

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

Maria Cristina Bahia Wutke

**DESINFECÇÃO DO AR EM AMBIENTES CONFINADOS PELA
AÇÃO COMBINADA DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E LUZ
ULTRAVIOLETA (TiO₂/UV)**

**Campinas
2006**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

Maria Cristina Bahia Wutke

**DESINFECÇÃO DO AR EM AMBIENTES CONFINADOS PELA
AÇÃO COMBINADA DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E LUZ
ULTRAVIOLETA (TiO₂/UV)**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Saneamento e Ambiente

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Roberto Siviero
Co-orientador: Prof. Dr. José Roberto Guimarães**

**Campinas
2006**

Atesto que esta é a versão definitiva da
dissertação/tese.

Prof. Dr. Antonio Roberto Siviero

Matricula 016713 - 12/12/06

i

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

W969d Wutke, Maria Cristina Bahia
Desinfecção do ar em ambientes confinados pela ação
combinada de dióxido de titânio e luz ultravioleta
(TiO₂/UV) / Maria Cristina Bahia Wutke.--Campinas,
SP: [s.n.], 2006.

Orientadores: Antonio Roberto Siviero, José Roberto
Guimarães

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

1. Ar-Microbiologia. 2. Fungos. 3. Bactérias. 4.
Fotocatálise. 5. Catalise heterogênea. I. Siviero,
Antonio Roberto. II. Guimarães, José Roberto. III.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

Titulo em Inglês: Air disinfection in restricted environments by combining
action of titanium and ultraviolet light (TiO₂/UV)

Palavras-chave em Inglês: Air microbiology, Fungus, Bacteria,
Heterogeneous photocatalysis

Área de concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Pedro Sérgio Fadini, Cassiana Maria Reganhan
Coneglian

Data da defesa: 30/08/2006

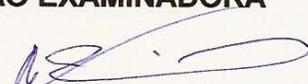
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

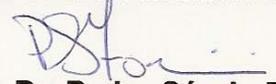
Maria Cristina Bahia Wutke

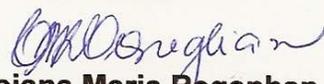
**DESINFECÇÃO DO AR EM AMBIENTES CONFINADOS PELA
AÇÃO COMBINADA DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E LUZ
ULTRAVIOLETA (TiO₂/UV)**

Dissertação apresentada à Comissão de pós-graduação Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Saneamento e Ambiente

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof. Dr. Antonio Roberto Siviero
Presidente e Orientador/ Unicamp


Prof. Dr. Pedro Sérgio Fadini
PUC-Campinas


Prof.ª. Dra. Cassiana Maria Reganhan Coneglian
Unicamp

Campinas, 30 de agosto de 2006

Dedicatória

Aos meus pais Margarida Maria e Antônio Carlos, às minhas irmãs Elaine e Ana Cláudia, ao meu cunhado Luiz Egydio, aos meus sobrinhos Júlia e Otávio, o meu amor, reconhecimento e gratidão.

"In memorium" dedico este trabalho aos meus avós maternos Natividade e Francisco e avós paternos Benedicta e Octávio.

Agradecimentos

Ao professor Dr. Antonio Roberto Siviero, pela orientação e apoio;

Ao professor Dr. José Roberto Guimarães, pela co-orientação e apoio;

Ao professor Dr. Edson Aparecido Abdul Nour, pela permissão de utilização do Laboratório de Saneamento - LABSAN da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, para a realização deste trabalho;

Ao técnico do Laboratório de Saneamento-LABSAN, Enelton Fagnani, pela atenção e apoio;

Ao técnico do Laboratório de Saneamento-LABSAN, Marco Aurélio Gattamorta, um agradecimento especial pela colaboração, apoio, incentivo e atenção;

Aos alunos pós-graduandos do Laboratório de Química Ambiental, Nívea Cristina C. Guedes, Cassiana C. Montagner e, em especial, ao Matheus P. Paschoalino, pelo auxílio e gentileza na elaboração da solução de TiO_2 e impregnação dos filmes plásticos;

À amiga Julieta Alciati, companheira de muitas horas de estudo durante o Curso de Pós-graduação, pelo apoio e amizade;

Ao engenheiro-agrônomo e pesquisador científico do Instituto Agrônomo – IAC, Armando Conagin, um agradecimento especial pela amizade e orientação valiosa nas análises estatísticas deste trabalho;

Ao engenheiro-agrônomo e pesquisador científico do Instituto Agrônomo-IAC, Hipólito A.A.Mascarenhas, pelo auxílio na correção do Abstract;

À pesquisadora da Embrapa, comissionada no Instituto Agrônomo-IAC, Mirian Perez Maluf, pelo auxílio na correção do Abstract;

À bióloga e amiga Lúcia Pedroso da Cruz, pela amizade, carinho e colaboração na realização deste trabalho;

À bióloga e amiga Maria José Junqueira, pela amizade e incentivo na realização deste trabalho;

Ao biólogo e professor André Roberto de Arruda Corrêa, um especial agradecimento pelo auxílio, carinho e amizade na confecção do reator fotocatalítico;

À minha mãe Margarida Maria, professora, e ao meu pai Antônio Carlos, engenheiro-agrônomo e pesquisador científico do Instituto Agronômico-IAC, pelo amor, apoio e auxílio irrestritos, fundamentais à realização deste trabalho;

À engenheira-agrônoma e pesquisadora científica do Instituto Agronômico-IAC, Elaine, irmã e amiga, pelo apoio e carinho na revisão deste trabalho;

Às funcionárias da secretaria de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, Paula Mendes e Noemia Eiko Aquimoto, pela constante atenção, gentileza e presteza;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

*Lutar é vida, o essencial é lutar para o bem. A constância é uma virtude. Os elementos representando a **Sabedoria**, a **Força** e a **Beleza** são o complemento de tudo, pois que a Sabedoria inventa, a Força sustenta e a Beleza adorna. Com essa perfeita harmonia constituímos o equilíbrio social. E, em demanda com tais fatores, transpomos montanhas”.*

A LEI DOS FERROVIÁRIOS – CARTA OPORTUNA
Carlos Wutke (15/12/1927)

Resumo

WUTKE, Maria Cristina Bahia Wutke. **Desinfecção do ar em ambientes confinados pela ação combinada de dióxido de titânio e luz ultravioleta (TiO₂/UV)**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP, 2006. 83p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, 2006.

O crescimento populacional e o desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos com os quais se procura viabilizar mais qualidade de vida, podem muitas vezes contribuir para o aumento da produção de agentes poluentes e da proliferação de agentes patogênicos. As doenças respiratórias no Brasil têm sido importante causa de preocupação e de internações hospitalares. Diversos processos bioquímicos têm sido pesquisados e aplicados no tratamento e desinfecção do ar. A fotocatalise heterogênea com dióxido de titânio (TiO₂/UV) é um dos processos oxidativos avançados, utilizados devido às suas inúmeras vantagens em sua aplicação: mais eficiência a longo prazo, produção de resíduos com menor toxicidade e alta potencialidade de aplicação com baixo custo. No presente trabalho confeccionou-se um reator fotocatalítico para coletas e tratamento de amostras do ar ambiente de laboratório de Saneamento da UNICAMP, em Campinas, SP, de 19 de junho a 28 de julho de 2006. Trabalhou-se com um total de 540 placas de Petri, em dois experimentos, com tratamentos distintos entre si, em períodos matutinos, vespertinos e noturnos, sendo utilizadas 135 placas com o meio de cultivo Ágar Infusão Cérebro Coração - BHI para bactérias e outras 135 com o meio de cultivo Saboraud Dextrose para fungos, por experimento. Em cada experimento as amostras foram submetidas a quatro sistemas de desinfecção - S1: coleta de ar do interior do reator sem TiO₂/UV, S2: coleta de ar do interior do reator com uma luz UV e sem TiO₂ e S3: coleta de ar do

interior do reator com duas luzes UV e sem TiO_2 , no experimento 1 e S5: coleta de ar do interior do reator com TiO_2 e sem luz UV, S6: coleta de ar do interior do reator com TiO_2 e uma luz UV e S7: coleta de ar do interior do reator com TiO_2 e duas luzes UV no experimento 2, submetidos a três tempos de coleta de ar – 1, 2 e 3 minutos (t_1 , t_2 e t_3), com 15 repetições (R) por sistema. Para os dados referentes às colônias de bactérias foram utilizados testes de qui-quadrado, para frequências, e o teste não paramétrico ‘de Friedman’, nos níveis de 1% e 5% de significância. Aqueles relativos às colônias de fungos foram analisados por teste paramétrico, com análise de variância e testes de diferenças entre médias, com transformação prévia dos dados em \sqrt{N} , e comparação de médias pelos testes de t e Tukey, ao nível de 5% de significância. O processo de desinfecção de bactérias do ar ambiente é mais eficiente com a utilização de uma ou duas lâmpadas UV-C no interior do reator, sendo necessários, entretanto, 1 e 3 minutos de exposição quando utilizados no sistema, os processos de fotocatalise heterogênea (com TiO_2) e de fotólise (sem TiO_2), respectivamente. Em relação à desinfecção de fungos, o tempo de 1 minuto é eficiente tanto sem quanto com a utilização de TiO_2 no interior do reator, constatando-se ação germicida com uma ou duas lâmpadas UV-C. O processo de fotocatalise heterogênea (TiO_2/UV) é um método efetivo na desinfecção adequada de microrganismos – fungos e bactérias, presentes no ar de ambiente confinado laboratorial, por tempo de exposição de 1 minuto com uma ou duas lâmpadas UV-C.

Palavras Chave: microbiologia do ar; fungos; bactérias; fotocatalise heterogênea

Abstract

WUTKE, Maria Cristina Bahia Wutke. **Air disinfection in restricted environments by combining action of titanium dioxide and ultraviolet light (TiO₂/UV)**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP, 2006. 83p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, 2006.

The populational growth and development of new technologies and equipments to improve quality of life can many times contribute to an increase of pollutant agents and the proliferation of pathogenic ones. Respiratory-tract diseases in Brazil have been an important cause of concern and hospitable internations. Several biochemical processes are under research and applied for air treatment and disinfection. Heterogeneous photocatalysis with titanium dioxide (TiO₂/UV) is one of the advanced oxidatives process utilized due to several advantages of application: more efficiency on long term basis, production of lower toxicity residues and high potencial at low cost of application. In this study a photocatalytic reactor was elaborated for collecting and treating environmental air samples from the Sanitization Laboratory located at UNICAMP, in Campinas, SP, from June 19th to July 28th of 2006. A total of 540 Petri dishes were analyzed in two different experiments, during morning, afternoon and night periods. At each experiment were utilized 135 dishes with culture media of Brain Heart Infusion Agar - BHI for bacteria and 135 other ones with Sabouraud Dextrosis culture media for fungus. At each experiment the samples were submitted to four disinfection systems. In the Experiment 1 they were - S1: air collected from inside the reactor without TiO₂/UV, S2: air collected from inside the reactor with one UV light and without TiO₂ and S3: air collected from inside the reactor with two UV lights and without TiO₂. In the Experiment 2 they were - S5: air collected from inside the reactor with TiO₂ and without UV light, S6: air collected from inside the reactor with TiO₂ and one UV light

and S7: air collected from inside the reactor with TiO_2 and two UV lights. Air samples were collected at – 1, 2 and 3 minutes (t_1 , t_2 and t_3) time intervals for each experiment, with 15 replications (R) for each system. Bacteria colonies data were analyzed using qui-square tests for frequencies and non-parametric test of 'Friedman' at the levels of 1% and 5% of significance. Results from fungus colonies were analyzed by parametric test, with analysis of variance and tests of differences between average values, with previous transformation of data into \sqrt{N} . Average data were compared by tests t and Tukey at the level of 5% of significance. Bacteria disinfection process of surrounding air is more efficient by using one or two UV-C lights inside the reactor with 1 and 3 minutes of exposition when are used heterogeneous photocatalysis (with TiO_2) and photolysis (without TiO_2) processes respectively. One minute time of exposition, with or without TiO_2 inside the reactor is efficient for fungus removal, and germicide action was observed using one or two UV-C lights. The heterogeneous photocatalysis process (TiO_2/UV) is an effective method for appropriate disinfection of microorganisms - fungus and bacteria, detected in the air of a restricted environmental from a laboratory, during one minute of exposition, with one or two UV-C lights.

Index therms: air microbiology; fungus; bacteria; heterogeneous photocatalysis

LISTA DE FIGURAS

	página
FIGURA 1 Esquema representativo da partícula de um semi-condutor. BV: banda de valência; BC: banda de condução	07
FIGURA 2 Cella unitária de TiO ₂ : a – rutilo e b – anatase	09
FIGURA 3 Interior da câmara de fluxo com as baterias de placas de Petri para tratamento das amostras de ar	21
FIGURA 4 Placa de Petri com válvula de controle e isolamento do ar ambiente e mangueira de Poliuretano 10 mm x 7 mm	21
FIGURA 5 Placa de Petri na saída do reator fotocatalítico	22
FIGURA 6 Reator Fotocatalítico	23
FIGURA 7 Interior do reator fotocatalítico sem as lâminas de filme PPC impregnadas com TiO ₂	23
FIGURA 8 Interior do reator fotocatalítico com lâminas de filme PPC impregnadas com TiO ₂	23
FIGURA 9 Interior do reator fotocatalítico com lâminas de filme PPC impregnadas com TiO ₂	24
FIGURA 10 Interior do reator fotocatalítico com lâminas de filme PPC impregnadas com TiO ₂	24
FIGURA 11 Placas de Petri referentes aos três sistemas de desinfecção de bactérias no Experimento 1	72
FIGURA 12 Placas de Petri referentes aos três sistemas de desinfecção de bactérias no Experimento 2	72
FIGURA 13 Placas de Petri referentes aos três sistemas de desinfecção de fungos no Experimento 1	73

FIGURA 14 Placas de Petri referentes aos três sistemas de desinfecção de fungos no Experimento 2 73

LISTA DE TABELAS

	página
TABELA 1 Espécies de bactérias patogênicas veiculadas pelo ar e doenças associadas.....	16
TABELA 2 Espécies de fungos patogênicos veiculadas pelo ar, doenças associadas e 'habitat'.....	17

LISTA DE QUADROS

	página
QUADRO 1 Processos oxidativos avançados (POA) - sistemas homogêneos e heterogêneos	05
QUADRO 2 Número das UFC de bactérias.m ⁻³ de ar para os 9 tratamentos (T) distribuídos em 15 repetições (R)	29
QUADRO 3 Valores dos “ranks” correspondentes ao número de bactérias dos 9 tratamentos referentes ao Quadro 2	30
QUADRO 4 Número das UFC de bactérias.m ⁻³ de ar de três tratamentos(T) relativos aos 3 sistemas(S) de desinfecção no tempo 1 (t ₁)distribuídos em 15 repetições (R)	31
QUADRO 5 Análise dos “ranks” correspondentes ao número de bactérias do Quadro 4	31
QUADRO 6 Número das UFC de bactérias.m ⁻³ de ar, relativo a três tratamentos(T) e 3 sistemas(S) de desinfecção no tempo 2 (t ₂), distribuídos em 15 repetições (R)	32
QUADRO 7 Análise dos “ranks” correspondentes ao número de bactérias.m ⁻³ do Quadro 6	32
QUADRO 8 Número das UFC de bactérias.m ⁻³ de ar referente a três tratamentos (T) e 3 sistemas(S) de desinfecção no tempo 3 (t ₃), distribuídos em 15 repetições (R)	32
QUADRO 9 Análise dos “ranks” correspondente ao número de bactérias do Quadro 8	33
QUADRO 10 Número das UFC de bactérias.m ⁻³ de ar para os 9 tratamentos (T) distribuídos em 15 repetições (R)	33
QUADRO 11 Valores dos “ranks” correspondentes ao número de bactérias dos 9 tratamentos referentes ao Quadro 10	34

QUADRO 12 Número das UFC de bactérias.m ⁻³ de ar de três tratamentos(T) relativos aos 3 sistemas(S) de desinfecção no tempo 1 (t ₁)distribuídos em 15 repetições (R)	34
QUADRO 13 Análise dos “ranks” correspondente ao número de bactérias do Quadro 12	35
QUADRO 14 Número das UFC de bactérias.m ⁻³ de ar de três tratamentos(T) relativos aos 3 sistemas(S) de desinfecção no tempo 2 (t ₂), distribuídos em 15 repetições (R)	35
QUADRO 15 Análise dos “ranks” correspondente ao número de bactérias do Quadro 14	35
QUADRO 16 Número das UFC de bactérias.m ⁻³ de ar de três tratamentos(T) relativos aos 3 sistemas(S) de desinfecção no tempo 3 (t ₃)distribuídos em 15 repetições	36
QUADRO 17 Análise dos “ranks” correspondente ao número de bactérias do Quadro 16	36
QUADRO 18 Número de UFC de fungos.m ⁻³ de ar para os 9 tratamentos (T) distribuídos em 15 repetições (R)	37
QUADRO 19 Valores da transformação \sqrt{N} , correspondente ao número de fungos dos 9 tratamentos referentes ao Quadro 18	37
QUADRO 20 Análise de variância do número de UFC de fungos.m ⁻³ de ar e o efeito entre 9 tratamentos, considerando a interação entre os sistemas e os tempos	38
QUADRO 21 Análise das diferenças entre as médias dos três sistemas pelo teste de T e de Tukey	38
QUADRO 22 Análise dos dados referentes aos três tempos (t ₁ , t ₂ e t ₃) diferenciais de coleta das amostras de ar, realizada pelo teste T e de Tukey....	39
QUADRO 23 Valores médios de UFC de fungos.m ⁻³ de ar, com respectivas letras.de significância nos testes de T e Tukey	39
QUADRO 24 Número médio de UFC de fungos.m ⁻³ entre os sistemas S ₁ , S ₂ e S ₃ , no experimento 1 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 1 (t ₁), sendo S1 o controle.....	40

