útil mais que proporcionalmente ao aumento da área filtrante, sendo o custo maior mais que compensado pelos maiores intervalos entre as substituições.

9. REQUISITOS TÉCNICOS DOS SISTEMAS E COMPONENTES

9.1 Controle da umidade

Umidade ambiente superior a 60 ou 70% favorece a proliferação de microorganismos patogênicos ou alergênicos no recinto, principalmente em materiais ricos em nutrientes orgânicos, como poeira, fibra de madeira, papeis, e outros.

Umidade inferior a 30% favorece a irritação e aumenta a sensibilidade das mucosas a alergias e a infecções.

É portanto recomendável manter a umidade ambiente entre os limites de 30 e 60%, limites estes condizentes com as condições de conforto (V. Renabrava RN 03 – Parâmetros de Conforto Térmico).

9.2 Tomadas de ar exterior

9.2.1 As tomadas de ar exterior devem ser localizadas de forma a evitar a contaminação do ar admitido no sistema devida a descargas de exaustão, ventilação de esgotos, chaminés, efluentes de torres de resfriamento, espelhos de água parada, proximidade a áreas de tráfego intenso de veículos e docas de caminhões, e quaisquer outras fontes potenciais de poluição.

Devem ser localizadas considerando sempre a direção dos ventos dominantes; efluentes de torres de resfriamento, em particular, podem ser levados a grande distância pelo vento, e devem merecer especial atenção.

9.2.2 Quando localizadas em paredes, devem ser situadas a não menos de 2,2m. do solo, onde normalmente é maior a concentração de microorganismos e poeira.

Tomadas de ar no topo do edifício devem ser situadas a no mínimo 0,9 m da superfície do telhado, e ser projetadas considerando a configuração do edifício e o perfil dos fluxos de ar na vizinhança do telhado para evitar o arraste de poluentes do telhado em direção à tomada de ar.

9.2.3 As tomadas de ar exterior devem ser adequadamente protegidas contra entrada de água de chuva, que pode formar poças de água estagnada propícias à proliferação de microorganismos, bem como contra a possibilidade de introdução no sistema de detritos, restos de insetos e dejetos de pássaros.

9.2.4 Devem ser providas **de** meios para medição positiva da vazão de ar, permitindo a verificação ou o ajuste da vazão por ocasião do comissionamento ou a qualquer época.

9.3 Dutos e plenos

9.3.1 Devem ser construídos de forma a minimizar a acumulação de poeira e poluentes.

Devem ser fabricados em local limpo e serem cuidadosamente limpos internamente durante a montagem e protegidos contra entrada de sujeira ao fim de cada dia de trabalho

9.3.2 Plenos e cavidades de alvenaria ou concreto e em forros falsos, usados para condução do ar, devem ser isentos de resíduos de obra e ter superfícies lisas em contato com o ar.

9.3.3 Devem ser instaladas tampas de inspeção permitindo o acesso para limpeza de dampers corta fogo e outros componentes inseridos nos dutos.

Sempre que viáveis, devem também ser instaladas tampas de inspeção permitindo a limpeza interna dos dutos, distantes de no máximo 20m entre elas ou da boca de ar mais próxima.

Quando os dutos correm acima de forro falso, deve-se prever no forro meios de acesso às tampas de inspeção.

9.3.4 Os atenuadores de ruído pré fabricados devem ter o material acústico fibroso protegido contra a erosão. Quando utilizados revestimentos internos com mantas ou placas de material fibroso, estas devem ser protegidos contra a erosão e a acumulação de poluentes no material por película plástica resistente e limpável. Revestimentos internos com bidim ou feltro não são admissíveis.

9.3.5 Dutos flexíveis devem ser utilizados apenas para conexão dos terminais aos dutos, ou em passagens críticas, em comprimento não superior a 2 ou 3m. Devem ser facilmente desmontáveis para limpeza ou substituição.

9.4 Salas de máquinas

9.4.1 Devem ser acessíveis e suficientemente amplas para permitir total acesso para inspeção e manutenção dos equipamentos.

9.4.2 Devem ser mantidas limpas, inclusive os revestimentos acústicos, se houver. Não deve ser permitido seu uso como depósito ou local de despejo.

9.5 Condicionadores e unidades de tratamento de ar

9.5.1 Gabinetes

Devem ser estanques, com portas providas de juntas de borracha ou similar, que permitam amplo acesso interno para inspeção, limpeza e troca de filtros. É recomendável instalar visores nas portas e luz interna a fim de possibilitar a detecção de problemas sem parar a máquina.

Os revestimentos internos para isolamento térmico devem ser protegidos contra a erosão e a acumulação de poluentes por película resistente e limpável, ou preferivelmente por revestimento metálico (painéis de dupla parede tipo “sandwich”).

9.5.2 Bandeja de condensados

A bandeja para recolhimento de condensados deve receber particular atenção, por ser uma das principais fontes potenciais de contaminação microbiológica.

Deve ser de material a prova de corrosão, aço inoxidável ou plástico, resistindo à formação de porosidades onde se acumula sujeira difícil de limpar.

Bandejas planas não são admissíveis; devem ter caimento, preferivelmente em duas direções, e drenagem positiva, de forma a assegurar a evacuação completa da água, estando o sistema em operação ou parado.

Devem ter extensão suficiente para recolher toda a água condensada, evitando a formação de poças de água em qualquer ponto do gabinete.

A conexão do dreno deve ser localizada de forma a evitar a retenção da água na bandeja devida à pressão do fluxo de ar.

9.5.3 O dreno deve ser sifonado, com altura suficiente (condizente com a pressão negativa máxima que pode ser desenvolvida pelo ventilador) para impedir qualquer refluxo de água no aparelho, quebra do “fecho hídrico” e aspiração conseqüente de ar poluído no sistema.

O dreno jamais deve ser conectado à rede de esgotos, sob pena de levar, além de ar poluído, também mau cheiro a todos os ambientes tratados, uma vez que o fecho hídrico pode ser quebrado por vários motivos, inclusive por deficiência da “ventilação” da tubulação de esgoto e evaporação da água que garante o fecho hídrico.

9.5.4 Serpentinhas de resfriamento

Devem ser escolhidas com espaçamento de aletas tal que facilite a limpeza; serpentinas com mais de 400 aletas por metro devem ser evitadas; sendo necessárias mais de 6 filas de profundidade, recomenda-se instalar duas serpentinas em série, com espaço entre elas suficiente para permitir sua limpeza.

O arraste, no fluxo de ar, de água condensada na serpentina não é admissível; velocidades frontais do ar de mais de 2,7 ou 3 m/s podem provocar arraste de água, principalmente se a distribuição do ar na frente da serpentina resultar em regiões localizadas de maior velocidade. A água arrastada pode se acumular e criar condições favoráveis à proliferação de microorganismos nos trechos do sistema a jusante, principalmente se revestidos com material fibroso.

9.6 Filtros de ar

9.6.1 Os filtros devem ser estanques em suas molduras, firmemente prensados contra juntas de borracha ou similar por molas de fixação. Instalação tipo gaveta deslizante deve ser evitada.

9.6.2 A umidade relativa do ar nos filtros situados a jusante das serpentinas de resfriamento e umidificadores deve ser mantida abaixo de 95%, e os filtros protegidos contra gotículas, a fim de impedir que, molhados, se tornem um meio propício à proliferação de microorganismos.

9.6.3 Deve se ter fluxo de ar uniforme e perpendicular à face dos filtros, evitando turbulências.

9.6.4 A necessidade de regeneração ou substituição dos filtros é determinada pela pressão diferencial atingida; não pode ser verificada apenas visualmente. Nos filtros finos de maior eficiência e de custo mais alto, deve-se instalar um manômetro tipo U ou outro para indicar permanentemente a pressão diferencial, ou um pressostato diferencial regulado para sinalizar a pressão máxima permissível, conjugado com alarme e memória.

9.6.5 Filtros permanentes metálicos viscosos perdem totalmente sua eficiência quando operados a seco. Depois de lavados com água quente e detergente ou vapor, devem ser novamente impregnados de adesivo apropriado, que deve ser inerte, não poluente, não desprender vapores ou odores, e ser aprovado pelas autoridades sanitárias.

9.7 Umidificadores

9.7.1 Devem ser de fácil acesso para inspeção e manutenção.

9.7.2 Não devem liberar gotículas de água no fluxo de ar, que deve ter umidade relativa não superior a 90% na saída do umidificador em qualquer condição operacional.

9.7.3 A água usada para umidificação deve ser de qualidade potável. No caso de umidificadores a vapor, o vapor não poderá conter substâncias nocivas.

9.7.4 Umidificadores do tipo de bandeja aquecida instalada no fluxo de ar dentro do condicionadores não são aceitáveis por serem potencialmente caldo de cultura de bactérias.

10. MANUTENÇÃO

10.1 Nenhum sistema de tratamento de ar poderá manter a qualidade de ar projetada se não for objeto de manutenção correta e regular, essencial para evitar ou eliminar os poluentes gerados no próprio sistema.

10.2 A manutenção deve ser executada obedecendo ao estipulado nos seguintes documentos:

- Portaria Nº 3523 de 28/08/1998 do Ministério da Saúde
- Resolução RE 9 se 16/01/2003 da ANVISA no que diz respeito a definição das responsabilidades técnicas
- NBR 13.971 – Sistemas de Refrigeração, Condicionamento de Ar e Ventilação – Manutenção programada
- NBR 14.679 - Sistemas de Condicionamento de ar e Ventilação – Execução de Serviços de Higienização

10.3 A periodicidade da manutenção, especialmente no que diz respeito à limpeza e higienização, não pode ser determinada a priori. Varia em função do grau de poluição encontrado, da eficiência dos filtros e outros fatores e deve ser determinada pelo responsável técnico da manutenção do sistema.

Recomenda-se adotar como mínima, a periodicidade dos procedimentos de limpeza e manutenção dos componentes definida na Resolução RE 9 da ANVISA.

10.4 Uma vez executada uma limpeza e higienização de sistemas contaminados de acordo com a NBR 14 679, é fortemente aconselhável que se adote medidas para melhorar a qualidade da manutenção do sistema, e de aprimorar, onde possível, as condições do sistema de acordo com a presente RN , em particular instalando filtros de ar de maior eficiência.

ANEXO IV - TLV'S PARA GASES (LIDE, 2004)

THRESHOLD LIMITS FOR AIRBORNE CONTAMINANTS

Several organizations recommend limits of exposure to airborne contaminants in the workplace. These include the Occupational Safety and Health Administration (OSHA), the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), and the non-governmental organization, American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). The threshold limit value (TLV) for a substance is defined as the concentration level under which the majority of workers may be repeatedly exposed, day after day, without adverse effects. The TLV recommendations are given in two forms:

- Time-weighted average (TWA) concentration for a normal 8-hr workday and 40-hr workweek.
- Short-term exposure limit (STEL), which should not be exceeded for more than 15 min.