QUADRO 25 Número médio de UFC de fungos.m ⁻³ entre os sistemas S ₁ , S ₂ e S ₃ , no experimento 1 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 2 (t ₂), sendo S1 o controle.....	40
QUADRO 26 Número médio de UFC de fungos.m ⁻³ entre os sistemas S ₁ , S ₂ e S ₃ , no experimento 1 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 3 (t ₃), sendo S1 o controle.....	40
QUADRO 27 Número de colônias UFC de fungos.m ⁻³ nos nove tratamentos (T) distribuídos em 15 repetições (R).....	41
QUADRO 28 Valores transformados em \sqrt{N} das UFC de bactérias.m ⁻³ no ar ambiente, nos nove tratamentos referentes ao Quadro 27.....	41
QUADRO 29 Análise de variância do número de UFC de fungos.m ⁻³ de ar para nove tratamentos, considerando interação entre sistemas e tempos.....	42
QUADRO 30 Análise das diferenças entre as médias dos três sistemas pelo testes T e Tukey.....	42
QUADRO 31 Análise dos dados referentes aos três tempos (t ₁ , t ₂ e t ₃) diferenciais de coleta das amostras de ar, utilizando-se testes T e Tukey.....	43
QUADRO 32 Valores médios de UFC de fungos.m ⁻³ de ar, com respectivas letras.de significância nos testes de T e Tukey	43
QUADRO 33 Número médio de UFC de fungos.m ⁻³ entre os sistemas S ₄ , S ₅ e S ₆ , no experimento 2 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 1 (t ₁), sendo S1 o controle.....	44
QUADRO 34 Número médio de UFC de fungos.m ⁻³ entre os sistemas S ₄ , S ₅ e S ₆ , no experimento 2 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 2 (t ₂), sendo S1 o controle.....	44
QUADRO 35 Número médio de UFC de fungos.m ⁻³ entre os sistemas S ₄ , S ₅ e S ₆ , no experimento 2 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 3 (t ₃), sendo S1 o controle.....	45

SUMÁRIO

	página
1	INTRODUÇÃO..... 01
2.	OBJETIVOS..... 03
2.1	Objetivo Geral..... 03
2.2	Objetivos específicos..... 03
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 04
3.1	Processos Oxidativos Avançados (POA)..... 04
3.2	Fotocatálise heterogênea (FH)..... 05
3.3	Dióxido de Titânio (TiO₂)..... 08
3.3.1	Introdução..... 08
3.3.2	Formas alotrópicas..... 08
3.3.3	Propriedade física, química e biológica..... 09
3.4	Caracterização e efeitos da luz germicida UV..... 09
3.5	Qualidade do ar em ambientes confinados..... 10
3.6	Microrganismos do ar..... 13
3.6.1	Bactérias transmitidas pelo ar..... 16
3.6.2	Fungos transmitidos pelo ar..... 17
3.7	Legislação sobre a qualidade do ar em ambientes confinados..... 17
4	MATERIAL E MÉTODO..... 18

4.1	Local e período de coleta do ar atmosférico.....	18
4.2	Material.....	19
4.3	Método.....	20
4.4	Análise estatística.....	25
5	RESULTADOS	28
5.1	Avaliação quantitativa das unidades formadoras de colônias de bactérias (UFC.m ⁻³)	29
5.1.1	Experimento 1.....	29
5.1.2	Experimento 2.....	33
5.2	Avaliação quantitativa das unidades formadoras de colônias de fungos (UFC.m ⁻³)	36
5.2.1	Experimento 1.....	36
5.2.2	Experimento 2.....	41
6	DISCUSSÃO.....	46
6.1	Eficiência dos sistemas de desinfecção nas UFC de bactérias por m ⁻³ nos experimentos 1 e 2.....	46
6.2	Eficiência dos sistemas de desinfecção nas UFC de fungos por m ⁻³ nos experimentos 1 e 2.....	48
7	CONCLUSÕES.....	50
8	REFERÊNCIAS.....	51
ANEXOS	57
ANEXO 1	PIGMENTO DIÓXIDO DE TITÂNIO.....	58
ANEXO 2	Resolução - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003.....	63
ANEXO 3	Placas de Petri com bactérias no Experimento 1 e 2.....	72
ANEXO 4	Placas de Petri com fungos no Experimento 1 e 2.....	73

1 Introdução

O crescimento populacional e o desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos com os quais se procura viabilizar mais qualidade de vida, podem muitas vezes contribuir para o aumento da produção de agentes poluentes e da proliferação de agentes patogênicos. Tem sido crescente a preocupação mundial com a poluição ambiental e o futuro, quando tecnologia, atividades industriais e qualidade de vida possam coexistir em harmonia (FUJISHIMA et al., 1999).

O descaso com questões de saúde pública, saneamento, vigilância sanitária e epidemiológica, têm dificultado medidas preventivas e contribuído na proliferação de microrganismos patogênicos presentes no ar e, muitas vezes, de difícil controle.

O período do ano, durante os meses onde a temperatura e a umidade relativa do ar caem bruscamente, propicia o crescimento e a proliferação dos microrganismos presentes no ar, sendo muitos de ação patogênica.

As doenças respiratórias no Brasil têm sido importante causa de preocupação e de internações hospitalares. Casos de internação por pneumonia em pacientes do Sistema Único de Saúde (SUS) na região nordeste do Rio Grande do Sul, foram relatados por Godoy et. al. (2001), onde a incidência de doenças microbianas é elevada neste período de clima mais frio e seco, assim como abordou Francisco et. al. (2004), em seu trabalho, casos de internação e óbito por doenças respiratórias, entre os idosos. Os hospitais tornam-se assim, focos expressivos de contaminação, podendo possivelmente apresentar problemas com infecção hospitalar.

No Brasil, dentro dos hospitais, ocorre a separação por áreas hospitalares e classificadas de acordo com o potencial de risco para infecção hospitalar – áreas não críticas: escritórios e almoxarifados; áreas semicríticas: enfermarias e ambulatórios, que

não exigem cuidados intensivos ou contagiosos e áreas críticas: com risco potencial para infecção (BRASIL, 1985).

Os hospitais quando climatizados, com temperatura e umidade do ar controlados com o objetivo de propiciar maior conforto térmico, podem comprometer a qualidade do ar e representar fator de risco com relação às infecções hospitalares. Vários microrganismos potencialmente patogênicos – como os que representam os gêneros: *Aspergillus*, *Legionella*, *Acinetobacter*, *Clostridium* e *Nocardia*, foram encontrados em aparelhos de ar condicionado, representando preocupação e necessidade de medidas preventivas de controle e manutenção para com a qualidade do ar em ambientes hospitalares (AFONSO et. al., 2004).

Diversos processos bioquímicos têm sido pesquisados e aplicados no tratamento e desinfecção de diferentes meios, como efluentes, esgotos, águas subterrâneas, solo e ar. A fotocatalise heterogênea com dióxido de titânio (TiO_2/UV) é um dos processos oxidativos avançados – POA, utilizados por suas inúmeras vantagens em sua aplicação: mais eficiência a longo prazo, produção de resíduos com menor toxicidade e elevada potencialidade de aplicação com baixo custo. Experimentos como o de KONDO et. al. (2003) e PASCHOALINO (2006), demonstram a possibilidade de esterilização do ar, pelo processo da Fotocatalise heterogênea com TiO_2/UV , utilizando fotoreatores.

Sabendo-se da ação efetiva da oxidação do sistema TiO_2/UV no tratamento de compostos orgânicos nas fases aquosa e gasosa, espera-se, com este trabalho, uma contribuição à aplicação do método fotocatalítico com TiO_2 na esterilização do ar de ambientes confinados e de possíveis agentes patogênicos.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi a avaliação da eficiência de um dos processos oxidativos avançados - POA, qual seja o tratamento com fotocatalise heterogênea (TiO_2/UV), na redução de microrganismos do ar, em locais confinados e possivelmente contaminados por agentes patogênicos.

2.2 Objetivos Específicos

- confecção de um equipamento, denominado “reator fotocatalítico” para desinfecção do ar;
- redução dos microrganismos presentes no ar aspirado pelo reator;
- quantificação de fungos e bactérias em amostras do ar atmosférico aspirado pelo reator, submetido ao controle dentro e fora do mesmo; à ação de luz germicida UV; à ação do TiO_2 sem ação da luz UV e à fotocatalise heterogênea (TiO_2/UV); e,
- avaliar a eficiência do reator fotocatalítico em tempos menores e similares aos normalmente despendidos em secadores de mão manuais, em locais públicos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Processos Oxidativos Avançados (POA)

Atualmente, tem sido efetiva a utilização dos chamados processos avançados de oxidação – POA, na desinfecção da água e do ar, com ação na destruição dos microrganismos patogênicos presentes nesses meios, tais como: bactérias, fungos, vírus e ácaros.

A diferença dos POA como técnicas alternativas de desinfecção, com relação aos outros processos, é a capacidade de reação em diferentes sistemas, gerando-se radicais hidroxila ($\cdot\text{OH}$) de elevadas propriedades oxidantes e de reatividade com grande diversidade de compostos orgânicos (DOMENÈCH et. al., 2001). São também consideradas tecnologias 'limpas' quando comparadas aos outros sistemas de desinfecção, devido à capacidade de realização de completa mineralização em muitas situações, com conseqüente desativação e transformação dos poluentes orgânicos em dióxido de carbono, água e íons inorgânicos - não tóxicos ou menos tóxicos, mas com possibilidades de tratamento (SURI et al., 1993).

Segundo Alberici (1996), os POA podem ser classificados em dois grandes grupos, como apresentado no Quadro1.

Quadro 1: Processos oxidativos avançados (POA) - sistemas homogêneos e heterogêneos.

Sistemas	Sem irradiação	Com irradiação
Homogêneos	O_3/H_2O_2	O^3/UV
	O_3/OH^{\cdot}	H_2O_2/UV
	H_2O_2/Fe_2^+	$O_3/H_2O_2/UV$
	-	UV/vácuo
	-	$H_2O_2/Fe_2^+/UV$
Heterogêneos	Elétron-fenton	Semicondutor/UV
	-	Semicondutor/ H_2O_2/UV

Fonte: Huang et al., 1993

3.2 Fotocatálise Heterogênea (FH)

O processo da fotocatálise heterogênea - FH é um dos POA com capacidade de produção de radicais hidroxila (OH^{\cdot}), resultado da ativação de um semicondutor, pela irradiação de luz solar ou artificial. Ocorre a transferência de um elétron da banda de valência para a banda de condução, formando-se um par elétron/lacuna na sua superfície (KONDO et al., 2003).

Vários são os semicondutores ativados por irradiação UV, geralmente óxidos de metais de transição; como por exemplo: sulfeto de cádmio (Cds), óxido de zinco (ZnO), trióxido de tungstênio (WO_3), sulfeto de zinco (ZnS), trióxido de ferro (FeO_3) e dióxido de titânio (TiO_2), sendo o TiO_2 o mais utilizado (Alberici e Jardim, 1997) e motivo de vários trabalhos nos quais se demonstrou a ação bactericida na desinfecção do ar e da água (SÁNCHEZ et al., 2001).

Nos anos 70 foram realizadas as primeiras pesquisas com FH, tendo por objetivo a produção de combustíveis mais econômicos. Nesse sentido, em 1972 foram desenvolvidos trabalhos científicos com a transformação de energia solar em energia química, sendo promovida, em células fotoeletroquímicas irradiadas, a oxidação da água em suspensão de TiO_2 , gerando-se hidrogênio e oxigênio (FUJISHIMA e HONDA, 1972).

Nos primeiros trabalhos de descontaminação por fotocatálise foi demonstrada a total desativação por mineralização do clorofórmio e do tricloroetileno e transformação

em íons inorgânicos, quando submetidos à ação da luz UV em suspensão de TiO_2 (PRUDEN e OLLIS, 1983). Assim, como a FH tem apresentado grande potencial de ação como método de destruição efetivo, a pesquisa na área de FH por todo o mundo tem sido de interesse para muitos grupos de pesquisa.

Estudos com a possibilidade da ação da FH, utilizando-se TiO_2/UV na desinfecção sanitária para a inativação de microrganismos, já eram realizados em 1986 por Matthews, sendo posteriormente efetivadas as pesquisas para a desinfecção de esgotos sanitários e de águas de abastecimento (IRELAND et al., 1993).

Dentre os catalisadores testados, o que mais apresentou “alta estabilidade, bom desempenho e baixo custo”, foi o dióxido de titânio na forma cristalina anatase (ANDREOZZI et al., 1999).

O processo da fotocatalise heterogênea com TiO_2 consiste na reação de decomposição na presença do oxigênio, com ação catalítica da energia da luz UV no TiO_2 , promovendo-se oxidação e diminuição da excitabilidade dos elétrons. Como o TiO_2 é um semicondutor, ocorre a separação entre as bandas de valência (BV) e as de condução (BC), sendo a diferença dos níveis de energia entre as duas bandas, denominada ‘bandgap’, que para o TiO_2 é de 3,2 V (PRUDEN e OLLIS, 1983). Com a geração de excitabilidade com energia igual ou superior ao “bandgap”, os elétrons da banda BV são promovidos para a banda BC, produzindo-se elétrons na BC e lacunas positivas na BV (SMART e MOORE, 1992), conforme ilustrado na Figura 1. As lacunas positivas são fortes agentes oxidantes responsáveis pela degradação de matéria orgânica. A ativação do TiO_2 pode ser realizada com a ação de uma lâmpada “black light”, cuja emissão de irradiação UV não é superior a 365 nm.

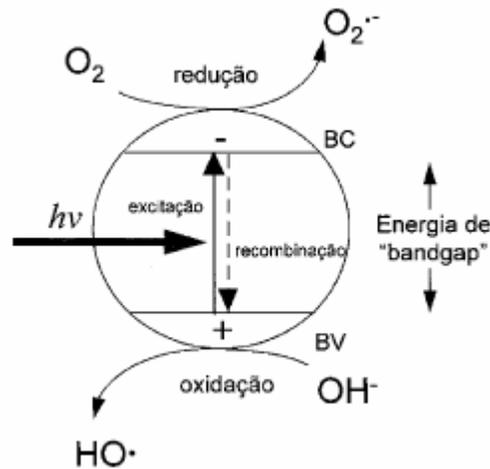


Figura 1: Esquema representativo da partícula de um semicondutor. BV: banda de valência; BC: banda de condução. Fonte: Nogueira e Jardim, 1998.

Em muitos órgãos de pesquisa têm sido realizadas aplicações da FH com TiO_2 na desinfecção de microrganismos presentes no ar. A Nasa é uma das agências que têm pesquisas para a aplicação do processo na desinfecção em tubulações de condicionamento de ar de ambientes interiores que possam estar contaminados com *Anthrax*, considerando-se uma possível guerra biológica, dados os atentados terroristas recentes. Para esse fim, têm sido adaptados aparelhos de Bio-KES, normalmente utilizados na remoção de gás etileno e desativação de ácaros da poeira em estufas, como adequados desinfetantes do ar para ambientes confinados (PHILLIPS, 2002).

Segundo Fujishima et. al. (1999), nas pesquisas com ação germicida em que se utiliza um dos métodos POA, a FH (TiO_2/UV) já é efetivamente aplicada em azulejos de banheiros e de salas cirúrgicas, em placas de sinalização de estradas e em túneis de auto-estradas, impregnados com TiO_2 e irradiados com UV natural do sol ou de lâmpadas germicidas.

Com o Programa Íbero-Americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento (CYTED), estabelecido em 1984 e integrado pelos seguintes países: Brasil, Argentina, Colômbia, Cuba, Chile, Espanha, México, Panamá, Peru e Uruguai, os POA's têm sido amplamente discutidos. No Brasil já foram realizados dois Encontros Sobre Aplicações Ambientais de Processos Oxidativos Avançados- EPOA: um em

outubro de 2001, na cidade de Águas de São Pedro, SP e, o 2º, em agosto de 2003, em Campinas, SP (TEIXEIRA e JARDIM, 2004).

3.3 Dióxido de Titânio (TiO₂)

3.3.1 Introdução

O TiO₂ é o catalisador mais utilizado nos processos de FH. Por não ser tóxico, ter preço baixo, ser insolúvel em água, possuir foto-estabilidade e estabilidade química em uma ampla faixa de pH e a possibilidade de ativação pela luz solar, é favorecida a redução dos custos com o processo (NOGUEIRA e JARDIM, 1998). A estrutura, os defeitos, impurezas, morfologia da superfície e interface são alguns dos fatores de interferência na atividade fotocatalítica do TiO₂, com influência também, na formação final das partículas de TiO₂ na forma alotrópica anatase ou rutilo (BREDOW, 1995).

3.3.2 Formas alotrópicas

Na natureza existem três formas alotrópicas de TiO₂: anatase, rutilo e brookite, sendo as mais comuns, anatase e rutilo. Pelo fato do rutilo possuir características morfológicas, conforme as quais é dificultada a adsorção do O₂ na superfície, possivelmente seja esta a explicação para a inadequação da sua utilização nos processos fotocatalíticos heterogêneos (TURCHI e OLLIS, 1990).

O TiO₂ mais utilizado nos experimentos é o P-25 da Degussa com 80% anatase, pois possui métodos de preparação resultantes em alta fotoatividade. Isto é devido à sua complexa microestrutura cristalina e à área superficial de ação, em torno de 50 m²/g, que é impeditiva à recombinação das cargas (FOX e DULAY, 1993). Apesar de ser o semicondutor mais fotoativo, pode ocorrer a recombinação elétron/lacuna, limitante ao rendimento total do processo. Na tentativa de diminuição das recombinações, têm-se estudos com a incorporação de metais à sua estrutura cristalina

ou à sua superfície (ZIOILLI e JARDIM, 1998). Na Figura 2 está ilustrado um esquema molecular do TiO_2 na forma rutilo (a) e anatase (b).

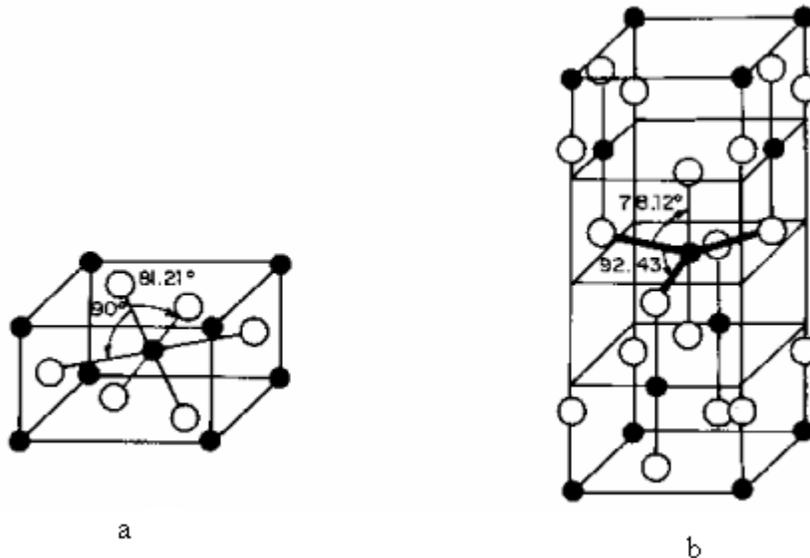


Figura 2: Cella unitária de TiO_2 : a – rutilo e b – anatase. In: Ziolli e Jardim, 1998.