Both kinds of limits are specified for some substances.

The following table gives threshold limit values for a number of substances that may be encountered in the atmosphere of a chemical laboratory or industrial facility. All values refer to the concentration in air at 25°C and normal atmospheric pressure. Data for gases are given in parts per million by volume (ppm). Values for liquids refer to mists or aerosols, and those for solids to dusts or

fumes; both are stated in mass concentration (mg/m³). A "C" preceding a value indicates a ceiling limit, which should not be exceeded even for very brief periods because of acute toxic effects of the substance.

Substances are listed by systematic name; molecular formula in the Hill format and Chemical Abstracts Service Registry Number are also given. The Notes column gives further information on the form of the substance and the basis on which the TLV is reported. This column also includes common synonyms and acronyms in brackets (e.g., [MTBE]).

References

1. *2004 TLV's and BEI's*, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1330 Kemper Meadow Drive, Cincinnati, OH 45240-1634, 2004.
2. *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards*, U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Health and Safety, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 1994.
3. *Chemical Information Manual*, U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, Washington, DC, 1991.

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
Abate	[Temephos]	C ₁₆ H ₂₀ O ₆ P ₂ S ₃	3383-96-8	10 mg/m ³	
Acetaldehyde		C ₂ H ₄ O	75-07-0		C 25 ppm
Acetic acid		C ₂ H ₄ O ₂	64-19-7	10 ppm	15 ppm
Acetic anhydride		C ₄ H ₆ O ₃	108-24-7	5 ppm	
Acetone	[2-Propanone]	C ₃ H ₆ O	67-64-1	500 ppm	750 ppm
Acetone cyanohydrin	as CN	C ₄ H ₇ NO	75-86-5		C 5 mg/m ³
Acetonitrile	[Methyl cyanide]	C ₂ H ₃ N	75-05-8	20 ppm	
Acetophenone	[Methyl phenyl ketone]	C ₈ H ₈ O	98-86-2	10 ppm	
2-(Acetyloxy)benzoic acid	[Aspirin]	C ₉ H ₈ O ₄	50-78-2	5 mg/m ³	
Acrolein	[2-Propenal]	C ₃ H ₄ O	107-02-8		C 0.1 ppm
Acrylamide	[2-Propenamide]	C ₃ H ₅ NO	79-06-1	0.03 mg/m ³	
Acrylic acid	[2-Propenoic acid]	C ₃ H ₄ O ₂	79-10-7	2 ppm	
Acrylonitrile	[Propenenitrile]	C ₃ H ₃ N	107-13-1	2 ppm	
Aldrin		C ₁₂ H ₈ Cl ₆	309-00-2	0.25 mg/m ³	
Allyl alcohol	[2-Propen-1-ol]	C ₃ H ₆ O	107-18-6	0.5 ppm	
Allyl glycidyl ether	[AGE]	C ₆ H ₁₀ O ₂	106-92-3	1 ppm	
Allyl propyl disulfide		C ₆ H ₁₂ S ₂	2179-59-1	0.5 ppm	
Aluminum	metal dust	Al	7429-90-5	10 mg/m ³	
Aluminum oxide		Al ₂ O ₃	1344-28-1	10 mg/m ³	
4-Amino-3,5,6-trichloro-2-pyridinecarboxylic acid	[Picloram]	C ₆ H ₃ Cl ₃ N ₂ O ₂	1918-02-1	10 mg/m ³	
Ammonia		H ₃ N	7664-41-7	25 ppm	35 ppm
Ammonium chloride		ClH ₄ N	12125-02-9	10 mg/m ³	20 mg/m ³
Ammonium perfluorooctanoate		C ₈ H ₄ F ₁₅ NO ₂	3825-26-1	0.01 mg/m ³	
Ammonium sulfamate		H ₆ N ₂ O ₃ S	7773-06-0	10 mg/m ³	
Aniline		C ₆ H ₇ N	62-53-3	2 ppm	
Antimony		Sb	7440-36-0	0.5 mg/m ³	
Arsenic		As	7440-38-2	0.01 mg/m ³	
Arsine		AsH ₃	7784-42-1	0.05 ppm	
Atrazine		C ₈ H ₁₄ ClN ₅	1912-24-9	5 mg/m ³	
Azinphos-methyl		C ₁₀ H ₁₂ N ₃ O ₃ PS ₂	86-50-0	0.2 mg/m ³	
Barium	soluble compounds, as Ba		7440-39-3	0.5 mg/m ³	
Barium sulfate		BaO ₄ S	7727-43-7	10 mg/m ³	
Benomyl		C ₁₄ H ₁₈ N ₄ O ₃	17804-35-2	10 mg/m ³	

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
Benzene		C ₆ H ₆	71-43-2	0.5 ppm	2.5 ppm
1,3-Benzenedimethanamine	[<i>m</i> -Xylene diamine]	C ₈ H ₁₂ N ₂	1477-55-0		C 0.1 mg/m ³
Benzenethiol	[Phenyl mercaptan]	C ₆ H ₆ S	108-98-5	0.1 ppm	
<i>p</i> -Benzoquinone	[Quinone]	C ₆ H ₄ O ₂	106-51-4	0.1 ppm	
Benzoyl chloride		C ₇ H ₅ ClO	98-88-4		C 0.5 ppm
Benzoyl peroxide		C ₁₄ H ₁₀ O ₄	94-36-0	5 mg/m ³	
Benzyl acetate		C ₉ H ₁₀ O ₂	140-11-4	10 ppm	
Beryllium	and compounds, as Be	Be	7440-41-7	0.002 mg/m ³	0.01 mg/m ³
Biphenyl		C ₁₂ H ₁₀	92-52-4	0.2 ppm	
Bis(2-aminoethyl)amine	[Diethylenetriamine]	C ₄ H ₁₃ N ₃	111-40-0	1 ppm	
Bis(2-chloroethyl) ether	[2,2'-Dichlorethyl ether]	C ₄ H ₈ Cl ₂ O	111-44-4	5 ppm	10 ppm
Bis(chloromethyl) ether		C ₂ H ₄ Cl ₂ O	542-88-1	0.001 ppm	
Bis(2-dimethylaminoethyl) ether	[DMAEE]	C ₈ H ₂₀ N ₂ O	3033-62-3	0.05 ppm	0.15 ppm
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	[Di- <i>sec</i> -octyl phthalate; DEHP]	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	117-81-7	5 mg/m ³	
Bismuth telluride		Bi ₂ Te ₃	1304-82-1	10 mg/m ³	
Boron oxide		B ₂ O ₃	1303-86-2	10 mg/m ³	
Boron tribromide		BBr ₃	10294-33-4		C 1 ppm
Boron trifluoride		BF ₃	7637-07-2		C 1 ppm
Bromacil	[5-Bromo-3- <i>sec</i> -butyl-6-methyluracil]	C ₉ H ₁₃ BrN ₂ O ₂	314-40-9	10 mg/m ³	
Bromine		Br ₂	7726-95-6	0.1 ppm	0.2 ppm
Bromine pentafluoride		BrF ₅	7789-30-2	0.1 ppm	
Bromochloromethane	[Halon 1011]	CH ₂ BrCl	74-97-5	200 ppm	
2-Bromo-2-chloro-1,1,1-trifluoroethane	[Halothane]	C ₂ HBrClF ₃	151-67-7	50 ppm	
Bromoethane	[Ethyl bromide]	C ₂ H ₅ Br	74-96-4	5 ppm	
Bromoethene	[Vinyl bromide]	C ₂ H ₃ Br	593-60-2	0.5 ppm	
Bromomethane	[Methyl bromide]	CH ₃ Br	74-83-9	1 ppm	
Bromotrifluoromethane		CBBrF ₃	75-63-8	1000 ppm	
1,3-Butadiene		C ₄ H ₆	106-99-0	2 ppm	
Butane		C ₄ H ₁₀	106-97-8	1000 ppm	
1-Butanethiol	[Butyl mercaptan]	C ₄ H ₁₀ S	109-79-5	0.5 ppm	
1-Butanol	[Butyl alcohol]	C ₄ H ₁₀ O	71-36-3	20 ppm	
2-Butanol	[<i>sec</i> -Butyl alcohol]	C ₄ H ₁₀ O	78-92-2	100 ppm	
2-Butanone	[Methyl ethyl ketone; MEK]	C ₄ H ₈ O	78-93-3	200 ppm	300 ppm
2-Butanone peroxide	[Methyl ethyl ketone peroxide]	C ₈ H ₁₆ O ₄	1338-23-4		C 0.2 ppm
<i>trans</i> -2-Butenal	[Crotonaldehyde]	C ₄ H ₆ O	4170-30-3		C 0.3 ppm
3-Buten-2-one	[Methyl vinyl ketone]	C ₄ H ₆ O	78-94-4		C 0.2 ppm
2-Butoxyethanol	[EGBE]	C ₆ H ₁₄ O ₂	111-76-2	20 ppm	
2-Butoxyethyl acetate	[EGBEA]	C ₈ H ₁₆ O ₃	112-07-2	20 ppm	
Butyl acetate		C ₆ H ₁₂ O ₂	123-86-4	150 ppm	200 ppm
<i>sec</i> -Butyl acetate		C ₆ H ₁₂ O ₂	105-46-4	200 ppm	
<i>tert</i> -Butyl acetate		C ₆ H ₁₂ O ₂	540-88-5	200 ppm	
Butyl acrylate		C ₇ H ₁₂ O ₂	141-32-2	2 ppm	
Butylamine		C ₄ H ₁₁ N	109-73-9		C 5 ppm
<i>tert</i> -Butyl chromate	as CrO ₃	C ₈ H ₁₈ CrO ₄	1189-85-1		C 0.1 mg/m ³
<i>tert</i> -Butyl ethyl ether	[ETBE]	C ₆ H ₁₄ O	637-92-3	5 ppm	
Butyl glycidyl ether	[BGE]	C ₇ H ₁₄ O ₂	2426-08-6	25 ppm	
Butyl lactate		C ₇ H ₁₄ O ₃	138-22-7	5 ppm	
1- <i>tert</i> -Butyl-4-methylbenzene	[<i>p</i> - <i>tert</i> -Butyltoluene]	C ₁₁ H ₁₆	98-51-1	1 ppm	
2- <i>sec</i> -Butylphenol		C ₁₀ H ₁₄ O	89-72-5	5 ppm	
Cadmium	metal	Cd	7440-43-9	0.01 mg/m ³	
Cadmium	compounds, as Cd	Cd	7440-43-9	0.002 mg/m ³	
Calcium carbonate		CCaO ₃	1317-65-3	10 mg/m ³	
Calcium chromate	as Cr	CaCrO ₄	13765-19-0	0.001 mg/m ³	
Calcium cyanamide		CCaN ₂	156-62-7	0.5 mg/m ³	
Calcium hydroxide		CaH ₂ O ₂	1305-62-0	5 mg/m ³	
Calcium metasilicate		CaO ₃ Si	1344-95-2	10 mg/m ³	
Calcium oxide		CaO	1305-78-8	2 mg/m ³	
Calcium sulfate		CaO ₄ S	7778-18-9	10 mg/m ³	

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
Camphor		C ₁₀ H ₁₆ O	76-22-2	2 ppm	3 ppm
Caprolactam		C ₆ H ₁₁ NO	105-60-2	5 mg/m ³	
Captafol		C ₁₀ H ₉ Cl ₄ NO ₂ S	2425-06-1	0.1 mg/m ³	
Captan		C ₉ H ₈ Cl ₃ NO ₂ S	133-06-2	5 mg/m ³	
Carbaryl		C ₁₂ H ₁₁ NO ₂	63-25-2	5 mg/m ³	
Carbofuran		C ₁₂ H ₁₅ NO ₃	1563-66-2	0.1 mg/m ³	
Carbon black		C	1333-86-4	3.5 mg/m ³	
Carbon dioxide		CO ₂	124-38-9	5000 ppm	30,000 ppm
Carbon disulfide		CS ₂	75-15-0	10 ppm	
Carbon monoxide		CO	630-08-0	25 ppm	
Carbonyl chloride	[Phosgene]	CCl ₂ O	75-44-5	0.1 ppm	
Carbonyl fluoride		CF ₂ O	353-50-4	2 ppm	5 ppm
Cesium hydroxide		CsHO	21351-79-1	2 mg/m ³	
Chlordane		C ₁₀ H ₆ Cl ₈	57-74-9	0.5 mg/m ³	
Chlorine		Cl ₂	7782-50-5	0.5 ppm	1 ppm
Chlorine dioxide		ClO ₂	10049-04-4	0.1 ppm	0.3 ppm
Chlorine trifluoride		ClF ₃	7790-91-2		C 0.1 ppm
Chloroacetaldehyde		C ₂ H ₃ ClO	107-20-0		C 1 ppm
Chloroacetone		C ₃ H ₅ ClO	78-95-5		C 1 ppm
α-Chloroacetophenone		C ₈ H ₇ ClO	532-27-4	0.05 ppm	
Chloroacetyl chloride		C ₂ H ₂ Cl ₂ O	79-04-9	0.05 ppm	0.15 ppm
Chlorobenzene		C ₆ H ₅ Cl	108-90-7	10 ppm	
o-Chlorobenzylidene malononitrile		C ₁₀ H ₅ ClN ₂	2698-41-1		C 0.05 ppm
2-Chloro-1,3-butadiene	[Chloroprene]	C ₄ H ₅ Cl	126-99-8	10 ppm	
Chlorodifluoromethane		CHClF ₂	75-45-6	1000 ppm	
Chloroethane	[Ethyl chloride]	C ₂ H ₅ Cl	75-00-3	100 ppm	
2-Chloroethanol	[Ethylene chlorohydrin]	C ₂ H ₅ ClO	107-07-3		C 1 ppm
Chloroethene	[Vinyl chloride]	C ₂ H ₃ Cl	75-01-4	1 ppm	
Chloromethane	[Methyl chloride]	CH ₃ Cl	74-87-3	50 ppm	100 ppm
(Chloromethyl)benzene	[Benzyl chloride]	C ₇ H ₇ Cl	100-44-7	1 ppm	
1-Chloro-4-nitrobenzene		C ₆ H ₄ ClNO ₂	100-00-5	0.1 ppm	
1-Chloro-1-nitropropane		C ₃ H ₆ ClNO ₂	600-25-9	2 ppm	
Chloropentafluoroethane		C ₂ ClF ₅	76-15-3	1000 ppm	
2-Chloropropanoic acid		C ₃ H ₅ ClO ₂	598-78-7	0.1 ppm	
2-Chloro-1-propanol		C ₃ H ₇ ClO	78-89-7	1 ppm	
1-Chloro-2-propanol		C ₃ H ₇ ClO	127-00-4	1 ppm	
3-Chloropropene	[Allyl chloride]	C ₃ H ₅ Cl	107-05-1	1 ppm	2 ppm
2-Chlorostyrene		C ₈ H ₇ Cl	2039-87-4	50 ppm	75 ppm
2-Chlorotoluene		C ₇ H ₇ Cl	95-49-8	50 ppm	
Chlorpyrifos		C ₉ H ₁₁ Cl ₃ NO ₃ PS	2921-88-2	0.1 mg/m ³	
Chromium	metal	Cr	7440-47-3	0.5 mg/m ³	
Chromium	Cr(III) compounds, as Cr	Cr	7440-47-3	0.5 mg/m ³	
Chromium	soluble Cr(VI) compounds, as Cr	Cr	7440-47-3	0.05 mg/m ³	
Chromium	insoluble Cr(VI) compounds, as Cr	Cr	7440-47-3	0.01 mg/m ³	
Chromyl chloride		Cl ₂ CrO ₂	14977-61-8	0.025 ppm	
Clopidol		C ₇ H ₇ Cl ₂ NO	2971-90-6	10 mg/m ³	
Cobalt	metal and inorganic compounds, as Co	Co	7440-48-4	0.02 mg/m ³	
Cobalt carbonyl	as Co	C ₈ Co ₂ O ₈	10210-68-1	0.1 mg/m ³	
Cobalt hydrocarbonyl	as Co	C ₄ HCoO ₄	16842-03-8	0.1 mg/m ³	
Copper	fume	Cu	7440-50-8	0.2 mg/m ³	
Cresol	all isomers	C ₇ H ₈ O	1319-77-3	5 ppm	
Crufomate		C ₁₂ H ₁₉ ClNO ₃ P	299-86-5	5 mg/m ³	
Cyanamide		CH ₂ N ₂	420-04-2	2 mg/m ³	
Cyanide ion [CN ⁻]	cyanide salts, as CN	CN	57-12-5		C 5 mg/m ³
Cyanogen		C ₂ N ₂	460-19-5	10 ppm	
Cyanogen chloride		CClN	506-77-4		C 0.3 ppm
Cyclohexane		C ₆ H ₁₂	110-82-7	100 ppm	
Cyclohexanol		C ₆ H ₁₂ O	108-93-0	50 ppm	
Cyclohexanone		C ₆ H ₁₀ O	108-94-1	20 ppm	50 ppm

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
Cyclohexene		C ₆ H ₁₀	110-83-8	300 ppm	
Cyclohexylamine		C ₆ H ₁₃ N	108-91-8	10 ppm	
Cyclonite	[Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine]	C ₃ H ₆ N ₆ O ₆	121-82-4	0.5 mg/m ³	
1,3-Cyclopentadiene		C ₅ H ₆	542-92-7	75 ppm	
Cyclopentane		C ₅ H ₁₀	287-92-3	600 ppm	
Cyhexatin		C ₁₈ H ₃₄ OSn	13121-70-5	5 mg/m ³	
Decaborane(14)		B ₁₀ H ₁₄	17702-41-9	0.05 ppm	0.15 ppm
Demeton-S-methyl		C ₆ H ₁₅ O ₃ PS ₂	919-86-8	0.05 mg/m ³	
Diacetone alcohol		C ₆ H ₁₂ O ₂	123-42-2	50 ppm	
4,4'-Diaminodiphenylmethane	[4,4-Methylene dianiline]	C ₁₃ H ₁₄ N ₂	101-77-9	0.1 ppm	
Diazinon		C ₁₂ H ₂₁ N ₂ O ₃ PS	333-41-5	0.01 mg/m ³	
Diazomethane		CH ₂ N ₂	334-88-3	0.2 ppm	
Diborane		B ₂ H ₆	19287-45-7	0.1 ppm	
Dibromodifluoromethane		CBr ₂ F ₂	75-61-6	100 ppm	
2-Dibutylaminoethanol		C ₁₀ H ₂₃ NO	102-81-8	0.5 ppm	
2,6-Di- <i>tert</i> -butyl-4-methylphenol	[Butylated hydroxytoluene; BHT]	C ₁₅ H ₂₄ O	128-37-0	2 mg/m ³	
Dibutylphenyl phosphate		C ₁₄ H ₂₃ O ₄ P	2528-36-1	0.3 ppm	
Dibutyl phosphate		C ₈ H ₁₉ O ₄ P	107-66-4	1 ppm	2 ppm
Dibutyl phthalate		C ₁₆ H ₂₂ O ₄	84-74-2	5 mg/m ³	
Dichloroacetylene		C ₂ Cl ₂	7572-29-4		C 0.1 ppm
<i>o</i> -Dichlorobenzene		C ₆ H ₄ Cl ₂	95-50-1	25 ppm	50 ppm
<i>p</i> -Dichlorobenzene		C ₆ H ₄ Cl ₂	106-46-7	10 ppm	
1,4-Dichloro-2-butene	both isomers	C ₄ H ₆ Cl ₂	764-41-0	0.005 ppm	
Dichlorodifluoromethane		CCl ₂ F ₂	75-71-8	1000 ppm	
1,3-Dichloro-5,5-dimethylhydantoin		C ₅ H ₆ Cl ₂ N ₂ O ₂	118-52-5	0.2 mg/m ³	0.4 mg/m ³
Dichlorodiphenyltrichloroethane	[DDT]	C ₁₄ H ₉ Cl ₅	50-29-3	1 mg/m ³	
1,1-Dichloroethane	[Ethylidene dichloride]	C ₂ H ₄ Cl ₂	75-34-3	100 ppm	
1,2-Dichloroethane	[Ethylene dichloride]	C ₂ H ₄ Cl ₂	107-06-2	10 ppm	
1,1-Dichloroethene	[Vinylidene chloride]	C ₂ H ₂ Cl ₂	75-35-4	5 ppm	
1,2-Dichloroethene	both isomers	C ₂ H ₂ Cl ₂	540-59-0	200 ppm	
Dichlorofluoromethane		CHCl ₂ F	75-43-4	10 ppm	
Dichloromethane	[Methylene chloride]	CH ₂ Cl ₂	75-09-2	50 ppm	
1,1-Dichloro-1-nitroethane		C ₂ H ₃ Cl ₂ NO ₂	594-72-9	2 ppm	
(2,4-Dichlorophenoxy)acetic acid	[2,4-D]	C ₈ H ₆ Cl ₂ O ₃	94-75-7	10 mg/m ³	
1,2-Dichloropropane		C ₃ H ₆ Cl ₂	78-87-5	75 ppm	110 ppm
2,2-Dichloropropanoic acid		C ₃ H ₄ Cl ₂ O ₂	75-99-0	5 mg/m ³	
1,3-Dichloropropene	both isomers	C ₃ H ₄ Cl ₂	542-75-6	1 ppm	
1,2-Dichloro-1,1,2,2-tetrafluoroethane		C ₂ Cl ₂ F ₄	76-14-2	1000 ppm	
Dichlorvos		C ₄ H ₇ Cl ₂ O ₄ P	62-73-7	0.1 mg/m ³	
Dicrotophos		C ₈ H ₁₆ NO ₅ P	141-66-2	0.05 mg/m ³	
<i>m</i> -Dicyanobenzene	[<i>m</i> -Phthalodinitrile]	C ₈ H ₄ N ₂	626-17-5	5 mg/m ³	
Dicyclopentadiene		C ₁₀ H ₁₂	77-73-6	5 ppm	
Dieldrin		C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O	60-57-1	0.25 mg/m ³	
Diethanolamine	[Bis(2-hydroxyethyl)amine]	C ₄ H ₁₁ NO ₂	111-42-2	2 mg/m ³	
Diethylamine		C ₆ H ₁₁ N	109-89-7	5 ppm	15 ppm
2-Diethylaminoethanol		C ₆ H ₁₅ NO	100-37-8	2 ppm	
Diethyl ether	[Ethyl ether]	C ₄ H ₁₀ O	60-29-7	400 ppm	500 ppm
Diethyl phthalate		C ₁₂ H ₁₄ O ₄	84-66-2	5 mg/m ³	
1,1-Difluoroethene		C ₂ H ₂ F ₂	75-38-7	500 ppm	
Diglycidyl ether		C ₆ H ₁₀ O ₃	2238-07-5	0.1 ppm	
Diisopropylamine		C ₆ H ₁₅ N	108-18-9	5 ppm	
Diisopropyl ether		C ₆ H ₁₄ O	108-20-3	250 ppm	310 ppm
Dimethoxymethane	[Methylal]	C ₃ H ₈ O ₂	109-87-5	1000 ppm	
<i>N,N</i> -Dimethylacetamide		C ₄ H ₉ NO	127-19-5	10 ppm	