3.3.3 Propriedade física, química e biológica

As propriedades técnicas do dióxido de titânio, disponibilizadas pela DuPont do Brasil S.A., estão descritas na ficha de informação, no Anexo I deste trabalho.

3.4 Caracterização e efeitos da luz germicida UV

Segundo dados da EPA - Environmental Protection Agency for Environmental Research Information (1999), o espectro de radiação UV é dividido em quatro bandas:

- UV-A : 315 a 400 nm
- UV-B : 280 a 315 nm
- UV-C: 200 a 280 nm
- UV-V: 100 a 200 nm

Como a radiação UV-C tem ação germicida na emissão de 254 nm, é utilizada na desinfecção de meios aquosos, causando-se a ruptura das ligações químicas das moléculas e sua inativação (DOMÈNECH et al., 2001). Bolton (1999) demonstrou a ação da radiação UV como germicida na mudança estrutural das bases timina da molécula de DNA dos microrganismos, ação impeditiva à sua reprodução.

Um dos fatores comprometedores da ação germicida da luz UV é a qualidade do meio a ser tratado, como por exemplo: turbidez e matéria dissolvida ou em suspensão, protegendo-se os microorganismos da ação da radiação UV (EPA, 1999).

As lâmpadas UV, considerando-se a geração de radiação, são classificadas como sendo de:

- baixa pressão: emissão de comprimento de onda somente a 185 e 254 nm; vaporização parcial do mercúrio; potência 30 W, 65 W, 105 W; vida útil, em geral, de 5000 a 8000 horas
- média pressão: emissão de comprimento de ondas de 180 a 400 nm; vaporização total do mercúrio; potência 5 kW.

Taylor et al. (1995) já demonstrava a preocupação com a atmosfera de ambientes contaminados, utilizando a ação germicida por radiação de luz UV na desinfecção de teatros.

3.5 Qualidade do ar em ambientes confinados

Desde os anos 70, trabalhadores de grandes edifícios na América do Norte e na Europa Ocidental apresentam problemas relacionados à saúde e ao conforto (BERGLUND et al, 1984). Conforme a Organização Mundial de Saúde - OMS definiu-se como “Síndrome do Edifício Doente (SED), os edifícios-objeto de queixas das pessoas com relação às situações de desconforto e de sintomas de doenças (WHO, 1983), tornando-se, no entanto “um problema de saúde pública que era urgente estudar de forma global e sistemática” (LEMOS, 1997).

Segundo Krippahl (2006), um "Edifício Doente" está associado a:

- aumento de absentismo e rotação do pessoal
- redução da eficiência do trabalho humano
- pausas prolongadas e freqüentes
- menor produtividade em geral
- insatisfação de clientes e colaboradores.

Conforme Sterling e Sterling (1983) e Sterling et. al. (1991): “Edifícios doentes são identificados por uma alta prevalência de sintomas em seus ocupantes, que incluem: dor de cabeça, problemas nos olhos (irritação, dor, secreta, coceira ou constante lacrimejamento), problemas nasais (constipação nasal, coriza ou irritação nasal), problemas de garganta (secura, dor ou irritação), problemas no tórax (sensação de opressão e dificuldade respiratória), fadiga e letargia (sonolência e debilidade), anormalidades na pele (secura, coceira ou irritação), e problemas para manter a concentração no trabalho”.

Finnegan et al. (1984), utilizando um questionário sob supervisão médica, analisaram e compararam os sintomas de saúde relatados por dois grupos de trabalhadores de edifícios: os que trabalhavam em salas com ventilação natural e os que trabalhavam em ambiente artificialmente ventilado por ar condicionado. Sintomas como pele seca, dores de cabeça e alergias, foram relatados de maneira significativa e expressiva, pelo grupo de pessoas, que trabalhavam em salas artificialmente ventiladas, comprovando assim, a “Síndrome do Edifício Doente” (SED).

Um dos exemplos de doença relacionada com ambientes fechados é a conhecida "doença dos legionários", causada pela bactéria *Legionella pneumophillia* que, para se desenvolver, necessita estar associada a certas algas, estabelecidas nas torres de resfriamento de sistemas de ventilação centralizado dos edifícios (FRASER et al, 1977).

Após o falecimento de Sérgio Motta, Ministro das Comunicações do Brasil, em abril de 1998, constataram-se evidências do agravamento de seu quadro clínico por infecção hospitalar, ocasionado por fungos alojados nos dutos do sistema de

climatização de seu gabinete (RADIOBRÁS, 1998); a partir de então, o combate à síndrome do 'edifício doente' - SED tornou-se urgente e evidente. Já em agosto de 1998, é publicada a portaria nº3.523 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, em que se estabelece “para todos os ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, a obrigatoriedade de elaborar e manter um plano de manutenção, operação e controle dos sistemas de condicionamento de ar”. A partir de março de 1999, inicia-se o treinamento dos técnicos das Vigilâncias Sanitárias estaduais com o objetivo de sistematização e implantação do processo de fiscalização, com a elaboração de uma rotina de procedimentos de verificação e manutenção das instalações dos equipamentos, de acordo com o Instituto Nacional de Medidas – INMETRO (2006).

Segundo definições do comitê misto OIT-OMS, em 1950: “A Medicina no trabalho tem como objetivo promover e manter o mais elevado nível de bem estar físico, mental e social dos trabalhadores de todas as profissões, de prevenir todos os prejuízos causados à saúde destes devidos ao seu trabalho, de os proteger de agentes prejudiciais à sua saúde, de colocar e manter os trabalhadores num emprego adaptado às suas capacidades fisiológicas e psicológicas. Em suma, de adaptar o trabalho ao homem e cada homem à sua tarefa”. Para tal tarefa, acima da competência científica da medicina do trabalho, foi necessária uma nova ciência: Higiene do Trabalho e toda uma legislação competente (LEMOS, 1997).

De acordo com dados de 2006 da empresa Lusa DECO PROTESTE, a análise de alguns parâmetros relacionados à quantidade de bactérias, fungos e leveduras em 19 hospitais públicos e privados das cidades de Coimbra e Lisboa, em Portugal, demonstrou-se que, em mais da metade daqueles locais, obtiveram-se resultados acima dos recomendados pela OMS. As amostras de ar foram coletadas em enfermarias, corredores, urgências e salas de espera. Alguns dos microrganismos constatados no ar dos hospitais podem ser agentes de diversas infecções, como é o caso da pneumonia, uma infecção respiratória das mais comuns em hospitais.

No Brasil é crescente a preocupação com surtos de infecção hospitalar ocasionados por microrganismos patogênicos, que possam estar presentes no ambiente de áreas confinadas e climatizadas. Afonso et.al. (2004), realizaram uma revisão bibliográfica no período de 1990 a 2001, com dados da MEDLINE, LILACS e Ministério da Saúde do Brasil, enfocando que o risco de infecções hospitalares por *Aspergillus*, *Legionella*, *Acinetobacter*, *Clostridium*, *Nocardia*, está relacionado às péssimas condições de limpeza e ventilação adequada dos aparelhos de ar condicionado, comprometendo a qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados.

3.6 Microrganismos do ar

Microrganismos patogênicos podem ser fonte de doenças, transmitidas pelos alimentos, águas, solo e pelo ar, quando contaminados.

No ar de ambientes confinados têm-se condições adequadas de temperatura e umidade para o desenvolvimento de agentes infecciosos e alergênicos, ou seja, umidade relativa do ar e temperaturas elevadas e satisfatórias ao crescimento desses microrganismos.

Segundo Pelczar et al. (1996), a transmissão de microrganismos patogênicos - bactérias, vírus ou fungos, pelo ar, para indivíduos inicialmente saudáveis, pode acarretar infecções sérias e muitas vezes letais. A transmissão e contaminação podem ocorrer por inalação, gotículas de água em suspensão ou partículas de poeira, provenientes de roupa de cama ou solo contaminado, que são imperceptíveis aos nossos olhos. A propagação por gotículas ou aerossóis do tipo 'spray', contendo numerosas gotículas e inúmeros microrganismos, pode ocorrer por fonte humana - tosses e espirros, ou por fontes ambientais - aerossóis produzidos por água contaminada de equipamento de ar-condicionado, 'sprays' utilizados para manutenção de vegetais frescos, bolhas de ar originadas de águas doces e salobras, que explodem na superfície e, aerossolização proveniente de brocas de alta velocidade em clínicas dentárias. A propagação por poeira infecciosa pode ser por fontes humanas, decorrente

da secagem dos resíduos de tosse e espirros sobre superfícies secas - roupa de cama ou assoalho, ou por fonte ambiental - poeira originada de solo contaminado.

Apesar de apresentarem características celulares diferentes, tanto as bactérias, como os fungos, possuem membranas celulares envoltórias muito resistentes à ação da maioria dos métodos de desinfecção química e física, não sendo totalmente eficiente na desativação das funções vitais destes microrganismos. Principalmente os esporos – forma de resistência da célula às condições inadequadas de sobrevivência do meio e, que se formam no interior das células bacterianas – os chamados endósporos, exclusivos do gênero *Bacillus* e *Clostridium* - que possuem parede celular espessa e muito resistente à ação de agentes físicos e químicos (TRABULSI, 2004).

Pesquisas têm sido realizadas, objetivando a detecção, prevenção e destruição de microrganismos patogênicos da atmosfera de ambientes confinados de consultórios odontológicos e hospitais, buscando a mitigação de causas, que possam estar relacionadas com doenças e infecções microbianas.

Montagna et. al. (2006), comprovaram a presença de microrganismos patogênicos na atmosfera contaminada de consultórios odontológicos, coletando em 138 unidades odontológicas de seis cidades italianas, amostras d'água provenientes de copos para o enxague de boca, sugadores e brocas de alta rotação, onde encontraram a bactéria *Leoginella spp.*. Foi constatado então, que a contaminação do ar ambiente pode ser através de gotículas ou “sprays”, advindos da água destes locais, podendo levar a sérios riscos para a saúde de pacientes e pessoas que estejam neste local.

Szymariska (2006), utilizando um aparelho portátil para coletas de amostras de ar contendo meio de cultura para o crescimento de unidades formadoras de colônias de fungos, encontrou quantidade significativa das seguintes espécies alergênicas, freqüentemente encontradas em grandes cidades: *Penicillium herquei*, *Alternaria alternata*, *Penicillium roseopurpureum*, *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus glaucus group*, *Cladosporium cladosporoides* e *Penicillium diversum*. Estes organismos estavam presentes nas amostras de ar coletadas da atmosfera entre paciente e dentista durante o tratamento em consultórios dentários públicos, antes dos processos usuais de desinfecção do material de tratamento dentário.

Ambientes confinados hospitalares também são locais de grande preocupação com relação ao risco de infecções microbianas, como demonstrado no trabalho de Tunç e Olgun (2006), que abordaram a ocorrência de contaminação ambiente de hospitais por microrganismos patogênicos, inoculados e transmitidos por pessoas, que entraram em contato com telefones públicos, previamente utilizados por outros indivíduos circulantes de diferentes lugares potencialmente contaminados, como escolas, hotéis, estações de ônibus e metrô.

Dentre os diferentes métodos de desinfecção de ambientes contaminados, trabalhos como o de Brito (2001), avaliaram a eficácia de desinfecção da atmosfera contaminada hospitalar, utilizando irradiação ultra violeta e filtros HEPA - segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1980) – visando a esterilização do ar ambiente, para o controle da tuberculose nosocomial. Processos de desinfecção por radiação de luz ultravioleta germicida têm apresentado expressiva eficácia. De acordo com Bryant e Sharan (1992), a radiação UV altera o DNA das células, incapacita a sua reprodução e, conseqüentemente, impede a proliferação de microrganismos. Os experimentos de Bhattacharjee (2006), demonstraram a ação da irradiação UV-C em plasmídeos de *Escherichia coli*, provocando modificações na estrutura do DNA. Também, XU, P. et. Al. (2003), comprovaram a eficácia da ação germicida com radiação UV, na redução de esporos de *Bacillus subtilis* - entre 46% e 80% , *Mycobacterium parafortuitum* – entre 83% e 96% e *Mycobacterium bovis* – entre 96 e 97%, utilizando amostras de ar coletadas de ambiente artificialmente infectado.

Nos dias atuais, outra preocupação é com o perigo da possibilidade de bioterrorismo em locais de concentração humana, como escritórios, escolas, auditórios e transportes coletivos. Brickner et al. (2003), fizeram revisão dos processos de desinfecção microbiana que possam proteger os ocupantes destes locais públicos e, a radiação UV, torna-se uma possibilidade em estudo.

Trabalhos com *Escherichia coli* como o de Oguma et. al. (2004), Maness et. al. (1999) e Sunada et. al (2003), relatam que a radiação UV-C, muitas vezes não é eficiente na inativação microbiana. Mas, as pesquisas de Kondo et. al. (2003) e Paschoalino (2006), comprovaram que os processos de desinfecção, utilizando

fotocatálise heterogênea com o catalisador TiO₂, são muito mais eficientes na desativação e irreversibilidade da atividade metabólica microbiana.

3.6.1 Bactérias transmitidas pelo ar

São conhecidas mais de 1.700 espécies de bactérias, que são classificadas por suas características morfológicas, bioquímicas, celulares e moleculares.

Segundo Pelczar et al. (1996), a grande maioria de bactérias veiculadas pelo ar pode ser patogênica, ocasionando-se diversas doenças com sintomas específicos. Por exemplo, a espécie *Streptococcus pyogenes* afeta a garganta e rins, com diferentes graus de infecções. Já a espécie *Mycobacterium tuberculosis*, causadora da tuberculose, afeta o sistema imunológico, sendo uma das doenças oportunistas em pacientes acometidos pela síndrome da imunodeficiência adquirida – SIDA ou AIDS. Outra patogenia, causada pela bactéria *Legionella pneumophila*, é a “Doença dos Legionários”, que tem a especificidade de não ser transmitida de pessoa para pessoa, mas sim, pelo ambiente: água de lagos, de reservatórios, de torres de refrigeração e condensadores de aparelhos de ar-condicionado, de chuveiros e de canos de sistemas de encanamento de água quente – sistemas com “terminais mortos”, em que a água pode ficar estagnada. Exemplos de bactérias veiculadas pelo ar e respectivas doenças associadas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Espécies de bactérias patogênicas veiculadas pelo ar e doenças associadas:

Espécie de bactéria	Doenças associadas
<i>Streptococcus pyogenes</i>	faringite, escarlatina, erisipela, pneumonia, febre reumática e glomerulonefrite
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Pneumonia
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculose
<i>Mycoplasma pneumoniae</i>	pneumonia branda
<i>Legionella pneumophila</i>	pneumonia grave e febre Pontiac
<i>Haemophilus influenzae</i>	meningite por <i>Haemophilus</i>
<i>Neisseria meningitidis</i>	meningite mesingocócica
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	infecções respiratórias, urinárias e gastrointestinais
<i>Staphylococcus aureus</i>	pneumonia, meningite e infecções de pele
<i>Chlamydia psittaci</i>	infecções respiratórias brandas e pneumonias graves
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	infecções graves de garganta, rins, sistema nervoso e coração

Fonte: Pelczar et al., 1996

3.6.2 Fungos transmitidos pelo ar

Em condições ambientais promotoras da presença de diversos fungos – solo, excrementos de aves e morcegos e vegetação morta, por exemplo, podem ser desencadeadas reações alérgicas, infecções ou intoxicações às pessoas a elas expostas. As espécies fúngicas relacionadas à qualidade do ar, contudo, são muito mais diversificadas. Com as infecções advindas por inalação, exposição de feridas ou lesões na pele a esporos ou fragmentos de hifas, são ocasionadas respostas imunológicas diferenciais aos diversos organismos infectados. É o caso dos pacientes com AIDS, com pouca resposta imunológica às infecções por histoplasmose e coccidioidomicose, situação diferente de outros organismos, com recuperação espontânea ou possibilidade de tratamento (PELCZAR et al., 1996). Exemplos de fungos veiculados pelo ar, respectivas doenças associadas e habitat são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Espécies de fungos patogênicos veiculadas pelo ar, doenças associadas e 'habitat':

Espécie de fungo	Doenças associadas	Habitat
<i>Histoplasma capsulatum</i>	histoplasmose	fezes de aves e morcegos
<i>Cryptococcus neoformans</i>	criptococose	solo e fezes de aves (pombos)
<i>Blastomyces dermatitidis</i>	blastomicose	desconhecido
<i>Paracoccidioides brasiliensis</i>	paracoccidioidomicose	provavelmente o solo
<i>Coccidioides immitis</i>	coccidioidomicose	solo

Fonte: Pelczar et al., 1996

3.7. Legislação sobre a qualidade do ar em ambientes confinados

Conforme a legislação vigente, constam no Anexo II desse trabalho as principais diretrizes regulamentadoras da qualidade do ar em ambientes confinados.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Local e período de coleta do ar atmosférico

A parte experimental do projeto foi desenvolvida no Laboratório de Saneamento e Laboratório de Microbiologia do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, que possui uma área de 62m³ e, onde foram coletadas amostras do ar atmosférico local por reator fotocatalítico.

O reator esteve localizado em uma bancada de cimento, no Laboratório de Saneamento, a uma altura de 90cm do chão e entre dois aparelhos de ar condicionados, situados a uma altura de 110cm do reator e em frente a uma pia lavatória da vidraria utilizada com amostras de esgoto.

A oscilação da temperatura média local foi entre 20° C e 64⁰C, sendo a umidade relativa do ar entre 28% e 64%.

O período de coleta e avaliação das amostras do ar ambiente, submetidas ao reator fotocatalítico, foi 19 de junho a 28 de julho de 2006.