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
Dimethylamine		C_2H_7N	124-40-3	5 ppm	15 ppm
<i>N,N</i> -Dimethylaniline		$C_8H_{11}N$	121-69-7	5 ppm	10 ppm
2,2-Dimethylbutane	[Neohexane]	C_6H_{14}	75-83-2	500 ppm	1000 ppm
2,3-Dimethylbutane		C_6H_{14}	79-29-8	500 ppm	1000 ppm
<i>N,N</i> -Dimethylformamide	[DMF]	C_3H_7NO	68-12-2	10 ppm	
2,6-Dimethyl-4-heptanone	[Diisobutyl ketone]	$C_9H_{18}O$	108-83-8	25 ppm	
1,1-Dimethylhydrazine		$C_2H_8N_2$	57-14-7	0.01 ppm	
Dimethyl mercury		C_2H_6Hg	593-74-8	0.01 mg/m ³	
Dimethyl phthalate		$C_{10}H_{10}O_4$	131-11-3	5 mg/m ³	
2,2-Dimethyl-1-propanol acetate		$C_7H_{14}O_2$	926-41-0	50 ppm	100 ppm
Dimethyl sulfate		$C_2H_6O_4S$	77-78-1	0.1 ppm	
Dimethyl sulfide		C_2H_6S	75-18-3	10 ppm	
Dinitrobenzene	all isomers	$C_6H_4N_2O_4$	25154-54-5	0.15 ppm	
Dinitrotoluene	all isomers	$C_7H_6N_2O_4$	25321-14-6	0.2 mg/m ³	
1,4-Dioxane		$C_4H_8O_2$	123-91-1	20 ppm	
Dioxathion		$C_{12}H_{26}O_6P_2S_4$	78-34-2	0.1 mg/m ³	
1,3-Dioxolane		$C_3H_6O_2$	646-06-0	20 ppm	
Diphenylamine		$C_{12}H_{11}N$	122-39-4	10 mg/m ³	
Diphenyl ether		$C_{12}H_{10}O$	101-84-8	1 ppm	2 ppm
4,4'-Diphenylmethane diisocyanate	[Methylene diphenyl isocyanate; MDI]	$C_{15}H_{10}N_2O_2$	101-68-8	0.005 ppm	
Diquat		$C_{12}H_{12}N_2$	231-36-7	0.5 mg/m ³	
Disulfiram		$C_{10}H_{20}N_2S_4$	97-77-8	2 mg/m ³	
Disulfoton		$C_8H_{19}O_2PS_3$	298-04-4	0.05 mg/m ³	
Diuron		$C_9H_{10}Cl_2N_2O$	330-54-1	10 mg/m ³	
Divinyl benzene	all isomers	$C_{10}H_{10}$	1321-74-0	10 ppm	
1-Dodecanethiol		$C_{12}H_{26}S$	112-55-0	0.1 ppm	
Endosulfan		$C_9H_6Cl_6O_3S$	115-29-7	0.1 mg/m ³	
Endrin		$C_{12}H_8Cl_6O$	72-20-8	0.1 mg/m ³	
Enflurane		$C_3H_2ClF_5O$	13838-16-9	75 ppm	
Epichlorohydrin	[(Chloromethyl)oxirane]	C_3H_5ClO	106-89-8	0.5 ppm	
1,2-Epoxy-4-(epoxyethyl)cyclohexane	[Vinylcyclohexene dioxide]	$C_8H_{12}O_2$	106-87-6	0.1 ppm	
Ethane		C_2H_6	74-84-0	1000 ppm	
1,2-Ethanediamine	[Ethylenediamine]	$C_2H_8N_2$	107-15-3	10 ppm	
1,2-Ethandiol	[Ethylene glycol]	$C_2H_6O_2$	107-21-1		C 100 mg/m ³
1,2-Ethandiol, dinitrate	[Ethylene glycol dinitrate; EGDN]	$C_2H_4N_2O_6$	628-96-6	0.05 ppm	
Ethanethiol	[Ethyl mercaptan]	C_2H_6S	75-08-1	0.5 ppm	
Ethanol	[Ethyl alcohol]	C_2H_6O	64-17-5	1000 ppm	
Ethanolamine		C_2H_7NO	141-43-5	3 ppm	6 ppm
Ethion		$C_9H_{22}O_4P_2S_4$	563-12-2	0.05 mg/m ³	
Ethoxydimethylsilane		$C_4H_{12}OSi$	14857-34-2	0.5 ppm	1.5 ppm
2-Ethoxyethanol	[Ethylene glycol monoethyl ether; EGEE]	$C_4H_{10}O_2$	110-80-5	5 ppm	
2-Ethoxyethyl acetate	[Ethylene glycol monoethyl ether acetate; EGEEA]	$C_6H_{12}O_3$	111-15-9	5 ppm	
Ethyl acetate		$C_4H_8O_2$	141-78-6	400 ppm	
Ethyl acrylate	[Ethyl propenoate]	$C_5H_8O_2$	140-88-5	5 ppm	15 ppm
Ethylamine		C_2H_7N	75-04-7	5 ppm	15 ppm
Ethylbenzene		C_8H_{10}	100-41-4	100 ppm	125 ppm
Ethyl 2-cyanoacrylate	[Ethyl 2-cyano-2-propenoate]	$C_6H_7NO_2$	7085-85-0	0.2 ppm	
Ethyleneimine	[Aziridine]	C_2H_5N	151-56-4	0.5 ppm	
Ethyl formate		$C_3H_6O_2$	109-94-4	100 ppm	
2-Ethylhexanoic acid		$C_8H_{16}O_2$	149-57-5	5 mg/m ³	
5-Ethylidene-2-norbornene		C_9H_{12}	16219-75-3		C 5 ppm
<i>N</i> -Ethylmorpholine		$C_6H_{13}NO$	100-74-3	5 ppm	
Ethyl <i>p</i> -nitrophenyl benzenethiophosphate	[EPN]	$C_{14}H_{14}NO_4PS$	2104-64-5	0.1 mg/m ³	
Ethyl silicate		$C_8H_{20}O_4Si$	78-10-4	10 ppm	
Fenamiphos		$C_{13}H_{22}NO_3PS$	22224-92-6	0.1 mg/m ³	

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
Fensulfothion		$C_{11}H_{17}O_4PS_2$	115-90-2	0.1 mg/m ³	
Fenthion		$C_{10}H_{15}O_3PS_2$	55-38-9	0.2 mg/m ³	
Ferbam		$C_9H_{18}FeN_3S_6$	14484-64-1	10 mg/m ³	
Ferrocene	[Dicyclopentadienyl iron]	$C_{10}H_{10}Fe$	102-54-5	10 mg/m ³	
Fluoride ion [F ⁻]	fluoride salts, as F	F	16984-48-8	2.5 mg/m ³	
Fluorine		F ₂	7782-41-4	1 ppm	2 ppm
Fluorine monoxide	[Oxygen difluoride]	F ₂ O	7783-41-7		C 0.05 ppm
Fluoroethene	[Vinyl fluoride]	C ₂ H ₃ F	75-02-5	1 ppm	
Fonofos		$C_{10}H_{15}OPS_2$	944-22-9	0.1 mg/m ³	
Formaldehyde		CH ₂ O	50-00-0		C 0.3 ppm
Formamide		CH ₃ NO	75-12-7	10 ppm	
Formic acid		CH ₂ O ₂	64-18-6	5 ppm	10 ppm
Furfural	[2-Furaldehyde]	$C_5H_4O_2$	98-01-1	2 ppm	
Furfuryl alcohol	[2-Furanmethanol]	$C_5H_6O_2$	98-00-0	10 ppm	15 ppm
Germane	[Germanium tetrahydride]	GeH ₄	7782-65-2	0.2 ppm	
Glycerol	[1,2,3-Propanetriol]	$C_3H_8O_3$	56-81-5	10 mg/m ³	
Glyoxal		$C_2H_2O_2$	107-22-2	0.1 mg/m ³	
Graphite	except fibers	C	7440-44-0	2 mg/m ³	
Hafnium	metal and compounds, as Hf	Hf	7440-58-6	0.5 mg/m ³	
Heptachlor		$C_{10}H_5Cl_7$	76-44-8	0.05 mg/m ³	
Heptachlor epoxide		$C_{10}H_5Cl_7O$	1024-57-3	0.05 mg/m ³	
Heptane		C ₇ H ₁₆	142-82-5	400 ppm	500 ppm
2-Heptanone	[Methyl pentyl ketone]	$C_7H_{14}O$	110-43-0	50 ppm	
3-Heptanone	[Ethyl butyl ketone]	$C_7H_{14}O$	106-35-4	50 ppm	75 ppm
4-Heptanone	[Dipropyl ketone]	$C_7H_{14}O$	123-19-3	50 ppm	
Hexachlorobenzene		C_6Cl_6	118-74-1	0.002 mg/m ³	
Hexachloro-1,3-butadiene		C_4Cl_6	87-68-3	0.02 ppm	
1,2,3,4,5,6-Hexachlorocyclohexane	[Lindane]	$C_6H_6Cl_6$	58-89-9	0.5 mg/m ³	
Hexachloro-1,3-cyclopentadiene		C_5Cl_6	77-47-4	0.01 ppm	
Hexachloroethane	[Perchloroethane]	C_2Cl_6	67-72-1	1 ppm	
Hexachloronaphthalene	all isomers	$C_{10}H_2Cl_6$	1335-87-1	0.2 mg/m ³	
Hexahydro-1,3-isobenzofurandione	[Hexahydrophthalic anhydride]	$C_8H_{10}O_3$	85-42-7		C 0.005 mg/m ³
Hexamethylene diisocyanate		$C_8H_{12}N_2O_2$	822-06-0	0.005 ppm	
Hexane		C ₆ H ₁₄	110-54-3	50 ppm	
1,6-Hexanediamine	[Hexamethylenediamine]	$C_6H_{16}N_2$	124-09-4	0.5 ppm	
Hexanedinitrile	[Adiponitrile]	$C_6H_8N_2$	111-69-3	2 ppm	
1,6-Hexanedioic acid	[Adipic acid]	$C_6H_{10}O_4$	124-04-9	5 mg/m ³	
2-Hexanone	[Butyl methyl ketone]	$C_6H_{12}O$	591-78-6	5 ppm	10 ppm
1-Hexene		C ₆ H ₁₂	592-41-6	50 ppm	
sec-Hexyl acetate		$C_8H_{16}O_2$	108-84-9	50 ppm	
Hydrazine		H ₂ N ₂	302-01-2	0.01 ppm	
Hydrazoic acid		HN ₃	7782-79-8		C 0.11 ppm
Hydrogen bromide		BrH	10035-10-6		C 2 ppm
Hydrogen chloride		ClH	7647-01-0		C 2 ppm
Hydrogen cyanide		CHN	74-90-8		C 4.7 ppm
Hydrogen fluoride		FH	7664-39-3		C 3 ppm
Hydrogen peroxide		H ₂ O ₂	7722-84-1	1 ppm	
Hydrogen selenide		H ₂ Se	7783-07-5	0.05 ppm	
Hydrogen sulfide		H ₂ S	7783-06-4	10 ppm	15 ppm
p-Hydroquinone	[1,4-Benzenediol]	$C_6H_6O_2$	123-31-9	2 mg/m ³	
2-Hydroxypropyl acrylate		$C_6H_{10}O_3$	999-61-1	0.5 ppm	
Indene		C_9H_8	95-13-6	10 ppm	
Indium	metal and compounds, as In	In	7440-74-6	0.1 mg/m ³	
Iodine		I ₂	7553-56-2		C 0.1 ppm
Iodomethane	[Methyl iodide]	CH ₃ I	74-88-4	2 ppm	
Iron ion [Fe ⁺²]	soluble ferrous salts, as Fe	Fe	15438-31-0	1 mg/m ³	
Iron ion [Fe ⁺³]	soluble ferric salts, as Fe	Fe	20074-52-6	1 mg/m ³	

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
Iron(III) oxide	dust and fume, as Fe	Fe ₂ O ₃	1309-37-1	5 mg/m ³	
Iron pentacarbonyl		C ₅ FeO ₅	13463-40-6	0.1 ppm	0.2 ppm
Isobutane	[2-Methylpropane]	C ₄ H ₁₀	75-28-5	1000 ppm	
Isobutyl acetate		C ₆ H ₁₂ O ₂	110-19-0	150 ppm	
Isobutyl nitrite		C ₄ H ₉ NO ₂	542-56-3		C 1 ppm
Isopentane	[2-Methylbutane]	C ₅ H ₁₂	78-78-4	600 ppm	
Isopentyl acetate	[Isoamyl acetate]	C ₇ H ₁₄ O ₂	123-92-2	50 ppm	100 ppm
Isophorone		C ₉ H ₁₄ O	78-59-1		C 5 ppm
Isophorone diisocyanate		C ₁₂ H ₁₈ N ₂ O ₂	4098-71-9	0.005 ppm	
Isopropenylbenzene	[α-Methyl styrene]	C ₉ H ₁₀	98-83-9	50 ppm	100 ppm
2-Isopropoxyethanol		C ₅ H ₁₂ O ₂	109-59-1	25 ppm	
Isopropyl acetate		C ₅ H ₁₀ O ₂	108-21-4	100 ppm	200 ppm
Isopropylamine		C ₃ H ₉ N	75-31-0	5 ppm	10 ppm
N-Isopropylaniline		C ₉ H ₁₃ N	768-52-5	2 ppm	
Isopropylbenzene	[Cumene]	C ₉ H ₁₂	98-82-8	50 ppm	
Isopropyl glycidyl ether	[IGE]	C ₆ H ₁₂ O ₂	4016-14-2	50 ppm	75 ppm
Kaolin			1332-58-7	2 mg/m ³	
Ketene		C ₂ H ₂ O	463-51-4	0.5 ppm	1.5 ppm
Lead	metal and compounds, as Pb	Pb	7439-92-1	0.05 mg/m ³	
Lead(II) arsenate		As ₂ O ₈ Pb ₃	7784-40-9	0.15 mg/m ³	
Lead(II) chromate	as Pb	CrO ₄ Pb	7758-97-6	0.05 mg/m ³	
Lithium hydride		HLi	7580-67-8	0.025 mg/m ³	
Magnesium carbonate	[Magnesite]	CMgO ₃	546-93-0	10 mg/m ³	
Magnesium oxide		MgO	1309-48-4	10 mg/m ³	
Malathion		C ₁₀ H ₁₉ O ₆ PS ₂	121-75-5	1 mg/m ³	
Maleic anhydride		C ₄ H ₂ O ₃	108-31-6	0.1 ppm	
Manganese	metal and inorganic compounds, as Mn	Mn	7439-96-5	0.2 mg/m ³	
Manganese cyclopentadienyl tricarbonyl	as Mn	C ₈ H ₅ MnO ₃	12079-65-1	0.1 mg/m ³	
Manganese 2-methylcyclopentadienyl tricarbonyl	as Mn	C ₉ H ₇ MnO ₃	12108-13-3	0.2 mg/m ³	
Mercury	metal and inorganic compounds, as Hg	Hg	7439-97-6	0.025 mg/m ³	
Mercury	alkyl compounds, as Hg	Hg	7439-97-6	0.01 mg/m ³	0.03 mg/m ³
Mercury	aryl compounds, as Hg	Hg	7439-97-6	0.1 mg/m ³	
Mesityl oxide	[Isobutenyl methyl ketone]	C ₆ H ₁₀ O	141-79-7	15 ppm	25 ppm
Methacrylic acid	[2-Methylpropenoic acid]	C ₄ H ₆ O ₂	79-41-4	20 ppm	
Methane		CH ₄	74-82-8	1000 ppm	
Methanethiol	[Methyl mercaptan]	CH ₃ S	74-93-1	0.5 ppm	
Methanol	[Methyl alcohol]	CH ₃ O	67-56-1	200 ppm	250 ppm
Methomyl		C ₅ H ₁₀ N ₂ O ₂ S	16752-77-5	2.5 mg/m ³	
2-Methoxyaniline	[o-Anisidine]	C ₇ H ₉ NO	90-04-0	0.5 mg/m ³	
4-Methoxyaniline	[p-Anisidine]	C ₇ H ₉ NO	104-94-9	0.5 mg/m ³	
Methoxychlor		C ₁₆ H ₁₅ Cl ₃ O ₂	72-43-5	10 mg/m ³	
2-Methoxyethanol	[Ethylene glycol monomethyl ether; EGME]	C ₃ H ₈ O ₂	109-86-4	5 ppm	
2-Methoxyethyl acetate	[Ethylene glycol monomethyl ether acetate; EGMEA]	C ₅ H ₁₀ O ₃	110-49-6	5 ppm	
2-Methoxy-2-methylbutane	[Methyl tert-pentyl ether; TAME]	C ₆ H ₁₄ O	994-05-8	20 ppm	
4-Methoxyphenol		C ₇ H ₈ O ₂	150-76-5	5 mg/m ³	
1-Methoxy-2-propanol	[1,2-Propylene glycol monomethyl ether; PGME]	C ₄ H ₁₀ O ₂	107-98-2	100 ppm	150 ppm
Methyl acetate		C ₃ H ₆ O ₂	79-20-9	200 ppm	250 ppm
Methyl acrylate	[Methyl propenoate]	C ₄ H ₆ O ₂	96-33-3	2 ppm	
2-Methylacrylonitrile	[2-Methylpropenenitrile]	C ₄ H ₅ N	126-98-7	1 ppm	
Methylamine		CH ₃ N	74-89-5	5 ppm	15 ppm
2-Methylaniline	[o-Toluidine]	C ₇ H ₉ N	95-53-4	2 ppm	
3-Methylaniline	[m-Toluidine]	C ₇ H ₉ N	108-44-1	2 ppm	
4-Methylaniline	[p-Toluidine]	C ₇ H ₉ N	106-49-0	2 ppm	
N-Methylaniline		C ₇ H ₉ N	100-61-8	0.5 ppm	