A frequência de pessoas no laboratório de Saneamento, onde ocorreram as coletas de amostras de ar, foi de duas a seis até a segunda semana do mês de julho. A partir da terceira semana, por ocasião do recesso de férias, o número de pessoas no período foi reduzido a dois.

4.2 Material

Para o desenvolvimento dos experimentos, foram utilizados os seguintes materiais:

- Material usual de laboratório de microbiologia:

- Placas de Petri plásticas, estéreis e com dimensões de 90 mm X 15 mm
- Estufa para esterilização e secagem
- Estufa de cultura bacteriológica modelo 216 – marca Fabbe-Primar
- Contador de colônias
- Câmara de fluxo laminar vertical - VECO
- Autoclave vertical Morse – Modelo AV75
- Geladeira Super luxo – duplo 430 – marca CCE com CFC free

- Reator fotocatalítico de poliestireno, com motor de sucção de aspirador de pó de 950W e 127 V – modelo UP13, de dimensões: 150 mm X 420 mm X 630 mm, e duas lâmpadas UV –C de 15W, sendo a vazão do fluxo de ar de 0,012m³ por minuto.

- Lâminas de filme transparente PPC/PP2500, marca 3M

- Reagentes:

- Suspensão de 10% (m/v) de TiO₂ a pH 2,5 (HClO₄– ácido perclórico)

- Meios de cultura:

- Ágar Infusão Cérebro Coração (BHI) para diagnóstico de bactérias -OXOID
- Agar Saboraud Dextrose para diagnóstico de fungos – OXOID

- Termômetro e higrômetro digital – marca France

- Cronômetro – marca KADIO KD-1069

4.3 Método

No Laboratório de Microbiologia da FEC/UNICAMP a experimentação foi iniciada pelo preparo de dois tipos de meios de cultivo devidamente autoclavados – Ágar Infusão Cérebro Coração (BHI) para bactérias e Agar Saboraud Dextrose para fungos, de acordo com a indicação do laboratório fabricante – OXOID. Os meios foram distribuídos num total de 270 placas para cada grupo de microrganismo dentro da câmara de fluxo vertical - VECO, em condições assépticas, sendo mantidos em refrigeração a 4°C, para manutenção de sua integridade até posterior utilização.

Foram coletadas amostras do ar ambiente, num total de 540 placas de Petri, em dois experimentos, com tratamentos e períodos - matutinos, vespertinos e noturnos - distintos entre si, sendo utilizadas 135 placas de Petri com o meio de cultivo BHI e 135 placas de Petri com o meio de cultivo Saboraud por experimento.

Em cada experimento as amostras foram submetidas a três sistemas de desinfecção (S₁, S₂ e S₃ experimento 1 e S₄, S₅ e S₆ no experimento 2), em três tempos de coleta de ar – 1, 2 e 3 minutos (t₁, t₂ e t₃), com 15 repetições (R) por sistema.

O ar ambiente circulante no reator foi submetido aos seguintes sistemas de desinfecção, em cada experimento, como segue:

Experimento 1 :

- Sistema 1 (S₁): coleta de ar do interior do reator sem TiO₂/UV
- Sistema 2 (S₂): coleta de ar do interior do reator com uma luz UV e sem TiO₂
- Sistema 3 (S₃): coleta de ar do interior do reator com duas luzes UV e sem TiO₂

Experimento 2:

- Sistema 4 (S₄): coleta de ar do interior do reator com TiO₂ e sem luz UV
- Sistema 5 (S₅): coleta de ar do interior do reator com TiO₂ e uma luz UV
- Sistema 6 (S₆): coleta de ar do interior do reator com TiO₂ e duas luzes UV

Em cada etapa, nove placas de Petri devidamente identificadas, eram inicialmente colocadas no interior da câmara de fluxo, com esterilização ambiente por

bico de Bunsen, sendo dispostas em três baterias referentes aos sistemas de desinfecção por experimento e por microrganismo avaliado (Figura 3). Cada uma das baterias era composta por três placas, referentes aos três tempos de coleta do ar, totalizando nove tratamentos (T), cujas tampas originais eram substituídas, ainda no interior da câmara de fluxo, por tampas de vidro modificadas com válvulas adaptadas e com isolamento para coleta do ar do interior do reator (Figura 4) e evitar-se qualquer tipo de contaminação do mesmo.

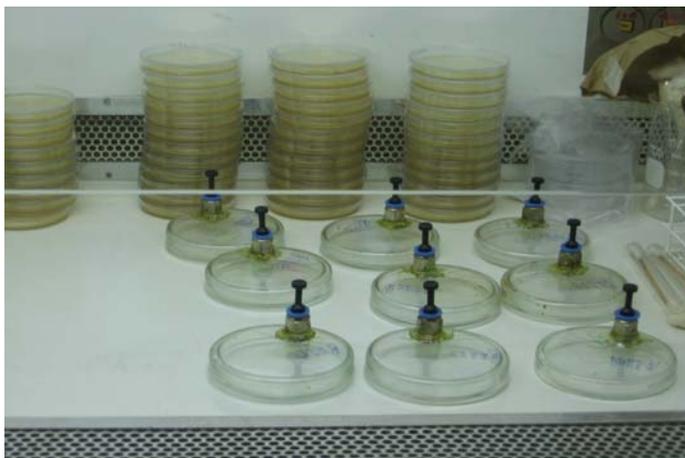


Figura 3: Interior da câmara de fluxo com as baterias de placas de Petri para tratamento das amostras de ar. Laboratório de Microbiologia, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

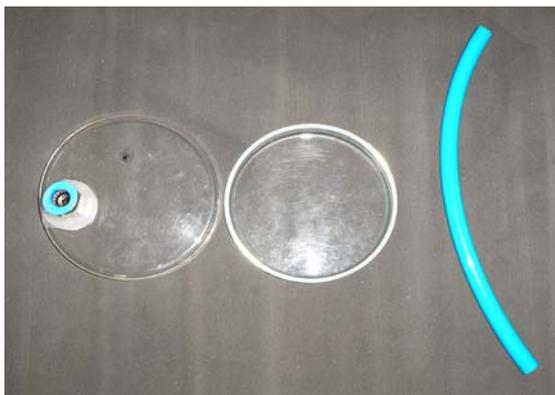


Figura 4: Placa de Petri com válvula de controle e isolamento do ar ambiente e mangueira de Poliuretano 10mm x 7mm.

A válvula da tampa modificada era cuidadosamente aberta e conectada ao reator por uma mangueira plástica, impedindo-se a contaminação das amostras coletadas na placa, pelo ar externo (Figura 5).



Figura 5: Placa de Petri na saída do reator fotocatalítico

O ar atmosférico ambiente do laboratório era succionado por um motor de sucção de aspirador de pó de 950W e 127 V – modelo UP13, localizado externamente ao reator fotocatalítico experimental de poliestireno (Figura 6), com 16cm de altura, 42,5cm de largura e 60cm de comprimento, sendo o ar ambiente, forçado a circular internamente por secções laminares, dispostas em labirinto, onde estavam inseridas lâmpadas germicidas UV-C (Figura 7), nos dois experimentos, e lâminas de filme transparente PPC/PP2500, marca 3M, impregnadas com uma suspensão de 10% (m/v) de TiO_2 a pH 2,5 (HClO_4 – ácido perclórico) (PEREIRA, 2005 e PEREIRA et. al, 2005) e fixadas com cola branca em todas as superfícies internas do reator, apenas no Experimento 2 (Figuras 8, 9 e 10).



Figura 6: Reator fotocatalítico



Figura 7: Interior do reator fotocatalítico sem lâminas de filme PPC impregnadas com TiO_2 .

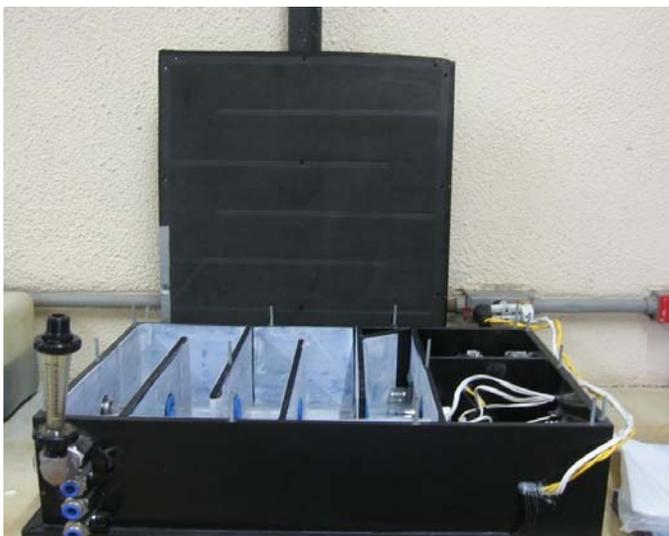


Figura 8: Interior do reator fotocatalítico com lâminas de filme PPC impregnadas com TiO_2 .

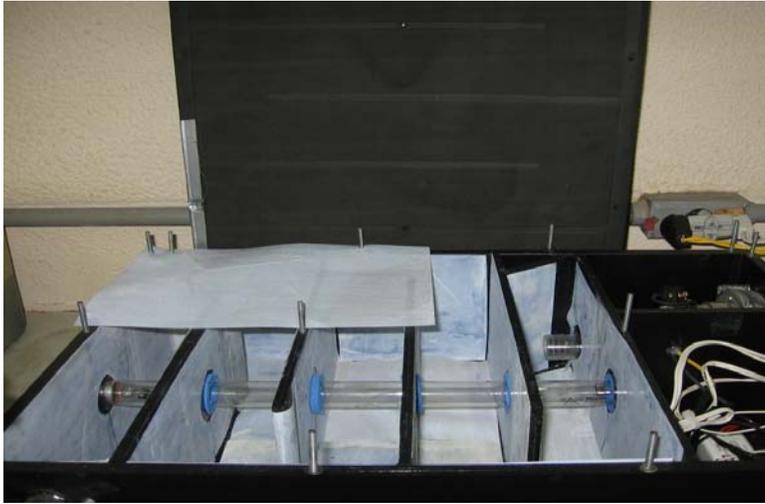


Figura 9: Interior do reator fotocatalítico com lâminas de filme PPC impregnadas com TiO_2 .



Figura 10: Interior do reator fotocatalítico com lâminas de filme PPC impregnadas com TiO_2 .

Para impregnação dos filmes PPC/PP2500, a superfície das lâminas foi inicialmente tornada áspera com lixa nº80; em seguida, estas foram imersas em 0,5L de suspensão de TiO_2 , em recipiente plástico retangular, nas dimensões 45cm x 30cm x 7cm, por alguns segundos. Após o banho com a suspensão de TiO_2 , o excesso foi retirado, pendurando-se os filmes em varal plástico dentro da capela, sendo então, as lâminas levadas para secagem em estufa elétrica por 15 minutos a 56°C . Realizou-se esse procedimento por duas vezes, garantindo-se a total impregnação dos filmes.

Ao final desse percurso interno e, na saída da outra extremidade do reator, foram coletadas as amostras de ar, durante os três tempos estabelecidos. Após cada tempo estabelecido de coleta do ar, a mangueira de poliuretano era desconectada da válvula da placa, que era imediatamente fechada e isolada, e a placa levada para a câmara de fluxo, onde as tampas de vidro com válvula eram novamente substituídas pelas originais, esterilizadas com a chama do bico de Bunsen, ainda no interior da câmara de fluxo. As placas contendo meio de cultura BHI, foram então colocadas em estufa microbiológica, a 37°C, por 48hs e, as com o meio de cultura Saboraud, em condições de temperatura ambiente a 28°C, sobre a bancada do laboratório de microbiologia, por 72hs, para posterior quantificação de colônias de bactérias e fungos, respectivamente. Após os períodos de incubação das placas, específicos a cada tipo de microrganismo estudado, as unidades formadoras de colônias – UFC.m⁻³, presentes em cada placa, foram quantificadas.

4.4 Análise estatística

Para avaliar a existência ou não de influência dos três sistemas (S), dos três tempos (t) de passagem do ar e dos nove tratamentos (T), foram efetuados dois experimentos constando dos tratamentos: S₁t₁, S₁t₂, S₁t₃, S₂t₁, S₂t₂, S₂t₃, S₃t₁, S₃t₂, S₃t₃ – Experimento 1 e S₄t₁, S₄t₂, S₄t₃, S₅t₁, S₅t₂, S₅t₃, S₆t₁, S₆t₂, S₆t₃ – Experimento 2, repetidos 15 vezes (N=15).

No caso dos experimentos, se as variáveis são do tipo discretas como: número de plantas por área, número de ovos postos por um inseto em determinado tempo ou número de colônias de fungos (este trabalho), a transformação \sqrt{X} é eficiente, pois esse tipo de dado segue, geralmente, uma distribuição de Poison onde a média e a variância, devem ser aproximadamente iguais - dados do experimento.

Bartlett (1947), enumerou alguns itens, que a nova variável obtida a partir da variável original, deve apresentar:

- 1) A variância da variável transformada não deve ser afetada pelas mudanças no valor da média – ficando assegurada, portanto, a independência entre a média e a variância.

- 2) A variável transformada deve ser normalmente distribuída, pelo menos, aproximadamente.
- 3) A média aritmética, na nova escala, deve ser estimativa eficiente do valor real da média para qualquer grupo particular de medida.
- 4) A transformação deve assegurar a linearidade e a aditividade dos componentes do modelo.

Na quantificação das unidades formadoras de colônias de fungos e bactérias, fez-se análise do 'rank' dos sistemas (S), relacionados aos três tempos nas 15 repetições (R). Em ambos os experimentos, para os dados referentes às colônias de bactérias, foram utilizados testes de qui-quadrado, para frequências, e o teste não paramétrico 'de Friedman', apropriado para classificações duplas (tratamentos e repetições), nos níveis de 1% e 5% de significância. O teste 'de Friedman' (SIEGEL, 1956; PIMENTEL-GOMES, 2000 e CAMPOS, 1983), determina se é possível que as diferentes colunas de 'ranks' (amostras), provêm da mesma população – teste de tratamento.

As seguintes condições precisam ser obedecidas:

- a) Os N grupos (blocos) são portanto N=15.
- b) O número de tratamento é T, no caso, T=9. Admite-se que as populações são contínuas e, aproximadamente, da mesma forma. No caso de populações descontínuas, o teste é aproximado.
- c) A hipótese nula específica: $H_0 = T_1=T_2=T_3...=T_9$ (referentes aos nove tratamentos). Dentro de cada bloco deve-se efetuar a classificação contínua das observações, sendo adotado o valor 1 para o menor valor e o número 9 para o maior valor. Nos casos de empate, o valor médio da classificação é dado para todos os valores empatados.

Aqueles relativos às colônias de fungos, em número bem mais elevado e variável, foram analisados por teste paramétrico, com análise de variância e testes de diferenças entre os tempos e a interação sistema X tempo, com transformação prévia dos dados em \sqrt{N} , e comparação de médias pelos testes de t (erro por comparação) e Tukey (erro por experimento), ao nível de 5% de significância (Pimentel-Gomes, 2000). Para realização das análises de variância utilizou-se o SAS - Statistical Analysis

System, versão 6.04, 1990. O uso de métodos não paramétricos e dos paramétricos são bem explicitados em Siegel (1956), Snedecor e Cochran (1967), Steel e Torrie (1981), Campos (1983), Dixon e Massey (1985) e Pimentel-Gomes (2000).

5. RESULTADOS

No período de coleta e avaliação das amostras de ar ambiente no laboratório, as condições de temperaturas máxima e mínima e de umidade relativa do ar, máxima e mínima, foram variáveis, respectivamente, entre 33,6°C a 20,6°C; 29,1°C a 19,4°C; 71% a 32%, 57% a 22%.

Os tempos de coleta das amostras de ar – 1, 2 e 3 minutos, não estão de acordo com a norma proposta pela ANVISA - a partir de 5 minutos - demonstrada no Anexo II deste trabalho. Tal opção é justificada em função de um dos objetivos específicos deste estudo, qual seja o de se avaliar a eficiência do reator catalítico em tempos similares aos normalmente despendidos em secadores de mão manuais em locais públicos.

A vazão do fluxo de ar dentro do reator foi de 0,012 m³ por minuto. Como são três tempos – 1, 2 e 3 minutos - de coleta de amostras de ar nos nove sistemas, a quantidade de UFC/m⁻³, foi correlacionada a cada tempo específico.

Procurando-se interpretar estatisticamente os resultados dos dois experimentos, tem-se que distinguir os resultados referentes às bactérias e aos fungos já que, com as bactérias, os números de unidades formadoras de colônias (UFC.m⁻³) obtidos em cada tratamento foram extremamente baixos, de modo que os testes paramétricos não são apropriados e, mesmo os testes não paramétricos (pela baixa frequência), só são aproximados.

Por questões operacionais, em relação aos diferentes períodos de coletas das amostras de ar, para se mensurar a eficiência, em porcentagem, nos tratamentos de desinfecção das UFC de fungos.m⁻³, nos experimentos 1 e 2, o sistema controle de comparação foi o S₁, referente à coleta de ar do interior do reator sem TiO₂/UV. Para as

UFC de bactérias.m⁻³ obtidas, não foi feito o cálculo da percentagem de redução, pelo fato, da baixa densidade encontrada, destes microrganismos.

5.1. Avaliação quantitativa das Unidades Formadoras de Colônias de bactérias por m⁻³ de ar (UFC.m⁻³)

5.1.1 Experimento 1

Os números das UFC de bactérias.m⁻³ de ar em cada sistema de tratamento (S) e, em cada repetição (R), estão apresentados no Quadro 2. Os tratamentos relativos aos sistemas (T) foram numerados de 1 a 9, sendo 1 o valor menor e 9 o maior e, naqueles tratamentos com valores similares utilizou-se a média do 'rank' (Quadro 3).

Quadro 2: Número das UFC de bactérias.m⁻³ de ar para os nove tratamentos (T) distribuídos em 15 repetições (R), no ar ambiente do laboratório de Saneamento do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	N*	MN**
S ₁ t ₁	1	5	2	4	0	1	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	17	1,13
S ₁ t ₂	2	0	3	4	0	0	0	0	1	1	1	1	5	3	0	0	19	1,27
S ₁ t ₃	3	5	6	1	0	0	0	1	6	1	1	0	15	1	0	0	37	2,47
S ₂ t ₁	4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	5	0,33
S ₂ t ₂	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	6	0,40
S ₂ t ₃	6	2	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3	1	0	0	10	0,67
S ₃ t ₁	7	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,13
S ₃ t ₂	8	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	0	0	8	0,53
S ₃ t ₃	9	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	1	0	3	8	0,53

*N: nº total de UFC de bactérias.m⁻³ das 15 repetições (R).