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
3-Methyl-1-butanol	[Isoamyl alcohol]	C ₅ H ₁₂ O	123-51-3	100 ppm	125 ppm
2-Methyl-1-butanol acetate		C ₇ H ₁₄ O ₂	624-41-9	50 ppm	100 ppm
3-Methyl-2-butanol acetate		C ₇ H ₁₄ O ₂	5343-96-4	50 ppm	100 ppm
3-Methyl-2-butanone	[Methyl isopropyl ketone]	C ₅ H ₁₀ O	563-80-4	200 ppm	
Methyl <i>tert</i> -butyl ether	[MTBE]	C ₅ H ₁₂ O	1634-04-4	50 ppm	
Methyl 2-cyanoacrylate	[Mecrylate]	C ₅ H ₅ NO ₂	137-05-3	0.2 ppm	
Methylcyclohexane		C ₇ H ₁₄	108-87-2	400 ppm	
Methylcyclohexanol	all isomers	C ₇ H ₁₄ O	25639-42-3	50 ppm	
2-Methylcyclohexanone		C ₇ H ₁₂ O	583-60-8	50 ppm	75 ppm
Methyl demeton		C ₆ H ₁₅ O ₃ PS ₂	8022-00-2	0.5 mg/m ³	
2-Methyl-3,5-dinitrobenzamide	[Dinitolmide]	C ₈ H ₇ N ₃ O ₅	148-01-6	5 mg/m ³	
2-Methyl-4,6-dinitrophenol	[Dinitro- <i>o</i> -cresol]	C ₇ H ₆ N ₂ O ₅	534-52-1	0.2 mg/m ³	
4,4'-Methylenebis[2-chloroaniline]	[MBOCA]	C ₁₃ H ₁₂ Cl ₂ N ₂	101-14-4	0.01 ppm	
Methylenebis(4-cyclohexylisocyanate)		C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O ₂	5124-30-1	0.005 ppm	
Methyl formate		C ₂ H ₄ O ₂	107-31-3	100 ppm	150 ppm
6-Methyl-1-heptanol	[Isooctyl alcohol]	C ₈ H ₁₈ O	26952-21-6	50 ppm	
5-Methyl-3-heptanone		C ₈ H ₁₆ O	541-85-5	25 ppm	
5-Methyl-2-hexanone	[Methyl isopentyl ketone]	C ₇ H ₁₄ O	110-12-3	50 ppm	
Methylhydrazine		CH ₆ N ₂	60-34-4	0.01 ppm	
Methyl isocyanate		C ₂ H ₃ NO	624-83-9	0.02 ppm	
Methyl methacrylate	[Methyl 2-methyl-2-propenoate]	C ₅ H ₈ O ₂	80-62-6	50 ppm	100 ppm
Methyloxirane	[1,2-Propylene oxide]	C ₃ H ₆ O	75-56-9	2 ppm	
Methyl parathion		C ₈ H ₁₀ NO ₅ PS	298-00-0	0.2 mg/m ³	
2-Methylpentane	[Isohexane]	C ₆ H ₁₄	107-83-5	500 ppm	1000 ppm
3-Methylpentane		C ₆ H ₁₄	96-14-0	500 ppm	1000 ppm
2-Methyl-2,4-pentanediol	[Hexylene glycol]	C ₆ H ₁₄ O ₂	107-41-5		C 25 ppm
4-Methyl-2-pentanol	[Methyl isobutyl carbinol]	C ₆ H ₁₄ O	108-11-2	25 ppm	40 ppm
4-Methyl-2-pentanone	[Isobutyl methyl ketone]	C ₆ H ₁₂ O	108-10-1	50 ppm	75 ppm
2-Methyl-1-propanol	[Isobutyl alcohol]	C ₄ H ₁₀ O	78-83-1	50 ppm	
2-Methyl-2-propanol	[<i>tert</i> -Butyl alcohol]	C ₄ H ₁₀ O	75-65-0	100 ppm	
Methylstyrene	all isomers	C ₉ H ₁₀	25013-15-4	50 ppm	100 ppm
<i>N</i> -Methyl- <i>N</i> ,2,4,6-tetranitroaniline	[Tetryl]	C ₇ H ₅ N ₅ O ₈	479-45-8	1.5 mg/m ³	
Metribuzin		C ₈ H ₁₄ N ₄ OS	21087-64-9	5 mg/m ³	
Mevinphos		C ₇ H ₁₃ O ₆ P	7786-34-7	0.01 ppm	
Mica			12001-26-2	3 mg/m ³	
Molybdenum	metal and insoluble compounds, as Mo	Mo	7439-98-7	10 mg/m ³	
Molybdenum	soluble compounds, as Mo	Mo	7439-98-7	0.5 mg/m ³	
Monocrotophos		C ₇ H ₁₄ NO ₅ P	6923-22-4	0.05 mg/m ³	
Morpholine		C ₄ H ₉ NO	110-91-8	20 ppm	
Naled		C ₄ H ₇ Br ₂ Cl ₂ O ₄ P	300-76-5	0.1 mg/m ³	
Naphthalene		C ₁₀ H ₈	91-20-3	10 ppm	15 ppm
1-Naphthalenylthiourea	[ANTU]	C ₁₁ H ₁₀ N ₂ S	86-88-4	0.3 mg/m ³	
Neopentane	[2,2-Dimethylpropane]	C ₅ H ₁₂	463-82-1	600 ppm	
Nickel	metal	Ni	7440-02-0	1.5 mg/m ³	
Nickel	soluble compounds, as Ni	Ni	7440-02-0	0.1 mg/m ³	
Nickel	insoluble compounds, as Ni	NI	7440-02-0	0.2 mg/m ³	
Nickel carbonyl	as Ni	C ₄ NiO ₄	13463-39-3	0.05 ppm	
Nickel(III) sulfide	as Ni	Ni ₃ S ₂	12035-72-2	0.1 mg/m ³	
Nicotine		C ₁₀ H ₁₄ N ₂	54-11-5	0.5 mg/m ³	
Nitrapyrin		C ₆ H ₃ Cl ₄ N	1929-82-4	10 mg/m ³	
Nitric acid		HNO ₃	7697-37-2	2 ppm	4 ppm
Nitric oxide		NO	10102-43-9	25 ppm	
4-Nitroaniline		C ₆ H ₆ N ₂ O ₂	100-01-6	3 mg/m ³	
Nitrobenzene		C ₆ H ₅ NO ₂	98-95-3	1 ppm	
Nitroethane		C ₂ H ₅ NO ₂	79-24-3	100 ppm	
Nitrogen dioxide		NO ₂	10102-44-0	3 ppm	5 ppm

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
Nitrogen trifluoride		F ₃ N	7783-54-2	10 ppm	
Nitromethane		CH ₃ NO ₂	75-52-5	20 ppm	
1-Nitropropane		C ₃ H ₇ NO ₂	108-03-2	25 ppm	
2-Nitropropane		C ₃ H ₇ NO ₂	79-46-9	10 ppm	
Nitrotoluene	all isomers	C ₇ H ₇ NO ₂	1321-12-6	2 ppm	
Nitrous oxide		N ₂ O	10024-97-2	50 ppm	
Nonane	all isomers	C ₉ H ₂₀	111-84-2	200 ppm	
Octachloronaphthalene		C ₁₀ Cl ₈	2234-13-1	0.1 mg/m ³	
Octane	all isomers	C ₈ H ₁₈	111-65-9	300 ppm	375 ppm
Osmium(VIII) oxide	[Osmium tetroxide]	O ₄ Os	20816-12-0	0.0002 ppm	0.0006 ppm
Oxalic acid		C ₂ H ₂ O ₄	144-62-7	1 mg/m ³	2 mg/m ³
2-Oxetanone	[β-Propiolactone]	C ₃ H ₄ O ₂	57-57-8	0.5 ppm	
Oxirane	[Ethylene oxide]	C ₂ H ₄ O	75-21-8	1 ppm	
Oxiranemethanol	[Glycidol]	C ₃ H ₆ O ₂	556-52-5	2 ppm	
4,4'-Oxybis(benzenesulfonyl hydrazide)		C ₁₂ H ₁₄ N ₄ O ₅ S ₂	80-51-3	0.1 mg/m ³	
Ozone	depends on workload	O ₃	10028-15-6	0.1 ppm	
Paraquat		C ₁₂ H ₁₄ N ₂	4685-14-7	0.5 mg/m ³	
Parathion		C ₁₀ H ₁₄ NO ₅ PS	56-38-2	0.05 mg/m ³	
Pentaborane(9)		B ₅ H ₉	19624-22-7	0.005 ppm	0.015 ppm
Pentachloronaphthalene	all isomers	C ₁₀ H ₃ Cl ₅	1321-64-8	0.5 mg/m ³	
Pentachloronitrobenzene		C ₆ Cl ₅ NO ₂	82-68-8	0.5 mg/m ³	
Pentachlorophenol		C ₆ HCl ₅ O	87-86-5	0.5 mg/m ³	
Pentaerythritol		C ₅ H ₁₂ O ₄	115-77-5	10 mg/m ³	
Pentanal	[Valeraldehyde]	C ₅ H ₁₀ O	110-62-3	50 ppm	
Pentane		C ₅ H ₁₂	109-66-0	600 ppm	750 ppm
Pentanedial	[Glutaraldehyde]	C ₅ H ₈ O ₂	111-30-8		C 0.05 ppm
3-Pentanol acetate		C ₇ H ₁₄ O ₂	620-11-1	50 ppm	100 ppm
2-Pentanone	[Methyl propyl ketone]	C ₅ H ₁₀ O	107-87-9	200 ppm	250 ppm
3-Pentanone	[Diethyl ketone]	C ₅ H ₁₀ O	96-22-0	200 ppm	300 ppm
Pentyl acetate	[Amyl acetate]	C ₇ H ₁₄ O ₂	628-63-7	50 ppm	100 ppm
sec-Pentyl acetate		C ₇ H ₁₄ O ₂	626-38-0	50 ppm	100 ppm
Perchloryl fluoride		ClFO ₃	7616-94-6	3 ppm	6 ppm
Perfluoroacetone	[Hexafluoroacetone]	C ₃ F ₆ O	684-16-2	0.1 ppm	
Perfluoroisobutene		C ₄ F ₈	382-21-8		C 0.01 ppm
Phenol		C ₆ H ₆ O	108-95-2	5 ppm	
10H-Phenothiazine	[Thiodiphenylamine]	C ₁₂ H ₉ NS	92-84-2	5 mg/m ³	
Phenylenediamine	all isomers	C ₆ H ₈ N ₂	25265-76-3	0.1 mg/m ³	
Phenyl glycidyl ether	[PGE]	C ₉ H ₁₀ O ₂	122-60-1	0.1 ppm	
Phenylhydrazine		C ₆ H ₈ N ₂	100-63-0	0.1 ppm	
Phenylphosphine		C ₆ H ₅ P	638-21-1		C 0.05 ppm
Phorate		C ₇ H ₁₇ O ₂ PS ₃	298-02-2	0.05 mg/m ³	0.2 mg/m ³
Phosphine		H ₃ P	7803-51-2	0.3 ppm	1 ppm
Phosphoric acid		H ₃ O ₄ P	7664-38-2	1 mg/m ³	3 mg/m ³
Phosphorus (yellow)	[White phosphorus]	P	7723-14-0	0.1 mg/m ³	
Phosphorus(III) chloride	[Phosphorus trichloride]	Cl ₃ P	7719-12-2	0.2 ppm	0.5 ppm
Phosphorus(V) chloride	[Phosphorus pentachloride]	Cl ₅ P	10026-13-8	0.1 ppm	
Phosphorus(V) sulfide		P ₂ S ₅	1314-80-3	1 mg/m ³	3 mg/m ³
Phosphoryl chloride	[Phosphorus(V) oxychloride]	Cl ₃ OP	10025-87-3	0.1 ppm	
Phthalic anhydride		C ₈ H ₄ O ₃	85-44-9	1 ppm	
Piperazine dihydrochloride		C ₄ H ₁₂ Cl ₂ N ₂	142-64-3	5 mg/m ³	
2-Pivaloyl-1,3-indandione	[Pindone]	C ₁₄ H ₁₄ O ₃	83-26-1	0.1 mg/m ³	
Platinum		Pt	7440-06-4	1 mg/m ³	
Platinum	soluble salts, as Pt	Pt	7440-06-4	0.002 mg/m ³	
Potassium hydroxide		HKO	1310-58-3		C 2 mg/m ³
Propanal	[Propionaldehyde]	C ₃ H ₆ O	123-38-6	20 ppm	
Propane		C ₃ H ₈	74-98-6	1000 ppm	
Propanoic acid		C ₃ H ₆ O ₂	79-09-4	10 ppm	
1-Propanol	[Propyl alcohol]	C ₃ H ₈ O	71-23-8	200 ppm	400 ppm
2-Propanol	[Isopropyl alcohol]	C ₃ H ₈ O	67-63-0	200 ppm	400 ppm

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
Propargyl alcohol	[2-Propyn-1-ol]	C ₃ H ₄ O	107-19-7	1 ppm	
Propoxur		C ₁₁ H ₁₅ NO ₃	114-26-1	0.5 mg/m ³	
Propyl acetate		C ₅ H ₁₀ O ₂	109-60-4	200 ppm	250 ppm
1,2-Propylene glycol dinitrate		C ₅ H ₆ N ₂ O ₆	6423-43-4	0.05 ppm	
Propyleneimine		C ₃ H ₇ N	75-55-8	2 ppm	
Propyl nitrate		C ₃ H ₇ NO ₃	627-13-4	25 ppm	40 ppm
Propyne	[Methylacetylene]	C ₃ H ₄	74-99-7	1000 ppm	
2-Pyridinamine	[2-Aminopyridine]	C ₅ H ₆ N ₂	504-29-0	0.5 ppm	
Pyridine		C ₅ H ₅ N	110-86-1	1 ppm	
Pyrocatechol	[Catechol]	C ₆ H ₆ O ₂	120-80-9	5 ppm	
Resorcinol	[1,3-Benzenediol]	C ₆ H ₆ O ₂	108-46-3	10 ppm	20 ppm
Rhodium	metal and insoluble compounds, as Rh	Rh	7440-16-6	1 mg/m ³	
Rhodium	soluble compounds, as Rh	Rh	7440-16-6	0.01 mg/m ³	
Ronnel		C ₈ H ₈ Cl ₃ O ₃ PS	299-84-3	10 mg/m ³	
Rotenone		C ₂₃ H ₂₂ O ₆	83-79-4	5 mg/m ³	
Selenium	element and compounds, as Se	Se	7782-49-2	0.2 mg/m ³	
Selenium hexafluoride		F ₆ Se	7783-79-1	0.05 ppm	
Sesone		C ₈ H ₇ Cl ₂ NaO ₅ S	136-78-7	10 mg/m ³	
Silane		H ₄ Si	7803-62-5	5 ppm	
Silicon		Si	7440-21-3	10 mg/m ³	
Silicon carbide		CSi	409-21-2	10 mg/m ³	
Silicon dioxide (α-quartz)		O ₂ Si	14808-60-7	0.05 mg/m ³	
Silicon dioxide (tridymite)		O ₂ Si	15468-32-3	0.05 mg/m ³	
Silicon dioxide (cristobalite)		O ₂ Si	14464-46-1	0.05 mg/m ³	
Silicon dioxide (vitreous)	[Fused silica]	O ₂ Si	60676-86-0	0.1 mg/m ³	
Silver		Ag	7440-22-4	0.1 mg/m ³	
Silver	soluble compounds, as Ag	Ag	7440-22-4	0.01 mg/m ³	
Sodium azide		N ₃ Na	26628-22-8		C 0.29 mg/m ³
Sodium fluoroacetate		C ₂ H ₂ FNaO ₂	62-74-8	0.05 mg/m ³	
Sodium hydrogen sulfite		HNaO ₃ S	7631-90-5	5 mg/m ³	
Sodium hydroxide		HNaO	1310-73-2		C 2 mg/m ³
Sodium metabisulfite		Na ₂ O ₃ S ₂	7681-57-4	5 mg/m ³	
Sodium pyrophosphate		Na ₄ O ₇ P ₂	7722-88-5	5 mg/m ³	
Sodium tetraborate decahydrate	[Borax]	B ₄ H ₂₀ Na ₂ O ₁₇	1303-96-4	5 mg/m ³	
Stibine		H ₃ Sb	7803-52-3	0.1 ppm	
Strontium chromate	as Cr	CrO ₄ Sr	7789-06-2	0.0005 mg/m ³	
Strychnine		C ₂₁ H ₂₂ N ₂ O ₂	57-24-9	0.15 mg/m ³	
Styrene	[Vinylbenzene]	C ₈ H ₈	100-42-5	20 ppm	40 ppm
Sucrose		C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	57-50-1	10 mg/m ³	
Sulfotep	[Tetraethyl thiodiphosphate; TEDP]	C ₈ H ₂₀ O ₅ P ₂ S ₂	3689-24-5	0.2 mg/m ³	
Sulfur chloride		Cl ₂ S ₂	10025-67-9		C 1 ppm
Sulfur decafluoride		F ₁₀ S ₂	5714-22-7		C 0.01 ppm
Sulfur dioxide		O ₂ S	7446-09-5	2 ppm	5 ppm
Sulfur hexafluoride		F ₆ S	2551-62-4	1000 ppm	
Sulfuric acid		H ₂ O ₄ S	7664-93-9	0.2 mg/m ³	
Sulfur tetrafluoride		F ₄ S	7783-60-0		C 0.1 ppm
Sulfuryl fluoride		F ₂ O ₂ S	2699-79-8	5 ppm	10 ppm
Sulprofos		C ₁₂ H ₁₉ O ₂ PS ₃	35400-43-2	1 mg/m ³	
Talc			14807-96-6	2 mg/m ³	
Tantalum	dust	Ta	7440-25-7	5 mg/m ³	
Tantalum(V) oxide	dust, as Ta	O ₅ Ta ₂	1314-61-0	5 mg/m ³	
Tellurium	and compounds, as Te (except H ₂ Te)	Te	13494-80-9	0.1 mg/m ³	
Tellurium hexafluoride		F ₆ Te	7783-80-4	0.02 ppm	
Terbufos		C ₉ H ₂₁ O ₂ PS ₃	13071-79-9	0.01 mg/m ³	
Terephthalic acid	[1,4-Benzenedicarboxylic acid]	C ₈ H ₆ O ₄	100-21-0	10 mg/m ³	
Terphenyl	all isomers	C ₁₈ H ₁₄	26140-60-3		5 mg/m ³
1,1,2,2-Tetrabromoethane	[Acetylene tetrabromide]	C ₂ H ₂ Br ₄	79-27-6	1 ppm	
Tetrabromomethane	[Carbon tetrabromide]	CBr ₄	558-13-4	0.1 ppm	0.3 ppm

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
1,1,1,2-Tetrachloro-2,2-difluoroethane		C ₂ Cl ₄ F ₂	76-11-9	500 ppm	
1,1,2,2-Tetrachloro-1,2-difluoroethane		C ₂ Cl ₄ F ₂	76-12-0	500 ppm	
1,1,2,2-Tetrachloroethane		C ₂ H ₂ Cl ₄	79-34-5	1 ppm	
Tetrachloroethene	[Perchloroethylene]	C ₂ Cl ₄	127-18-4	25 ppm	100 ppm
Tetrachloromethane	[Carbon tetrachloride]	CCl ₄	56-23-5	5 ppm	10 ppm
Tetrachloronaphthalene	all isomers	C ₁₀ H ₄ Cl ₄	1335-88-2	2 mg/m ³	
Tetraethyl lead	as Pb	C ₈ H ₂₀ Pb	78-00-2	0.1 mg/m ³	
Tetraethyl pyrophosphate	[TEPP]	C ₈ H ₂₀ O ₇ P ₂	107-49-3	0.05 mg/m ³	
Tetrafluoroethene		C ₂ F ₄	116-14-3	2 ppm	
Tetrahydrofuran	[Oxolane]	C ₄ H ₈ O	109-99-9	200 ppm	250 ppm
Tetramethyl lead	as Pb	C ₄ H ₁₂ Pb	75-74-1	0.15 mg/m ³	
Tetramethyl silicate		C ₄ H ₁₂ O ₄ Si	681-84-5	1 ppm	
Tetramethylsuccinonitrile		C ₈ H ₁₂ N ₂	3333-52-6	0.5 ppm	
Tetranitromethane		CN ₄ O ₈	509-14-8	0.005 ppm	
Thallium	and soluble compounds, as Tl	Tl	7440-28-0	0.1 mg/m ³	
4,4'-Thiobis(6- <i>tert</i> -butyl- <i>m</i> -cresol)		C ₂₂ H ₃₀ O ₂ S	96-69-5	10 mg/m ³	
Thioglycolic acid		C ₂ H ₄ O ₂ S	68-11-1	1 ppm	
Thionyl chloride		Cl ₂ OS	7719-09-7		C 1 ppm
Thiram		C ₆ H ₁₂ N ₂ S ₄	137-26-8	1 mg/m ³	
Tin		Sn	7440-31-5	2 mg/m ³	
Tin	inorganic compounds, as Sn	Sn	7440-31-5	2 mg/m ³	
Tin	organic compounds, as Sn	Sn	7440-31-5	0.1 mg/m ³	
Titanium(IV) oxide	[Titanium dioxide]	O ₂ Ti	13463-67-7	10 mg/m ³	
Toluene		C ₇ H ₈	108-88-3	50 ppm	
Toluene-2,4-diisocyanate		C ₉ H ₆ N ₂ O ₂	584-84-9	0.005 ppm	0.02 ppm
Toluene-2,6-diisocyanate		C ₉ H ₆ N ₂ O ₂	91-08-7	0.005 mg/m ³	0.02 ppm
1 <i>H</i> -1,2,4-Triazol-3-amine	[Amitrole]	C ₄ H ₄ N ₄	61-82-5	0.2 mg/m ³	
Tribromomethane	[Bromoform]	CHBr ₃	75-25-2	0.5 ppm	
Tributyl phosphate		C ₁₂ H ₂₇ O ₄ P	126-73-8	0.2 ppm	
Trichlorfon		C ₄ H ₈ Cl ₃ O ₄ P	52-68-6	1 mg/m ³	
Trichloroacetic acid		C ₂ HCl ₃ O ₂	76-03-9	1 ppm	
1,2,4-Trichlorobenzene		C ₆ H ₃ Cl ₃	120-82-1		C 5 ppm
1,1,1-Trichloroethane	[Methyl chloroform]	C ₂ H ₃ Cl ₃	71-55-6	350 ppm	450 ppm
1,1,2-Trichloroethane		C ₂ H ₃ Cl ₃	79-00-5	10 ppm	
Trichloroethene		C ₂ HCl ₃	79-01-6	50 ppm	100 ppm
Trichlorofluoromethane		CCl ₃ F	75-69-4		C 1000 ppm
Trichloromethane	[Chloroform]	CHCl ₃	67-66-3	10 ppm	
Trichloromethanesulfenyl chloride	[Perchloromethyl mercaptan]	CCl ₃ S	594-42-3	0.1 ppm	
(Trichloromethyl)benzene	[Benzotrichloride]	C ₆ H ₅ Cl ₃	98-07-7		C 0.1 ppm
Trichloronaphthalene	all isomers	C ₁₀ H ₅ Cl ₃	1321-65-9	5 mg/m ³	
Trichloronitromethane	[Chloropicrin]	CCl ₃ NO ₂	76-06-2	0.1 ppm	
2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid	[2,4,5-T]	C ₈ H ₅ Cl ₃ O ₃	93-76-5	10 mg/m ³	
1,2,3-Trichloropropane		C ₃ H ₅ Cl ₃	96-18-4	10 ppm	
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane		C ₂ Cl ₃ F ₃	76-13-1	1000 ppm	1250 ppm
Tri- <i>o</i> -cresyl phosphate		C ₂₁ H ₂₁ O ₄ P	78-30-8	0.1 mg/m ³	
Triethanolamine	[Tris(2-hydroxyethyl)amine]	C ₆ H ₁₅ NO ₃	102-71-6	5 mg/m ³	
Triethylamine		C ₆ H ₁₅ N	121-44-8	1 ppm	3 ppm
1,3,5-Triglycidyl- <i>s</i> -triazinetrione		C ₁₂ H ₁₅ N ₃ O ₆	2451-62-9	0.05 mg/m ³	
Triiodomethane	[Iodoform]	CHI ₃	75-47-8	0.6 ppm	
Trimellitic anhydride	[1,2,4-Benzenetricarboxylic anhydride]	C ₉ H ₄ O ₅	552-30-7		C 0.04 mg/m ³
Trimethylamine		C ₃ H ₉ N	75-50-3	5 ppm	15 ppm
Trimethylbenzene	all isomers	C ₉ H ₁₂	25551-13-7	25 ppm	
Trimethyl phosphite		C ₃ H ₉ O ₃ P	121-45-9	2 ppm	