** MN: média numérica das 15 repetições (R).

Quadro 3: Valores dos ‘ranks’ correspondentes ao número das UFC de bactérias.m⁻³ no ar referente aos nove tratamentos referentes ao Quadro 2, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	R _i
S _{1t1}	1	11,5	9,5	11,5	5,5	11,0	6,0	10,0	3,5	4,5	5,0	4,5	10,0	4,0	6,5	6,0	109,0
S _{1t2}	2	4,0	11,0	11,5	5,5	5,0	6,0	4,0	9,0	10,5	11,0	10,0	11,0	12,0	6,5	6,0	123,0
S _{1t3}	3	11,5	12,0	8,5	5,5	5,0	6,0	10,0	12,0	10,5	11,0	4,5	12,0	9,0	6,5	6,0	130,0
S _{2t1}	4	4,0	6,0	4,0	5,5	5,0	12,0	4,0	3,5	4,5	5,0	10,0	6,0	4,0	6,5	6,0	86,0
S _{2t2}	5	4,0	6,0	10,0	5,5	5,0	6,0	4,0	3,5	4,5	5,0	4,5	8,5	4,0	6,5	6,0	83,0
S _{2t3}	6	10,0	9,5	4,0	5,5	11,0	6,0	4,0	3,5	10,5	5,0	4,5	8,5	9,0	6,5	6,0	103,5
S _{3t1}	7	4,0	6,0	4,0	5,5	5,0	6,0	10,0	3,5	4,5	5,0	4,5	2,0	4,0	6,5	6,0	76,5
S _{3t2}	8	8,5	6,0	8,5	5,5	5,0	6,0	4,0	9,0	4,5	11,0	10,0	2,0	11,0	6,5	6,0	103,5
S _{3t3}	9	4,0	2,0	4,0	5,5	5,0	6,0	10,0	3,5	10,5	5,0	4,5	6,0	9,0	6,5	12,0	93,5

Utilizando-se o teste de qui-quadrado de Friedmen, obteve-se o valor 17,64 e, como foram constatados muitos empates, foi necessária a aplicação de uma correção, definida por Siegel (1956):

$$C = 1 - \frac{\sum T_i}{NK(k^2 - 1)}, \text{ em que: } N: \text{ n}^\circ \text{ de repetições (15) e } k: \text{ n}^\circ \text{ de tratamentos (9)}$$

Na avaliação dos “ranks”, havendo empates utiliza-se o ‘rank’ médio. Por exemplo, se os três primeiros dados têm o mesmo valor, os ‘ranks’ 1,2 e 3 são substituídos pelo valor médio 2.

Com o novo cálculo obteve-se valor de qui-quadrado corrigido de 28,08, significativo ao nível de 5% e, portanto, aceitam-se diferenças entre os 9 tratamentos. Como houve diferenças entre os tempos, estas foram analisadas entre sistemas para os tempos t_1 (Quadros 4 e 5), t_2 (Quadros 6 e 7) e t_3 (Quadros 8 e 9).

Quadro 4: Número das UFC de bactérias.m⁻³ de ar de três tratamentos(T) relativos aos três sistemas(S) de desinfecção no tempo 1 (t_1), distribuídos em 15 repetições (R), no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
S ₁ t ₁	1	5	2	4	0	1	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0
S ₂ t ₁	4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0
S ₃ t ₁	7	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 5: Análise dos 'ranks' correspondentes ao número de UFC de bactérias.m⁻³ do Quadro 4, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	R _i
S ₁ t ₁	1	4,0	4,0	4,0	2,0	4,0	2,0	3,5	2,0	2,5	2,5	2,0	4,0	2,5	2,5	2,5	44,0
S ₂ t ₁	4	2,0	2,5	2,0	2,0	2,0	4,0	1,5	2,0	2,5	2,5	4,0	3,0	2,5	2,5	2,5	37,5
S ₃ t ₁	7	2,0	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	3,5	2,0	2,5	2,5	2,0	1,5	2,5	2,5	2,5	34,0

Quadro 6: Número das UFC de bactérias.m⁻³ de ar, relativo aos três tratamentos (T) e três sistemas (S) de desinfecção no tempo 2 (t₂), distribuídos em 15 repetições (R), no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
S ₁ t ₂	2	0	3	4	0	0	0	0	1	1	1	1	5	3	0	0
S ₂ t ₂	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
S ₃ t ₂	8	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	0	0

Quadro 7: Análise dos 'ranks' correspondentes ao número de UFC de bactérias.m⁻³ do Quadro 6, no ar ambiente do laboratório de Saneamento do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	R _i
S ₁ t ₂	2	1,5	4,0	4,0	2,5	2,0	2,5	2,0	3,0	4,0	3,5	2,5	4,0	4,0	2,5	2,5	44,5
S ₂ t ₂	5	1,5	2,0	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,0	2,0	1,5	1,0	3,0	1,5	2,5	2,5	30,5
S ₃ t ₂	8	3,5	2,0	2,0	2,5	2,0	2,5	2,0	3,0	2,0	3,5	2,5	1,0	3,0	2,5	2,5	36,5

Quadro 8: Número das UFC de bactérias.m⁻³ de ar referente aos três tratamentos (T) e três sistemas (S) de desinfecção no tempo 3 (t₃), distribuídos em 15 repetições (R), no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
S ₁ t ₃	3	5	6	1	0	0	0	1	6	1	1	0	15	1	0	0
S ₂ t ₃	6	2	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3	1	0	0
S ₃ t ₃	9	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	1	0	3

Quadro 9: Análise dos ‘ranks’ correspondentes ao número de UFC de bactérias.m⁻³ do Quadro 8, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	R _i
S ₁ t ₃	3	4,0	4,0	4,0	2,0	2,0	2,5	3,5	4,0	3,0	4,0	2,5	4,0	3,0	2,5	2,0	47,0
S ₂ t ₃	6	3,0	3,0	2,0	2,0	4,0	2,5	1,5	1,5	3,0	2,0	2,5	3,0	3,0	2,5	2,0	37,5
S ₃ t ₃	9	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	3,5	1,5	3,0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,5	4,0	35,5

5.1.2. Experimento 2

Os números das UFC de bactérias.m⁻³ de ar em cada tratamento e, em cada repetição, estão apresentados no Quadro 10 e os valores em ‘rank’ no Quadro 11.

Quadro 10: Número das UFC de bactérias.m⁻³ de ar para os nove tratamentos (T) distribuídos em 15 repetições (R), no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	N*	MN**
S ₄ t ₁	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	3	2	3	1	0	1	16	1,07
S ₄ t ₂	2	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	6	0,40
S ₄ t ₃	3	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	8	0,53
S ₅ t ₁	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0,13
S ₅ t ₂	5	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	6	0,40
S ₅ t ₃	6	1	0	0	0	0	0	6	0	1	1	1	0	0	1	1	12	0,80
S ₆ t ₁	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,07
S ₆ t ₂	8	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0,27
S ₆ t ₃	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0,13

*N: nº total de UFC de bactérias.m⁻³ das 15 repetições (R).

** MN: média numérica das 15 repetições (R).

Quadro 11: Valores dos 'ranks' correspondentes ao número de UFC de bactérias.m⁻³ dos nove tratamentos referentes ao Quadro 10, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	R _i
S ₄ t ₁	1	12,0	6,0	5,5	11,5	5,5	6,0	5,5	5,0	5,5	12,0	12,0	12,0	11,0	3,5	10,5	123,5
S ₄ t ₂	2	3,5	6,0	12,0	5,5	11,5	6,0	5,5	5,0	5,5	5,0	5,0	5,5	11,0	9,0	10,5	106,5
S ₄ t ₃	3	9,0	6,0	5,5	11,5	5,5	12,0	5,5	10,5	5,5	10,5	10,5	5,5	11,0	3,5	10,5	122,5
S ₅ t ₁	4	3,5	6,0	5,5	5,5	5,5	6,0	5,5	10,5	5,5	5,0	5,0	11,0	5,0	3,5	4,5	87,5
S ₅ t ₂	5	9,0	6,0	5,5	5,5	5,5	6,0	5,5	12,0	5,5	5,0	5,0	5,0	5,0	12,0	4,5	97,5
S ₅ t ₃	6	9,0	6,0	5,5	5,5	5,5	6,0	12,0	5,0	11,5	5,0	10,5	5,0	5,0	9,0	10,5	111,5
S ₆ t ₁	7	9,0	6,0	5,5	5,5	5,5	6,0	5,5	5,0	5,5	5,0	5,0	5,0	5,0	3,5	4,5	82,0
S ₆ t ₂	8	3,5	12,0	5,5	5,5	11,5	6,0	11,0	5,0	5,5	5,0	5,0	5,0	5,0	9,0	4,5	99,5
S ₆ t ₃	9	3,5	6,0	5,5	5,5	5,5	6,0	5,5	5,0	11,5	10,5	5,0	5,0	5,0	9,0	4,5	93,5

Utilizando-se o teste de qui-quadrado, obteve-se o valor 14,10 e, como também foram constatados muitos empates, efetuou-se uma correção do mesmo, conforme mencionado anteriormente no experimento 1.

Com o novo cálculo obteve-se valor correto do qui-quadrado de 27,92, significativo aos níveis de 5% e 1% e valores $X^2 = 19,7$ e $X^2 = 24,7$, respectivamente. Portanto, aceitam-se diferenças entre os nove tratamentos. Como houve diferenças entre os tempos, estas foram analisadas entre sistemas para os tempos t₁ (Quadros 12 e 13), t₂ (Quadros 14 e 15) e t₃ (Quadros 16 e 17).

Quadro 12: Número das UFC de bactérias.m⁻³ de ar de três tratamentos (T) relativos aos três sistemas (S) de desinfecção no tempo 1 (t₁), distribuídos em 15 repetições (R) no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
S ₄ t ₁	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	3	2	3	1	0	1
S ₅ t ₁	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
S ₆ t ₁	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 13: Análise dos ‘ranks’ correspondentes ao número de bactérias do Quadro 12, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	R _i
S _{4t₁}	1	4,0	2,5	2,5	4,0	2,5	2,5	2,5	2,0	2,5	4,0	4,0	4,0	4,0	2,0	4,0	47,0
S _{5t₁}	4	1,0	2,5	2,5	2,0	2,5	2,5	2,5	4,0	2,5	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	35,0
S _{6t₁}	7	2,5	2,5	2,5	2,0	2,5	2,5	2,5	2,0	2,5	2,0	2,0	1,5	2,0	2,0	2,0	33,0

Quadro 14: Número das UFC de bactérias.m⁻³ de ar de três tratamentos (T) relativos aos três sistemas (S) de desinfecção no tempo 2 (t₂), em 15 repetições (R) no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
S _{4t₂}	2	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
S _{5t₂}	5	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0
S _{6t₂}	8	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Quadro 15: Análise dos ‘ranks’ correspondente ao número de bactérias do Quadro 14, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	R _i
S _{4t₂}	2	2,0	2,0	4,0	2,5	3,5	2,5	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	4,0	2,5	4,0	41,0
S _{5t₂}	5	4,0	2,0	2,0	2,5	1,5	2,5	2,0	4,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	4,0	2,0	38,5
S _{6t₂}	8	2,0	4,0	2,0	2,4	3,5	2,5	4,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,5	2,0	39,0

Quadro 16: Número das UFC de bactérias.m⁻³ em três tratamentos (T) relativos aos três sistemas (S) de desinfecção no tempo 3 (t₃), em 15 repetições (R) no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
S ₄ t ₃	3	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
S ₅ t ₃	6	1	0	0	0	0	0	6	0	1	0	1	0	0	1	1
S ₆ t ₃	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1

Quadro 17: Análise dos 'ranks' correspondentes ao número de bactérias do Quadro 16, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	R _i
S ₄ t ₃	3	3,5	2,5	2,0	4,0	2,5	4,0	2,0	4,0	1,5	3,5	3,5	2,5	4,0	1,5	1,5	42,5
S ₅ t ₃	6	3,5	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0	4,0	2,0	3,5	1,5	3,5	2,5	2,0	3,5	3,5	40,5
S ₆ t ₃	9	1,5	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0	2,0	2,0	3,5	3,5	1,5	2,5	2,0	3,5	3,5	36,5

5.2 Avaliação quantitativa das Unidades Formadoras de Colônias de fungos por m³ de ar (UFC.m⁻³)

5.2.1 Experimento 1

Os números de UFC de fungos.m⁻³ de ar em cada tratamento e, em cada repetição, estão apresentados no Quadro 18 e os valores em 'rank' no Quadro 19.

Quadro 18: Número de UFC de fungos.m⁻³ de ar para os nove tratamentos (T) em 15 repetições (R), no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	N*	Média
S ₁ t ₁	1	11	17	22	25	21	21	33	14	12	5	3	22	13	8	11	238	16
S ₁ t ₂	2	15	24	37	33	48	39	45	60	13	9	8	23	29	28	24	435	29
S ₁ t ₃	3	22	42	57	47	45	75	100	64	21	14	13	42	46	41	34	663	44
S ₂ t ₁	4	10	7	20	23	31	26	38	26	2	1	5	10	19	13	15	246	16
S ₂ t ₂	5	12	20	25	32	27	64	48	10	40	13	10	22	31	16	29	399	27
S ₂ t ₃	6	14	21	35	53	66	73	75	66	18	5	10	37	38	25	39	575	38
S ₃ t ₁	7	14	11	17	25	42	27	39	40	7	3	7	8	14	5	11	270	18
S ₃ t ₂	8	9	12	39	31	89	52	76	47	15	12	9	25	27	18	6	467	31
S ₃ t ₃	9	15	14	31	53	108	73	79	79	19	15	10	27	44	24	28	619	41

*N: nº total de UFC de fungos.m⁻³ das 15 repetições (R).

Quadro 19: Dados transformados em \sqrt{N} , correspondentes ao número de UFC de fungos.m⁻³ dos nove tratamentos referentes ao Quadro 18, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
S ₁ t ₁	1	3,32	4,12	4,69	5,00	4,58	4,58	5,74	3,74	3,46	2,24	1,73	4,69	3,60	2,83	3,32
S ₁ t ₂	2	3,87	4,90	6,08	5,74	6,93	6,24	6,71	7,75	3,61	3,00	2,83	4,80	5,39	5,29	4,90
S ₁ t ₃	3	4,69	6,48	7,55	6,86	6,71	8,66	10,00	8,00	4,58	3,74	3,61	6,48	6,78	6,40	5,83
S ₂ t ₁	4	3,16	2,65	4,47	4,80	5,57	5,10	6,16	5,10	1,41	1,00	2,24	3,16	4,36	3,61	3,87
S ₂ t ₂	5	3,46	4,47	5,00	5,66	5,20	8,00	6,93	3,16	3,16	3,61	3,16	4,69	5,57	4,00	5,39
S ₂ t ₃	6	3,74	4,58	5,92	7,28	8,12	8,54	8,66	8,12	4,24	2,24	3,16	6,08	6,16	5,00	6,24
S ₃ t ₁	7	3,74	3,32	4,12	5,00	6,48	5,20	6,24	6,32	2,65	1,73	2,65	2,83	3,74	2,24	3,32
S ₃ t ₂	8	3,00	3,46	6,24	5,57	9,43	7,21	8,72	6,86	3,87	3,46	3,00	5,00	5,20	4,24	2,45
S ₃ t ₃	9	3,87	3,74	5,57	7,28	10,39	8,54	8,89	8,89	4,36	3,87	3,16	5,20	6,63	4,90	5,29

Foram realizadas análises de variância (método SAS – versão 6.04, 1990), decompondo-se em sistemas, tempos e interação sistema x tempo (Quadro 20). A análise entre sistemas está no Quadro 21 e, aquela entre tempos, no Quadro 22. Foram utilizados, comparativamente, os testes de T e Tukey na análise dos dados.

Quadro 20: Análise de variância do número de UFC de fungos.m⁻³ de ar e o efeito entre nove tratamentos, considerando-se a interação entre os sistemas e os tempos, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Valor de F
Repetições	14	269,309	19,236	21,25
Sistema (S)	3	447,759	149,253	164,90
Tempo (t)	2	93,082	46,541	51,42
Interação S x t	6	22,946	3,824	4,23
Erro	154	139,391	0,905	-
Total corrigido	179	972,486	-	-

Obteve-se elevada significância dos resultados para sistemas, tempos de coleta e para a interação sistemas e tempos superiores a 1%, sendo então analisada a decomposição desses efeitos.

Quadro 21: Análise das diferenças entre as médias dos três sistemas pelo teste de T e de Tukey, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

Sistemas	UFC.m ⁻³	N*	Teste T	Teste de Tukey
S ₁	5,157	45	a	a
S ₃	5,064	45	a	a
S ₂	4,804	45	a	a

*N: nº de dados em cada sistema, nos três tempos de coleta de ar e em 15 repetições

Quadro 22: Análise dos dados referentes aos três tempos (t_1 , t_2 e t_3) diferenciais de coleta das amostras de ar, utilizando-se os testes T e Tukey, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

Tempo	UFC.m ⁻³	N*	Teste T	Teste de Tukey
T ₃	4,964	60	a	a
T ₂	4,134	60	b	b
T ₁	3,204	60	c	c

*N: nº de dados em cada tempo de coleta de ar, nos quatro sistemas e em 15 repetições

Constataram-se diferenças significativas nos valores referentes aos tempos de coleta de ar (t_1 , t_2 e t_3), obtidos nos testes T e Tukey.

Como foram verificadas diferenças entre os nove tratamentos, foram realizadas as análises dos valores médios, utilizando-se os testes T e Tukey (Quadro 23).