Substance	Notes	Molecular formula	CAS Reg. No.	Time-weighted average	Short-term exposure limit
Trinitroglycerol	[Nitroglycerin; NG]	$C_3H_5N_3O_9$	55-63-0	0.05 ppm	
2,4,6-Trinitrophenol	[Picric acid]	$C_6H_3N_3O_7$	88-89-1	0.1 mg/m ³	
2,4,6-Trinitrotoluene	[TNT]	$C_7H_5N_3O_6$	118-96-7	0.1 mg/m ³	
Triphenylamine		$C_{18}H_{15}N$	603-34-9	5 mg/m ³	
Triphenyl phosphate		$C_{18}H_{15}O_4P$	115-86-6	3 mg/m ³	
Tungsten	metal and insoluble compounds, as W	W	7440-33-7	5 mg/m ³	10 mg/m ³
Tungsten	soluble compounds, as W	W	7440-33-7	1 mg/m ³	3 mg/m ³
Uranium	metal and compounds, as U	U	7440-61-1	0.2 mg/m ³	
Vanadium(V) oxide	dust or fume; [Vanadium pentoxide]	O_5V_2	1314-62-1	0.05 mg/m ³	
Vinyl acetate		$C_4H_6O_2$	108-05-4	10 ppm	15 ppm
4-Vinylcyclohexene		C_8H_{12}	100-40-3	0.1 ppm	
1-Vinyl-2-pyrrolidinone		C_6H_9NO	88-12-0	0.05 ppm	
Warfarin	[Coumadin]	$C_{19}H_{16}O_4$	81-81-2	0.1 mg/m ³	
Xylene	all isomers	C_8H_{10}	1330-20-7	100 ppm	150 ppm
Xylidine	all isomers	$C_8H_{11}N$	1300-73-8	0.5 ppm	
Yttrium	metal and compounds, as Y	Y	7440-65-5	1 mg/m ³	
Zinc chloride		Cl_2Zn	7646-85-7	1 mg/m ³	2 mg/m ³
Zinc chromate hydroxide	as Cr	$CrH_2O_6Zn_2$	13530-65-9	0.01 mg/m ³	
Zinc oxide		OZn	1314-13-2	2 mg/m ³	10 mg/m ³
Zirconium	metal and compounds, as Zr	Zr	7440-67-7	5 mg/m ³	10 mg/m ³

**ANEXO V - CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO
(DADOS DO INSTRUMENTO AEROCET 531 - MET ONE)**

Tabela 1 - Dados de concentração de material particulado na sala 26392 em função do tempo, empregando o contador AEROCET 531 da Met One.

Data	Tempo	MP 1,0	MP 2,5	MP 7,0	MP 10,0	MPT
dia/mês/ano	hh:mm:ss	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
29/10/2008	13:10:27	0	2	12	17	26
29/10/2008	13:12:27	0	2	13	18	25
29/10/2008	13:14:27	0	2	10	16	23
29/10/2008	13:16:27	0	2	9	13	25
29/10/2008	13:18:28	0	2	10	16	25
29/10/2008	13:20:28	0	2	11	16	24
29/10/2008	13:22:28	0	2	12	16	24
29/10/2008	13:24:28	0	2	9	14	22
29/10/2008	13:26:29	0	2	11	15	21
29/10/2008	13:28:29	0	2	9	14	21
29/10/2008	13:30:29	0	2	10	15	23
29/10/2008	13:32:29	0	2	10	14	22
29/10/2008	13:34:30	0	2	10	14	24
29/10/2008	13:36:30	0	2	11	16	22
29/10/2008	13:38:30	0	2	10	15	22
29/10/2008	13:40:30	0	2	10	15	20
29/10/2008	13:42:31	0	2	8	12	20
29/10/2008	13:44:31	0	2	9	14	19
29/10/2008	13:46:31	0	2	9	13	18
29/10/2008	13:48:31	0	1	12	18	29
29/10/2008	13:50:32	0	2	13	21	30
29/10/2008	13:52:32	0	2	12	18	28
29/10/2008	13:54:32	0	2	9	16	25
29/10/2008	13:56:32	0	2	10	18	26
29/10/2008	13:58:33	0	2	9	16	24
29/10/2008	14:00:33	0	2	11	17	25
29/10/2008	14:02:33	0	2	11	17	26
29/10/2008	14:04:33	0	2	12	17	25
29/10/2008	14:06:33	0	2	12	17	26
29/10/2008	14:08:34	0	2	12	18	28
29/10/2008	14:10:34	0	3	12	17	30
29/10/2008	14:12:34	0	3	12	20	31
29/10/2008	14:14:34	0	2	13	20	28
29/10/2008	14:16:35	0	3	16	22	32
29/10/2008	14:18:35	0	2	11	21	39
29/10/2008	14:20:35	0	2	19	27	42
29/10/2008	14:22:36	0	3	17	25	37
29/10/2008	14:24:36	0	2	13	21	33

Tabela 1 - Dados de concentração de material particulado na sala 26392 em função do tempo, empregando o contador AEROCET 531 da Met One (Continuação).

Data	Tempo	MP 1,0	MP 2,5	MP 7,0	MP 10,0	MPT
dia/mês/ano	hh:mm:ss	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
29/10/2008	14:26:36	0	3	14	36	85
29/10/2008	14:28:36	0	4	28	45	78
29/10/2008	14:30:37	0	5	34	47	76
29/10/2008	14:32:37	0	2	18	28	58
29/10/2008	14:34:37	0	3	18	28	50
29/10/2008	14:36:37	0	3	16	25	54
29/10/2008	14:38:37	0	3	13	21	38
29/10/2008	14:40:38	0	3	17	26	46
29/10/2008	14:42:38	0	2	15	25	38
29/10/2008	14:44:38	0	2	15	25	37
29/10/2008	14:46:38	0	3	17	24	36
29/10/2008	14:48:39	0	2	12	21	37
29/10/2008	14:50:39	0	3	16	25	38
29/10/2008	14:52:39	0	2	15	21	36
29/10/2008	14:54:39	0	1	27	40	64
29/10/2008	14:56:40	0	3	18	27	47
29/10/2008	14:58:40	0	2	16	27	44
29/10/2008	15:00:40	0	1	39	58	91
29/10/2008	15:02:40	0	3	15	27	52
29/10/2008	15:04:41	0	2	23	52	96
29/10/2008	15:06:41	0	3	59	99	173
29/10/2008	15:08:41	0	4	49	69	107
29/10/2008	15:10:41	0	4	37	55	77
29/10/2008	15:12:42	0	3	25	42	68
29/10/2008	15:14:42	0	3	19	30	51
29/10/2008	15:16:42	0	3	23	37	61
29/10/2008	15:18:42	0	3	24	38	67
29/10/2008	15:20:43	0	3	20	32	57
29/10/2008	15:22:43	0	3	23	34	55
29/10/2008	15:24:43	0	2	18	34	67
29/10/2008	15:26:43	0	3	23	36	57
29/10/2008	15:28:44	0	3	13	36	109
29/10/2008	15:30:44	0	3	20	31	52
29/10/2008	15:32:44	0	3	19	31	48
29/10/2008	15:34:44	0	2	20	35	51
29/10/2008	15:36:45	0	2	20	31	52
29/10/2008	15:38:45	0	3	12	17	107
29/10/2008	15:40:45	0	3	55	88	179
29/10/2008	15:42:45	0	3	48	78	155
29/10/2008	15:44:46	0	4	49	71	117
29/10/2008	15:46:46	0	3	29	47	91
29/10/2008	15:48:46	0	4	34	47	74
29/10/2008	15:50:46	0	3	24	39	65

Tabela 1 - Dados de concentração de material particulado na sala 26392 em função do tempo, empregando o contador AEROCET 531 da Met One (Continuação).

Data	Tempo	MP 1,0	MP 2,5	MP 7,0	MP 10,0	MPT
dia/mês/ano	hh:mm:ss	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
29/10/2008	15:52:47	0	3	12	23	88
29/10/2008	15:54:47	0	2	28	78	210
29/10/2008	15:56:47	0	2	44	90	193
29/10/2008	15:58:47	0	4	40	81	158
29/10/2008	16:00:48	0	3	30	68	178
29/10/2008	16:02:48	0	4	61	86	134
29/10/2008	16:04:48	0	3	25	42	66
29/10/2008	16:06:48	0	3	22	33	50
29/10/2008	16:08:49	0	2	17	29	42
29/10/2008	16:10:49	0	2	17	24	36
29/10/2008	16:12:49	0	2	8	16	48
29/10/2008	16:14:49	0	3	11	29	97
29/10/2008	16:16:50	0	1	13	60	234
29/10/2008	16:18:50	0	4	43	106	309
29/10/2008	16:20:50	0	5	58	108	225
29/10/2008	16:22:50	0	3	35	80	180
29/10/2008	16:24:51	0	4	46	69	115
29/10/2008	16:26:51	0	3	26	45	80
29/10/2008	16:28:51	0	3	19	33	54
29/10/2008	16:30:51	0	2	18	30	45
29/10/2008	16:32:52	0	2	17	24	34
29/10/2008	16:34:52	0	2	15	23	33
MÉDIA		0,00	2,55	20,22	34,09	64,47