Quadro 23: Valores médios de UFC de fungos.m⁻³ de ar, com respectivas letras de significância nos testes T e Tukey, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	Média	N	Teste T	Tukey
S ₁ t ₃	3	6,425	15	a	a
S ₃ t ₃	9	6,039	15	a	a b
S ₂ t ₃	6	5,872	15	a b	b c
S ₁ t ₂	2	5,203	15	b c	b c
S ₃ t ₂	8	5,181	15	c	b c
S ₂ t ₂	5	4,764	15	c	c d
S ₃ t ₁	7	3,972	15	d	d
S ₁ t ₁	1	3,843	15	d	d
S ₂ t ₁	4	3,777	15	d	d

Os valores médios das 15 repetições, para cada sistema de tratamento, foram transformados em porcentagem de eficiência na desinfecção entre os três sistemas (S₁, S₂ e S₃). Os dados obtidos foram analisados utilizando-se, como controle de referência, o sistema S₁ - coleta de ar do interior do reator sem TiO₂/UV, para cada tempo de coleta (t_1 , t_2 e t_3). Os resultados estão apresentados nos Quadros 24, 25 e 26.

Quadro 24: Número médio de UFC de fungos.m⁻³ entre os sistemas S₁, S₂ e S₃, no experimento 1 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 1 (t₁), sendo S1 o controle. UNICAMP, Campinas, SP, 2006.

Sistema/ tempo	UFC de fungos.m ⁻³	Eficiência de desinfecção
	-- número --	- % -
S ₁ t ₁ *	16	-
S ₂ t ₁	16	0
S ₃ t ₁	18	0

*S₁t₁: controle.

Quadro 25: Número médio de UFC de fungos.m⁻³ entre os sistemas S₁, S₂ e S₃, no experimento 1 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 2 (t₂), sendo S1 o controle. UNICAMP, Campinas, SP, 2006.

Sistema/ tempo	UFC de bactérias.m ⁻³	Eficiência de desinfecção
	-- número --	- % -
S ₁ t ₂ *	29	-
S ₂ t ₂	27	6,9
S ₃ t ₂	31	0

*S₁t₂: controle.

Quadro 26: Número médio de UFC de fungos.m⁻³ entre os sistemas S₁, S₂ e S₃, no experimento 1 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 3 (t₃), sendo S1 o controle. UNICAMP, Campinas, SP, 2006.

Sistema/ tempo	UFC de bactérias.m ⁻³	Eficiência de desinfecção
	-- número --	- % -
S ₁ t ₃ *	44	-
S ₂ t ₃	38	13,6
S ₃ t ₃	41	6,8

*S₁t₃: controle.

5.2.2 Experimento 2

Os números de UFC de fungos.m⁻³ no ar, em cada tratamento e, em cada repetição, estão apresentados no Quadro 27 e, os valores transformados em $\sqrt[3]{N}$, no Quadro 28.

Quadro 27: Número de UFC de fungos.m⁻³ nos nove tratamentos (T) distribuídos em 15 repetições (R), no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	N*	Média
S _{4t₁}	1	11	17	9	10	16	27	48	20	4	13	8	21	9	8	4	225	15
S _{4t₂}	2	11	19	26	11	9	59	47	32	17	17	19	20	18	6	11	322	21
S _{4t₃}	3	11	39	34	16	19	58	66	32	29	14	17	16	23	15	10	399	27
S _{5t₁}	4	9	11	13	12	15	27	27	12	17	6	11	6	7	6	5	184	12
S _{5t₂}	5	10	21	11	17	24	29	31	24	16	11	20	12	13	11	9	259	17
S _{5t₃}	6	31	21	23	29	44	61	39	24	12	20	24	11	17	9	8	373	25
S _{6t₁}	7	11	12	13	3	11	19	22	17	7	5	0	1	8	7	10	146	10
S _{6t₂}	8	14	21	11	19	12	59	34	26	17	15	26	19	11	13	12	309	21
S _{6t₃}	9	8	0	18	32	18	29	40	27	30	20	0	22	14	17	10	285	19

*N: nº total de UFC de fungos.m⁻³ das 15 repetições (R).

Quadro 28: Valores transformados em $\sqrt[3]{N}$ das UFC de fungos.m⁻³ no ar ambiente, nos nove tratamentos referentes ao Quadro 27.

S/t	T	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
S _{4t₁}	1	3,32	4,12	3,00	3,16	4,00	5,20	6,93	4,47	2,00	3,61	2,83	4,58	3,00	2,83	2,00
S _{4t₂}	2	3,32	4,36	5,10	3,32	3,00	7,68	6,86	5,66	4,12	4,12	4,36	4,47	4,24	2,45	3,32
S _{4t₃}	3	3,32	6,24	5,83	4,00	4,36	7,62	8,12	5,66	5,38	3,74	4,12	4,00	4,80	3,87	3,16
S _{5t₁}	4	3,00	3,32	3,61	3,46	3,87	5,20	5,20	3,46	4,12	2,45	3,32	2,45	2,65	2,45	2,24
S _{5t₂}	5	3,16	4,58	3,32	4,12	4,90	5,39	5,57	4,90	4,00	3,32	4,47	3,46	3,61	3,32	3,00
S _{5t₃}	6	5,57	4,58	4,80	5,39	6,63	7,81	6,24	4,90	3,46	4,47	4,90	3,32	4,12	3,00	2,83
S _{6t₁}	7	3,32	3,46	3,61	1,73	3,32	4,36	4,69	4,12	2,65	2,24	0,00	1,00	2,83	2,65	3,16
S _{6t₂}	8	3,74	4,58	3,32	4,36	3,46	7,68	5,83	5,10	4,12	3,87	5,10	4,36	3,32	3,61	3,46
S _{6t₃}	9	2,83	0,00	4,24	5,66	4,24	5,39	6,32	5,20	5,48	4,47	0,00	4,84	3,74	4,12	3,16

As análises de variância foram realizadas de acordo com o que foi descrito no item 5.2.1 e estão relacionadas nos Quadros 29, 30 e 31.

Quadro 29: Análise de variância do número de UFC de fungos.m⁻³ de ar para nove tratamentos, considerando interação entre sistemas e tempos, do ar no ambiente do laboratório de Saneamento, Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Repetições	14	121,080	8,649	10,51**	0,0001
Sistema	3	348,383	116,127	141,11**	0,0001
Tempo	2	40,495	20,248	24,60**	0,0001
Interação S x T	6	8,821	1,470	1,79 n.s.	0,1053
Erro	154	126,738	0,823	-	-
Total corrigido	179	645,517	-	-	-

Obteve-se elevada significância dos resultados para sistemas, tempos de coleta e para a interação sistemas e tempos superiores a 1%, sendo então analisada a decomposição desses efeitos

Quadro 30: Análise das diferenças entre as médias dos três sistemas pelo testes T e Tukey, do ar no ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

Sistemas	UFC.m ⁻³	N*	Teste T	Teste de Tukey
S₄	4,346	45	a	a
S₅	4,096	45	a b	a b
S₆	3,750	45	b	b

*N: n° de dados em cada sistema, nos três tempos de coleta de ar, em 15 repetições

Quadro 31: Análise dos dados referentes aos três tempos (t_1 , t_2 e t_3) diferenciais de coleta das amostras de ar, utilizando-se testes T e Tukey, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

Tempo	UFC.m ⁻³	N*	Teste T	Teste de Tukey
t_3	3,739	60	a	a
t_2	3,451	60	a	a
t_1	2,620	60	b	b

*N: nº de dados em cada tempo de coleta de ar, nos quatro sistemas e em 15 repetições

Não foram constatadas diferenças significativas nos valores referentes aos tempos de coleta de ar t_2 e t_3 obtidos nos testes T e Tukey, sendo o tempo t_1 o mais significativo e adequado para a realização da fotocatalise heterogênea na destruição de UFC de fungos.

Como foram verificadas diferenças entre os nove tratamentos, foram realizadas as análises dos valores médios, utilizando-se os testes T e Tukey (Quadro 32).

Quadro 32: Valores médios de UFC de fungos.m⁻³, com respectivas letras de significância nos testes T e Tukey, no ar ambiente do laboratório de Saneamento, do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, SP, 2006.

S/t	T	Média	IR*	N	Teste T	Tukey
S_4t_3	3	4,948	100	15	a	a
S_5t_3	6	4,801	97	15	a	a
S_4t_2	2	4,419	89	15	a b	a b
S_6t_2	8	4,394	89	15	a b	a b
S_5t_2	5	4,101	83	15	b c	a b
S_6t_3	9	3,979	80	15	b c d	a b
S_4t_1	1	3,670	74	15	c d	b c
S_5t_1	4	3,387	68	15	d e	b c
S_6t_1	10	2,876	58	15	e	c

*IR: Índice relativo considerando-se como 100 o maior valor constatado de UFC de fungos

Os valores médios das 15 repetições, para cada sistema de tratamento, foram transformados em porcentagem de eficiência na desinfecção entre os três sistemas (S_4 , S_5 e S_6). Os dados obtidos foram analisados utilizando-se, como controle de referência,

o sistema S₁ - coleta de ar do interior do reator sem TiO₂/UV, para cada tempo de coleta (t₁, t₂ e t₃). Os resultados estão apresentados nos Quadros 33, 34 e 35.

Quadro 33: Número médio de UFC de fungos.m⁻³ entre os sistemas S₄, S₅ e S₆, no experimento 2 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 1 (t₁), sendo S1 o controle. UNICAMP, Campinas, SP, 2006.

Sistema/ tempo	UFC de fungos.m ⁻³	Eficiência de redução
	-- número --	- % -
S₁t₁*	16	-
S₄t₁	15	6,2
S₅t₁	12	25
S₆t₁	10	37,5

*S₁t₁: controle.

Quadro 34: Número médio de UFC de fungos.m⁻³ entre os sistemas S₄, S₅ e S₆, no experimento 2 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 2 (t₂), sendo S1 o controle. UNICAMP, Campinas, SP, 2006.

Sistema/ tempo	UFC de bactérias.m ⁻³	Eficiência de desinfecção
	-- número --	- % -
S₁t₂*	29	-
S₄t₂	21	27,5
S₅t₂	17	41,3
S₆t₂	21	27,5

*S₁t₂: controle.

Quadro 35: Número médio de UFC de fungos.m⁻³ entre os sistemas S₄, S₅ e S₆, no experimento 2 e eficiência de desinfecção, em percentagem. Média das 15 repetições, para cada sistema de coleta de ar, no tempo 3 (t₃), sendo S1 o controle. UNICAMP, Campinas, SP, 2006.

Sistema/ tempo	UFC de bactérias.m ⁻³	Eficiência de desinfecção
	-- número --	- % -
S₁t₃*	44	-
S₄t₃	27	38,6
S₅t₃	25	43,1
S₆t₃	19	56,8

*S₁t₃: controle.

6 DISCUSSÃO

6.1 Eficiência dos sistemas de desinfecção nas UFC de bactérias por m^{-3} nos experimentos 1 e 2

Na análise dos diferentes sistemas (S) do experimento 1, nos tempos 1 (t_1) e 2 (t_2), obtiveram-se qui-quadrados respectivos de 4,31 e 7,14, tendo o X^2 crítico o valor 7,82; portanto, são resultados não significativos ao nível de 5%, ou seja, não se constataram diferenças de desinfecção entre os sistemas em t_1 e t_2 .

No tempo 3 (t_3), o valor de qui-quadrado corrigido obtido foi de 10,2, sendo significativo ao nível de 5%, e é eficiente na desinfecção tanto para o tratamento S_2 ou S_3 , respectivamente, ou seja, com uma ou duas luzes UV-C, demonstrando que provavelmente o período maior de exposição das amostras de ar, é mais adequado para romper a parede celular e membrana plasmática dos esporos e células bacterianas como demonstrado nos trabalhos de Kuhn et. al. (2003) e Huang et. al (2000). A pesquisa de Ribeiro (2005), demonstrou que a desinfecção de células de *Escherichia coli*, somente com luz UV-C, não foi suficiente para desativar o seu metabolismo.

As fotos ilustrativas das placas de Petri com as colônias de bactérias deste Experimento 1 estão no Anexo 3, Figura 11.

Para o experimento 2, na análise dos diferentes sistemas (S), no tempo 1 (t_1), obteve-se qui-quadrado de 4,92 não corrigido e $X^2 = 12,30$, corrigido, resultado esse, significativo ao nível de 1%, ou seja $x^2 = 11,30$, constatando-se diferenças entre os sistemas. Como nos tratamentos S_4t_1 , S_5t_1 e S_6t_1 os valores de R_i foram praticamente idênticos, conclui-se que o tratamento S_4t_1 , com maior valor de R_i , é diferente dos demais, sendo, por isso, menos eficiente. Considerando-se que o tratamento S_4t_1 é com TiO_2 e sem desinfecção com radiação UV-C, os valores obtidos em S_5t_1 e S_6t_1 são

estatisticamente semelhantes entre si e os mais efetivos; portanto, a ação germicida em relação às bactérias é possível com uma ou duas lâmpadas UV-C, com o TiO_2 e com apenas 1 minuto de desinfecção.

Nos tempos 2 (t_2) e 3 (t_3), os valores de qui-quadrado não corrigidos foram, respectivamente, de 2,06 e 3,36 e corrigidos $X^2 = 5,24$ e $X_2 = 6,00$, não sendo significativos ao nível de 5%. Não há, portanto, diferenças entre os sistemas em cada um desses tempos de coleta.

As fotos ilustrativas das placas de Petri com as colônias de bactérias deste Experimento 2 estão no Anexo 3, Figura 12.

Em ambos os experimentos, após os tratamentos de desinfecção, constatou-se quantidade final de UFC de bactérias. m^{-3} muito pequena, com valores médios numéricos inferiores a um – Quadros 2 e 10. Dessa maneira, não se calcularam os percentuais de redução desses microrganismos coletados no ar ambiente.

Considerando-se os dados obtidos para bactérias, nos dois experimentos, verificou-se que houve diminuição nas UFC de bactérias. m^{-3} do ar ambiente coletado, tanto utilizando radiação UV-C combinada com a ação do TiO_2 , como somente com a radiação por luz germicida. Os resultados no experimento 2, após o tratamento fotocatalítico com TiO_2 , demonstraram que ocorre desinfecção do ar coletado em 1 minuto e 3 minutos, corroborando trabalhos como os de Kondo et al. (2003). Neste os autores descreveram a eliminação de microrganismos presentes no ar de ambiente fechado de um aparelho de ar condicionado, tratado em reator fotocatalítico.

Cordeiro et al. (2004) realizaram pesquisas com fotodegradação – com e sem TiO_2 , no tratamento de águas contaminadas por bactérias, comprovando a viabilidade desses processos. Indicaram uma dose suficiente de radiação UV em interação com o TiO_2 , para a garantia de total inativação bacteriana, assim como Matsunaga (1985) e Matsunaga et al. (1988), Ireland et al. (1993) e Wei et al. (1994), na inativação de *Escherichia coli*.

Oguma et al.(2004) observaram em seus estudos com *E. Coli* que, mesmo com mais eficiência da radiação UV sem TiO_2 , somente com radiação UV é conveniente a utilização do catalisador TiO_2 para obtenção de mais benefício ambiental. Isso porque, nesse processo são causados danos irreversíveis às paredes celulares bacterianas,

evitando-se uma nova fotorreatividade, fato relatado por Maness et al. (1999) e Sunada et al. (2003), em estudos de inativação com *E. coli*.

6.2 Eficiência dos sistemas de desinfecção nas UFC de fungos por m⁻³ nos experimentos 1 e 2

No experimento 1, pelo teste T, os tratamentos S_{1t3}, S_{2t3} e S_{3t3} não são diferentes entre si, sendo que os tratamentos S_{1t3} e S_{3t3} são superiores aos demais.

Os tratamentos S_{1t2} e S_{2t3} não são diferentes entre si e o tratamento S_{2t3} é superior aos que seguem pela ordem. Os tratamentos S_{1t2}, S_{2t2} e S_{3t2} não são diferentes entre si, sendo superiores a S_{1t1}, S_{2t1} e S_{3t1}. Os tratamentos S_{1t1}, S_{2t1} e S_{3t1}, não são diferentes entre si.

Pelo teste de Tukey, o tratamento S_{1t3} não difere do S_{2t3}, mas é superior aos demais. O tratamento S_{2t3} não é diferente dos tratamentos S_{1t2}, S_{2t2} e S_{3t2}, mas é superior aos demais. Os tratamentos S_{3t1}, S_{1t2}, S_{2t2} e S_{3t2}, não são diferentes entre si, assim como, em outro grupo de significância, os tratamentos S_{1t1}, S_{2t1} e S_{3t3}.

No experimento 1, se comparados os valores obtidos entre os sistemas - S₁, S₂ e S₃, não houve diferenças significativas entre os resultados destes sistemas citados, pelos testes T e Tukey, não foi constatada a ação germicida da luz UV na destruição das UFC de fungos. A percentagem de desinfecção não ultrapassou de 13% em todos os sistemas de tratamento, sendo a radiação germicida por UV-C, insuficiente para a desinfecção das UFC de fungos.m⁻³.

Uma das prováveis causas, consideradas para explicar a ineficiência da radiação de luz UV-C no experimento 1, pode ser pela resistência na superfície das membranas envoltórias das hifas, que se formaram nas placas de Petri em elevada quantidade, ao processo de fotólise.

As fotos ilustrativas das UFC de fungos do Experimento 1 estão no Anexo 4, Figura 13.

No experimento 2 se comparados os valores obtidos entre os sistemas - S₄, S₅ e S₆, os verificados em S₅ e S₆ foram os mais significativos pelos testes T e Tukey e superiores a S₄. Como não ocorreram diferenças significativas entre S₅ e S₆, constatou-

se a eficiência do método fotocatalítica na destruição das UFC de fungos, utilizando uma ou duas luzes UV.

Comparando-se os nove tratamentos, os sistemas S₅ e S₆ foram superiores aos demais no tempo t₁ no teste T, comprovando-se que ocorre a ação da fotocatalise heterogênea com menor eficiência de desinfecção (o maior percentual foi de 56,8%), como descrito por Paschoalino (2006), com eficácia semelhante e, diferente dos trabalhos de Kondo et al. (2003), em que se obtiveram inativação de 99% dos fungos de ar contaminado e tratado em reator fotocatalítico.

Pelo teste de Tukey não se constataram diferenças significativas entre os sistemas S₄, S₅ e S₆ no tempo t₁, demonstrando-se que, somente a ação do TiO₂, foi suficiente para a destruição dos microrganismos no ar contaminado do laboratório. As fotos ilustrativas das UFC de fungos no Experimento 2 estão no Anexo 4, Figura 14.

Segundo Huang et al.(2000), o processo de fotocatalise heterogênea – TiO₂/UV, devido aos danos ocasionados na parede celular e na membrana citoplasmática pelo aumento progressivo da permeabilidade e efluxo do conteúdo celular, é mais conveniente em função da destruição definitiva das células microbianas. Como também pode haver penetração das partículas livres de TiO₂ nas células danificadas, com o ataque direto e posterior nos componentes intracelulares, como enzimas e DNA, pode ser acelerada a morte celular.

Sabendo-se da ação efetiva da oxidação do sistema TiO₂/UV no tratamento de compostos orgânicos nas fases aquosa e gasosa, espera-se, com este trabalho, uma contribuição à aplicação do método fotocatalítico com TiO₂ na desinfecção do ar de ambientes confinados e de possíveis agentes patogênicos.

Pelos tempos de tomada de amostras, espera-se, ainda, viabilizar-se o desenvolvimento de equipamentos similares aos secadores de mãos, por exemplo, propiciando-se efetiva desinfecção e menos proliferação de agentes patogênicos em ambientes públicos com restrição de circulação de ar ambiente, tais como: cozinha de restaurantes, sanitários públicos, hospitais e setores de enfermaria.

7 CONCLUSÕES

O processo de fotocatalise heterogênea (TiO_2/UV) é um método efetivo para a desinfecção adequada de microrganismos – fungos e bactérias, presentes no ar de ambiente confinado laboratorial, por tempo de exposição de 1 minuto, com uma ou duas lâmpadas UV-C.

É possível confeccionar um reator fotocatalítico de uso eficaz na destruição de microrganismos presentes no ar de ambientes confinados e com períodos menores de exposição para a desinfecção do ar coletado.

É viável a quantificação de UFC de fungos. m^{-3} e UFC de bactérias. m^{-3} , dispersos no ar ambiente, pela aplicação do processo de fotocatalise heterogênea (TiO_2/UV).

A eficácia de desinfecção por fotocatalise heterogênea foi efetiva, para as UFC de bactérias. m^{-3} , apesar da baixa densidade encontrada. Para os fungos houve uma redução de 56,8% das UFC de fungos. m^{-3} .

8 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6401 - Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto – Parâmetros Básicos de Projeto**. 1980.

AFONSO, M. S. M.; TIPPLE, A. F. V.; SOUZA, A. C. S.; PRADO, M. A.; ANDERS, P. S. - **A qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados e sua influência na ocorrência de infecções**. Revista Eletrônica de Enfermagem, v.6, n.2, p. 181-188, 2004. Disponível em www.fen.ufg.br

ALBERICI, R.M. Destruição de compostos orgânicos voláteis em fase gasosa por fotocatalise heterogênea. Tese de Doutorado, Instituto de Química – UNICAMP. 112p., 1996.

ALBERICI, R. M.; JARDIM, W. F. Photocatalytic destruction of VOCs in the gas-phase using titanium dioxide. *Appl. Catal., B.*, v. 14, p. 55-68, 1997.

ANDREOZZI, R.; CAPRIO, V.; INSOLA, A.; MAROTTA, R. Advanced oxydation process (AOP) for water purification and recovering. *Catal. Today*, v.53, p.51. 1999.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasil, Ministério da Saúde. Portaria nº. 3523, publicada no Diário Oficial da União em 31 de Agosto de 1998. Disponível em: www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/re/09_03_1. Acessado em 20 de fev. de 2006.

BARTLETT, M.S. The Use of Transformations Biometrics, v.3, n.1, p. 39-52, Mar., 1947.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SUNDELL, T., eds. Indoor air, Proceedings 3rd International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Stockholm, 1984. v.1-5.

BHATTACHARJEE, C.; SHARAN, R. UV-C radiation induced conformational relaxation of pMTa4 DNA in *Escherichia coli* may be the cause of single strand breaks, International Journal of Radiation Biology, Italy, v.81, n.12, p. 919-927, dec, 2006.

BOLTON, J. R. Light Compendium – Ultraviolet Principles and Applications. *EPA Newsletter*, v.66, p. 9-36, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar*. Manual de Controle de Infecção Hospitalar. Brasília, 1985

BREDOW, T.; JUG, K. Sinto1 study of photocatalytic formation and reactions of OH radicals at anatase particles, *J. Phys. Chem.* v.99, p.285, 1995.

BRICKNER, P.W.; VINCENT, R.L.; FIRST, M.; NARDELL, E.; MURRAY, M.; KAUFMAN, W. The application of ultraviolet germicidal irradiation to control transmission of airborne disease: Bioterrorism countermeasure, *Public Health Reports*. V. 118, n. 2, p. 99-114, mar, 2003.

BRITO, L. Tuberculose nosocomial: medidas de controle de Engenharia. *Boletim de Pneumatologia Sanitária*, São Paulo, v.9, n.2, p. 33-50, jul-dez., 2001.

BRYANT, E. A., FULTON, G.P. e BUDD, G.C. *Disinfection alternatives for safe drinking water*. Van Nostrand Reinhold Ed., Nova York, EUA. 518p, 1992.

CAMPOS, H. Estatística Experimental Não-Paramétrica. Piracicaba, Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 4.ed. 1983.

CORDEIRO, A.C. de S.; LEITE, S.G.F.; DEZOTTI, M. Inativação por oxidação fotocatalítica de *Escherichia coli* e *Pseudomonas* sp. *Química Nova*, São Paulo, v.27, n.5, p.689-694, 2004.

DECO PROTESTE. Disponível em: <http://www.deco.proteste.pt/map/src/405711.htm>. Acessado em 22/02/2006.

DIXON, W.J.; MASSEY Jr., F.J. Introduction to statistical anlysis. McGraw-Hill, New York, 4.ed. 1985.

DOMENÈCH, X.; JARDIM, W.F.; LITTER, M.I. **Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes**. In: Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea, cap. 1, *Rede CYTED*, La Plata, 2001.

DuPont do Brasil S.A.. Disponível em: http://www.dupont.com.br/adm/port/upload_produto_pdf/FISPQ%20TiPure.PDF. Acessado em: 28/01/2006.

EPA. **Alternative disinfectants and Oxidants Guidance Manual**. Enviromental Protection Agency for Environmental Research Information, 815/R-99-014, cap. 3,1999.

FINNEGAN, M.J.; PICKERING, C.A.; BURGE, P.S. The sick building syndrome: prevalence studies. *Brit. Med. J.*, **289**: 1573-5,1984.

FOX, M.A.; DULAY, M.T. Heterogeneous photocatalysis. *Chem. Rev.* ,v.93, p.341, 1993.

FRANCISCO, P.M.S.B.; DONALISIO, M.R.; LATTORRE, M.R.D.O. Interações por doenças respiratórias em idosos e a intervenção vacinal contra influenza no Estado de São Paulo. *Rev. Brás. Epidemiol.*, v.7, n.2, p. 220-227, 2004.

FRASER, D.W.; TSAI, T.R.; ORENSTEIN, W.; PARKIN, W.E.; BEECHAM, H.J.; SHARRAR, R.G.; HARRIS, J.; MALLISON, G.F.; MARTIN, S.M.; McDADE, J.E.; SHEPARD, C.C.; BRACHMAN, P.S. Field Investigation Team. Legionnaires' disease: description of an epidemic of pneumonia. *New Engl. J.Med.*, 297: 1189-97, 1977.

FUJISHIMA, A.; HONDA, K. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. *Nature, London*, v.37, p. 238, 37, 1972.

FUJISHIMA, A.; HASHIMOTO, K.; WATANABE, T. **TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications**. BKC, Inc., Koyo Printing Co., LTD., Tokyo, Japan. 1999.

GODOY, D.V.; ZOTTO, c.d.; BELLICANTA, J.; WESCHENFELDER, R.F.; NACIF, S.B. Doenças respiratórias como causa de internações hospitalares de pacientes do Sistema Único de Saúde num serviço terciário de clínica médica na região nordeste do Rio Grande do Sul. *J. Pneumologia, São Paulo*- jul-ago, v.27, n.4, p. 193-198, 2001.

HUANG, C.P.; DONG, C.; TANG, Z. Advanced chemical oxidation: its present role and potential future in hazardous waste treatment. *Waste management*, v.13, p.361-377, 1993.

HUANG, Z.; MANESS, P.; BLAKE, B. M.; WOLFRUM, E. J.; SMOLINSKI, S. L.; JACOBY, W. A. Bactericidal mode of titanium dioxide photocatalysis. *J. Photochem. Photobiol., A*, v.130, p.163-170, 2000.

INMETRO. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/qualidadedoAr.asp#historico>. Acessado em 20/02/2006.

IRELAND, J. C.; KLOSTERMANN, P.; RICE, E.W.; CLARK, R.M.; *Inactivation of Escherichia coli by Titanium Dioxide Photocatalytic Oxidation*. *Applied and Environmental Microbiology*, v.59, n.5, p.1668-70, May. 1993.

KONDO, M. M.; ORLANDA, J. F. F.; FERREIRA, M. G. A. B.; GRASSI, M. T. Proposição de um reator fotocatalítico para destruição de microrganismos em ambientes interiores. *Química Nova, São Paulo*, v.26, n.1, p.133-135, 2003.

KRIPPAHL, M.H. Ambientális – Laboratório de Análises Ambientais, Lda. Disponível no site: http://www.ambientalis.pt/informacao_gai_2.htm. Acessado em 15 fev. 2006

KÜHN, K.P.; CHABERNY, I.F.; MASSHOLDER, K.; STICKLER, M.; BENZ, V.W.; SONNTAG, H.G.; ERDINGER, L. Disinfection of surfaces by photocatalytic oxidation with titanium dioxide and UV-A light. *Chemosphere, Oxford*, v.53, n.1, p. 71-77, 2003.

LEMOS, E. T. POLUIÇÃO INTERIOR: ABORDAGEM AO SÍNDROMA DOS EDIFÍCIOS DOENTES. *Rev. Ambiente*, 7, julho de 1997. In: _____.
http://www.ipv.pt/millennium/Millennium_7.htm Acessado em 15/02/2006.

MANNES, P.C.; SMOLINSKI, S.; BLAKE, D.M.; HUANG, Z.; WOLFRUM, E.J.; JACOBY, W.A. Bactericidal activity of photocatalytic TiO₂ reaction: toward and understanding of its killing mechanism. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.65, p.4094-4098, 1999.

MATSUNAGA, T. Sterilization with particulate photoconductor. *J. Antibact. Antifungig Agents*, v.13, p.211-220, 1985.

MATSUNAGA, T.; TOMODA, R.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, N.; KOMINE, T. Continuous sterilization system that uses photo-semiconductor powders. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.54, p.1330, 1988.

MATTHEWS, R. W. Photo-oxidation of organic material in aqueous suspensions of titanium dioxide. *Water Research*, v.20, n.5, p. 569-78, 1986.

MONTAGNA, M.T.; TATO, D.; NAPOLI, C.; CASTIGLIA, P.; GUIDETTI, L.; LIGUORI, G.; PETTI, S.; TANZI, M.L. Pilot study on the presence of *Legionella spp* in 6 italian cities' dental units. *Ann ig.*, v.18, n.4, p. 298-303. jul-aug. 2006.

NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. A fotocátalise heterogênea e sua aplicação ambiental. *Quím. Nova*, São Paulo, v.21, n.1, p.69-72. jan./fev. 1998.

OGUMA, K.; KATAYAMA, H.; OHGAKI, S. Photoreactivation of *Legionella pneumophila* after inactivation by low- or medium-pressure ultraviolet lamp. *Water Res.*, v.38, n.11, p.2757-2763, Japan, 2004.

PASCHOALINO, M.P. Utilização da fotocátalise heterogênea na desinfecção de atmosferas confinadas. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 90p., 2006.

PELCZAR Jr., M.J.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. Microbiologia – conceitos e aplicações. Ed. Makron Books, 2.ed., v.2, 1996.

PEREIRA, M. do S.S. Especificação e remoção de arsênio de águas utilizando voltametria de redissolução catódica e processos oxidativos avançados. Tese de Doutorado. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 160p., 2005.

PEREIRA, M.do S.S.; GUIMARÃES, J.R.; RATH, S.; ROSTIER, A.H. Remoção de arsênio de águas contaminadas da cidade de Ouro Preto e Mariana utilizando processos oxidativos avançados. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 28. Poços de Caldas, MG. 30/05 a 02/06/2005. Livro de Resumos, AB-039. 2005.

PHILLIPS, T. Annihilating Anthrax. NASA. 2002. Disponível em: http://science.nasa.gov/headlines/y2002/01feb_anthrax.htm. Acessado em 15 fev 2006

PIMENTEL-GOMES, F. Estatística Experimental. Piracicaba, 4.ed. 2000.

PRUDEN, H.N.; OLLIS,D.F. Photoassisted heterogeneous catalysis: the degradation of trichloroethylene in water. J. Catal., v.82, p.404-417, 1983.

RADIOBRÁS, 1998, Disponível em: http://www.radiobras.gov.br/antiores/1998/sinopses_2004.htm#1. Acessado em 22 fev 2006.

RIBEIRO, M.A. Avaliação da atividade fotocatalítica sobre a inativação de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Saccharomyces cerevisiae* utilizando Dióxido de titânio, para aplicação em desinfecção de águas. Universidade Estadual Paulista, "Julio de Mesquita Filho", Campus de Rio Claro, SP, 64p., 2005.

SÁNCHEZ, B.; Cardona, A. I.; Peral, J.; Litter, M. I. **Purificación de gases por fotocatalisis heterogénea: estado del arte**. In: Eliminación de Contaminantes por Fotocatalisis Heterogénea, cap. 2, *Rede CYTED*, La Plata, 2001.

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS/STAT User's Guide. CARY, U.S.A., 4ed., 890p., 1990.

SIEGEL, S. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. McGraw-Hill, New York, 1956.

SMART, L., MOORE, E.. **"Solid state chemistry – an introduction"**. Chapman & Hall, NY, chap.2. 1992.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. Statistical Methods. Iowa State University Press, 6.ed., 593p, 1967.

STEEL, R.G.D.; TOORIE, J.H. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill, New York, 1 ed., 663p, 1981.

STERLING, E.; STERLING, T. The impact of different ventilation levels and fluorescent lighting types on building illness: an experimental study. *Canad. J. publ.Hlth*, v.74, p. 385-92,1983.

STERLING, T.D.; COLLET, C.; RUMEL, D. A epidemiologia dos "edifícios doentes". *Rev. Saúde Pública* v.25 n.1, 1991.

SUNADA, K.; WATANABLE, T.; HASHIMOTO, K. Studies on photokilling of bacteria on TiO₂ thin film. J. Photochem. Photobiol. A. Chem., v.156, p.227-233, 2003.

SURI, R. P. S.; LIU, J.; HAND, D.W.; CRITTENDEN, J.C.; PERRAM, D.L.; MULLINS, M.E. Heterogeneous photocatalytic oxidation of hazardous organic contaminants in water. *Water Environmental Research*, v.65, n.5, p.665-73, Jul./Aug. 1993.

SZYMARISKA, J. Exposure to airborne fungi during conservative dental treatment. *Ann Agric Environ Med*, v.13, p. 177-179, Poland, 2006.

TAYLOR, G.J.S.; BANNISTER, G.C.; LEEMING, J.P. Wound disinfection with ultraviolet radiation. *Journal of Hospital Infection*, v.30, p.85-93, 1995.

TEIXEIRA, C.P.A.B.; JARDIM, W.F. Processos oxidativos avançados - conceitos teóricos. UNICAMP: Caderno Temático, v.3, 83p. 2004.

TRABULSI, L. R., Morfologia e estrutura da célula bacteriana. In: *Microbiologia*, 4ª ed., v.1, c.1, p. 3-11. Livraria Atheneu Editora, Rio de Janeiro, 2004.

TUNÇ, K.; OLGUN, U. Microbiology of public telephones. *Journal of Infection*, v.53, p.140-143, 2006.

TURCHI, C. S.; OLLIS, D. F.. Photocatalytic degradation of organic water contaminants: mechanisms involving hydroxyl radical attach. *J. Catal.*, p.22, p.178-192, 1990.

ZIOLLI, R. L.; JARDIM, W. F. *Mecanismo de fotodegradação de compostos orgânicos catalisada por TiO₂*. *Química Nova*, v.21, n.3, p.319-25, 1998.

WEI, C.; LIN, W.Y.; ZAINAL, Z.; WILLIAMS, N.E.; ZHU, K.; KRUZIC, A.P.; SMITH, R.L.; RAJESHWAR, K. Bactericidal activity of TiO₂ photocatalyst in aqueous media: toward solar – assisted water disinfection system. *Environ. Sci. Technol.*, v.28, n.5, p.934-938, 1994.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Indoor air pollutants: exposure and health effects*. Copenhagen, 1983. (Euro Reports and Studies, 78).

XU, P; PECCIA, J.; FABIAN, P.; MARTYNY, J.W.; FENNELLY, K.P.; HERNANDEZ, M.; MILLER, S.L., Efficacy of ultraviolet germicidal irradiation of upper-room air in inactivating airborne bacterial spores and mycobacteria in full-scale studies. *Atmospheric Environment*, v.37, n.3, p. 405-419, jan., 2003.

ANEXOS

ANEXO 1 - PIGMENTO DIÓXIDO DE TITÂNIO

PIGMENTO DIÓXIDO DE TITÂNIO - TiPure ®

FISPQ No. DU000348

Última Revisão: 26/01/2002

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA COMPANHIA

NOME DO PRODUTO

Pigmento Dióxido de Titânio TiPure ® “GRAUS” cobertos por esta **FISPQ** : R-103, R-104, R- 05, R-706, R-794, R-795, R-900, R-902, R-931 E R-960

NOME DA EMPRESA FABRICANTE: DuPont do Brasil S.A.

2. COMPOSIÇÃO/INFORMAÇÃO SOBRE INGREDIENTES

COMPONENTES: Material Número CAS %

Dióxido de Titânio 13463-67-7 80-98

Hidróxido de Alumínio 21645-51-2 0-9

Sílica Amorfa 7631-86-9 0-16

3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

PERIGOS MAIS IMPORTANTES: contato com os olhos pode causar irritação, desconforto, lacrimejamento, dor e/ou visão turva e contato repetido do Dióxido de Titânio com a pele, pode causar ressecamento ou rachaduras em indivíduos com pele sensível.

EFEITOS DO PRODUTO ADVERSOS À SAÚDE HUMANA

Super-exposição por inalação o Dióxido de Titânio, durante curtos períodos, pode causar irritação das vias aéreas, como garganta e pulmões, causando tosse, dificuldade para respirar ou paradas respiratórias. Resultados de estudos epidemiológicos da DuPont, mostraram que funcionários que foram expostos ao Dióxido de Titânio não apresentaram risco maior em desenvolver câncer no pulmão, do que aqueles que não foram expostos. Não foi verificado o desenvolvimento de fibrose pulmonar em nenhum funcionário e também não foi verificada nenhuma associação entre a exposição do Dióxido de Titânio e qualquer enfermidade crônica respiratória e/ou anormalidades em exames de raio X. Com base nos estudos acima citados, a DuPont pode concluir que o Dióxido de Titânio não causa câncer de pulmão, enfermidades respiratórias crônicas em seres humanos, nas concentrações usualmente encontradas em ambientes de trabalho.

A inalação de sílica amorfa, pode causar ressecamento da mucosa e irritação do nariz, garganta e pulmões com hemorragias nasais, tosse, dificuldade para respirar ou paradas respiratórias.

Com base em experiências com animais, exposições a altas concentrações, durante longos períodos podem levar a inflamações pulmonares e subsequente desenvolvimento de enfermidades pulmonares crônicas.

A sílica amorfa não induz aos efeitos pulmonares associados à sílica cristalina.

Estudos epidemiológicos não tem demonstrado evidencia de fibrose em trabalhadores expostos à poeira de sílica amorfa em níveis de 2 a 7 mg/m³.

Suscetibilidade aumentada para os efeitos da sílica amorfa pode ser observada em pessoas com doenças pulmonares preexistentes.

INFORMAÇÕES CARCINOGENICAS

Nenhum dos componentes presentes neste material, em concentrações iguais ou maiores que 0,1% estão listadas pelo IARC, NTP, OSHA ou ACGIH como substâncias cancerígenas.

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

INALAÇÃO

Caso inalado, remova a pessoa para local de ar fresco. Caso não esteja respirando, aplique respiração artificial. Caso a pessoa esteja com dificuldades respiratórias, forneça oxigênio e procure auxílio médico.

CONTATO COM A PELE

Apesar do material não ser perigoso em contato com a pele, é recomendável lavar o local após o uso e/ou contato involuntário.

CONTATO COM OS OLHOS

Em caso de contato, lave imediatamente a região afetada com água em abundância por pelo menos 15 minutos, procure auxílio médico.

INGESTÃO

Nenhuma intervenção é indicada uma vez que o produto não é perigoso por ingestão embora, caso ocorram sintomas anormais, procurar auxílio médico.

5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

PROPRIEDADES INFLAMÁVEIS: Produto não Inflamável / Combustível

MEIOS DE EXTINÇÃO: Qualquer meio apropriado aos materiais combustíveis na área

6. MEDIDAS DE CONTRÔLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

PESSOAL: Reveja as seções “MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO” e “MANUSEIO” antes de efetuar qualquer limpeza. Utilize EPI's adequados durante a limpeza.

MEDIDAS PARA DERRAMES: Varrer o material derramado e acondicioná-lo em um recipiente fechado para posterior disposição.

INSTRUÇÕES ESPECIAIS PARA OS GRAUS R-104 E R-105: Em função do R-104 e R-105 serem hidrofóbicos, não utilizar água para limpeza da área onde aconteceu o derrame.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

MANUSEIO

Durante o processo de produção do Dióxido de Titânio, o material é embalado à temperaturas entre 80 à 120 °C assim sendo, quando o produto é embarcado logo após ser embalado, o mesmo deverá permanecer nessa temperatura por algum tempo, dependendo da temperatura ambiente e/ou das condições de armazenamento.

Nestas condições devem ser tomadas precauções durante a utilização do produto em tintas “base solvente”, de maneira a evitar riscos de ignição do solvente.

Material embalado em sacos plásticos tem risco de causar ignição por estática, em locais onde haja presença de vapores de materiais inflamáveis e/ou explosivos.

Evitar respirar o pó eventualmente formado durante manuseio do produto, utilize proteção respiratória caso os limites de exposição sejam excedidos.

ARMAZENAMENTO

Baseado na experiência da DuPont no que se refere ao armazenamento do produto, os seguintes critérios devem ser seguidos:

-TIPO DE EMBALAGEM/GRAU ALTURA MÁXIMA EM NÚMERO DE PALLETS BIG BAGS DE 500 E 1000 Kg 2 R-931 2 TODOS OS OUTROS GRAUS 3. O material armazenado deve ser protegido contra umidade.

8. CONTROLES SOBRE EXPOSIÇÃO/PROTEÇÃO PESSOAL

CONTROLES DE ENGENHARIA

Uma boa ventilação deve ser mantida no local onde o produto é armazenado/utilizado, para evitar que a concentração de poeira exceda os limites máximos de exposição.

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO PESSOAL

Caso os limites de concentração do produto no ar, sejam ultrapassados, é necessário utilizar máscaras purificadoras de ar, adequadamente ajustadas e equipadas com filtros contra pó.

Devem ser utilizadas luvas para evitar contato prolongado com o produto. Da mesma forma, recomenda-se utilizar equipamento de proteção para os olhos (óculos de segurança com protetores laterais).

LIMITES DE EXPOSIÇÃO

Hidróxido de Alumínio ACGIH TLV – TWA: não estabelecido OSHA 8 h – TWA: não estabelecido

Sílica amorfa:

ACGIH TLV – TWA: 10 mg/m³ (pó total)

OSHA 8 hrs – TWA: 80 mg/m³

DuPont AEL: 3 mg/m³ (pó respirável)

Dióxido de Titânio:

PEL (OSHA) 15 mg/m³, poeira total 8hs. TWA

TLV (ACGIH) 10 mg/m³, poeira total 8hs. TWA

AEL (DuPont) 5 mg/m³, poeira respirável 8hs. TWA

10 mg/m³, poeira total 8hs. TWA

9. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

DADOS FÍSICOS: Solubilidade em Água Insolúvel; Forma pó; Cor branca; Forma Pó; Odor Nenhum; Densidade de vapor não é volátil; Ponto de fusão 1825°C; pH 4 – 10; Peso específico 3,6 – 4,3

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

ESTABILIDADE QUÍMICA: Estável.

INCOMPATIBILIDADE COM OUTROS MATERIAIS: Nenhuma conhecida.

PRODUTOS DE DECOMPOSIÇÃO PERIGOSA / POLIMERIZAÇÃO: Não ocorrerá.

POLIMERIZAÇÃO: Não ocorrerá.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

O produto contém Dióxido de Titânio que é considerado um irritante moderado dos olhos e da pele, porém não desenvolveu sensibilidade cutânea em animais. Este produto pode conter sílica amorfa, que é considerado um irritante leve para os olhos e quase nulo à levemente irritante para a pele, quando testado em animais em solução aquosa à 50%. Poeira de sílica amorfa não é esperado que seja um produto irritante à pele. Testes em animais, indicam que a sílica amorfa não causa sensibilidade cutânea.

Estudos mostraram que a exposição em curtos períodos, à misturas de Dióxido de Titânio contendo 6% de Hidróxido de Alumínio e 8% de Dióxido de Silício, desenvolveu uma resposta fibrogênica em animais expostos a concentrações de 1000 mg/m³ de poeira respirável.

Uma reação típica celular à poeira mas não fibrogênica foi verificada em animais similarmente expostos a Dióxido de Titânio ou a misturas de Dióxido de Titânio contendo de 1 a 3% de Hidróxido de Alumínio e de 2.7 a 6% de Dióxido de Silício.

Exposições a inalações repetidas à sílica amorfa causaram alterações pulmonares incluindo inflamação reversível.

Exposição por longos períodos, causaram alterações pulmonares, incluindo inflamação reversível, obstrução vascular e efizema.

Porcos da Guiné expostos a inalação de Hidróxido de Alumínio não apresentaram evidencias de danos mas mostraram acúmulo progressivo de alumínio nos pulmões.

Ingestão repetida de Dióxido de Titânio e Sílica Amorfa por longos períodos não causou efeitos toxicológicos significativos.

Ingestão repetida de Hidróxido de Alumínio causou em animais retardamento do crescimento e alterações nos ossos, em função da depleção do fosfato porém, ingestão de fosfato, elimina tais alterações.

Estudos durante o tempo de vida de animais expostos à inalação de partículas respiráveis de Dióxido de Titânio à níveis acima de 250 mg/m³, não foram evidenciados sinais clínicos de toxicidade relacionados ao composto.

Fibrose pulmonar leve foi verificada à níveis de 50 a 250 mg/m³ de poeira respirável mas não à níveis de 10 mg/m³. Não há evidencia do desenvolvimento de câncer em animais expostos a inalação de poeira respirável entre 10 a 50 mg/m³.

Tumores microscópicos nos pulmões foram encontrados em 17% dos ratos expostos 250 mg/m³ de poeira respirável de Dióxido de Titânio. Os tumores encontrados nos ratos foram diferentes dos tumores cancerosos de pulmão comumente encontrados em humanos, no que diz respeito ao tipo anatômico e localização, só ocorrendo a níveis de poeira superior à capacidade do mecanismo de liberação pulmonar dos animais, assim sendo de relevância biológica questionável para o ser humano.

Ratos e camundongos, alimentados à níveis superiores a 50000 ppm de Dióxido de Titânio, durante o tempo de vida dos mesmos, não demonstraram evidencias de câncer ou outro efeito adverso significativo. Não há dados disponíveis para determinar desenvolvimento de efeitos tóxicos do Dióxido de Titânio no processo reprodutivo em animais. Testes tem mostrado que o Dióxido de Titânio não causa danos genéticos em bactérias, culturas de células de mamíferos ou em animais.

Sílica amorfa não apresentou efeitos cancerígenos, reprodutivos ou danos genéticos em culturas de bactérias.

DADOS EM ANIMAIS

Alguns (mas não todos) graus de Dióxido de Titânio Ti-Pure[®], contém ou Hidróxido de Alumínio e Sílica Amorfa.

DIÓXIDO DE TITÂNIO TIPURE[®]

ALD Oral : >24,000 mg/kg em ratos

ALD Dérmico : >10,000 mg/m³ em coelhos

Inalação 4-horas ALC : >6.82 mg/L em ratos

SÍLICA AMORFA :

LD50 Oral : >10,000 mg/kg em ratos

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

TOXICIDADE AQUÁTICA: 96 horas "fathead minnows" LC50 >1,000 mg/L

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE DISPOSIÇÃO

DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS: Seguir todas as regulamentações Federais, Estaduais e/ou Municipais que tratam sobre a correta disposição de resíduos químicos.

14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

Não regulamentado como material perigoso.

15. REGULAMENTAÇÕES

TSCA

Classificado como material Classe III, Seções 311, 312

Agudo : Não

Crônico : Não

Fogo : Não

Reatividade : Não

Pressão : Não

LISTS

Substância extremamente perigosa : Não

Substância Perigosa (CERCLA) : Não

Produto Químico Tóxico : Não

CLASSIFICAÇÃO NFPA, NPCA-HMIS :

Saúde : 0

Flamabilidade : 0

Reatividade : 0

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

USO MÉDICO: Não utilizar em aplicações médicas que envolvam implantações permanentes no corpo humano. Para outras aplicações médicas consulte o Boletim da DuPont No.H-50102.

ANEXO 2 - Resolução - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003

Resolução - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003.

D.O.U de 20 de janeiro

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

II – 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 desconforto.²
- 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 ≤ 750 ufc/m³ 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 $\leq 1,5$, 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 - □1000 ppm de dióxido de carbono – (CO₂) , como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar².

2.2 - □80 □g/m³ 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 230C a 260C, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 210C e 230C. A faixa máxima de operação deverá variar de 26,50C a 270C, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 280C. 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 200C a 220C.

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	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 Ventilador Plenum de mistura/casa de máquinas	Desencrustação semestral e limpeza trimestral Semestral 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 II e III.

QUADRO II
Possíveis fontes de poluentes biológicos

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, 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 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

QUADRO III
Possíveis fontes de poluentes químicos

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 termoacústico 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): 4-1,1999.

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-químico 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 epidemiológico:* 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:** $\pm 0,02$ l/min.

Precisão: $\pm 99,92$ %

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 (m²) 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 de acordo com especificação do fabricante.

Faixa: de 0 a 5.000 ppm.

Exatidão: ± 50 ppm + 2% do valor

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 (m²) 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 (m²) 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

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

PERIODICIDADE: Semestral.

FICHA TÉCNICA DO AMOSTRADOR:

Amostrador: Unidade de captação constituída por filtros de PVC, diâmetro de 37 mm e porosidade de 5 μm de diâmetro de poro específico para poeira total a ser coletada; Suporte de filtro em disco de celulose; Portafiltro em plástico transparente com diâmetro de 37 mm.

Aparelhagem: Bomba de amostragem, que mantenha ao longo do período de coleta, a vazão inicial de calibração com variação de 5%.

Taxa de Vazão: 1,0 a 3,0 l/min, recomendado 2,0 l/min.

Volume Mínimo: 50 l

Volume Máximo: 400 l

Tempo de Amostragem: relação entre o volume captado e a taxa de vazão utilizada

Embalagem: Rotina

Calibração:

0 Em cada procedimento de coletas e operado com bombas diafragmáticas.

Exatidão: $\pm 5\%$ do valor Medido

ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM:

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

Área construída (m²) 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 3: Placas de Petri com bactérias no Experimento 1 e 2

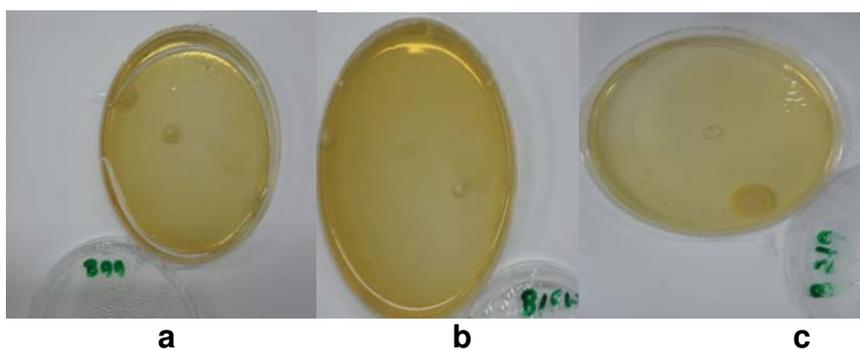


Figura 11 Placas de Petri referentes aos três sistemas de desinfecção de bactérias no Experimento 1: a) S₁, controle interior da caixa sem TiO₂/UV; b) S₂, sem TiO₂ com 1 UV-C e c) S₃, sem TiO₂ com 2 UV-C. UNICAMP, Campinas, SP, 2006

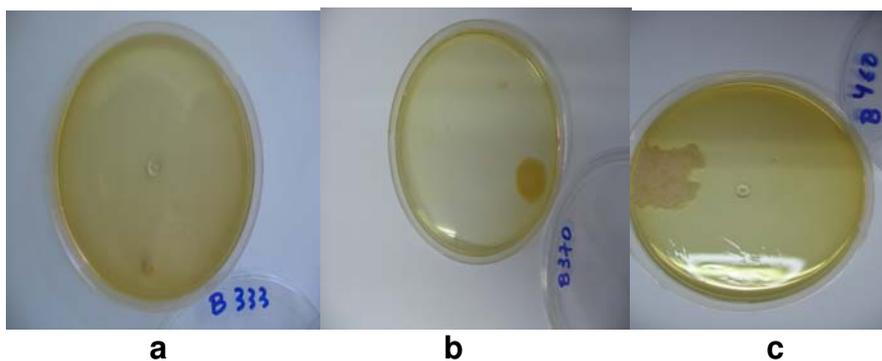


Figura 12 Placas de Petri referentes aos três sistemas de desinfecção de bactérias no Experimento 2: a) S₅, controle interior da caixa com TiO₂/sem UV; b) S₆, com TiO₂/com 1 UV-C e c) S₇, com TiO₂/com 2 UV-C. UNICAMP, Campinas, SP, 2006

ANEXO 4: Placas de Petri com fungos no Experimento 1 e 2

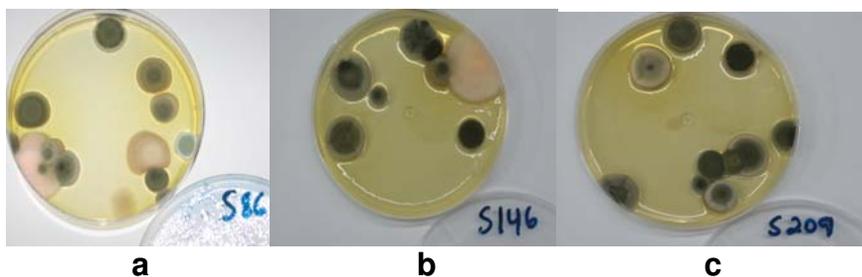


Figura 13 Placas de Petri referentes aos três sistemas de desinfecção de fungos no Experimento 1: a) S₁, controle interior da caixa sem TiO₂/UV; b) S₂, sem TiO₂ com 1 UV-C e c) S₃, sem TiO₂ com 2 UV-C. UNICAMP, Campinas, SP, 2006

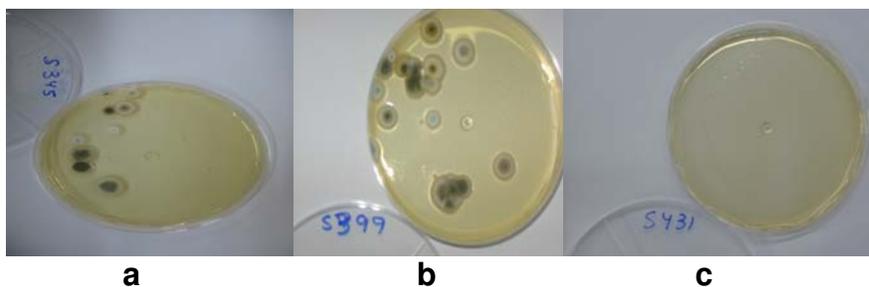


Figura 14 Placas de Petri referentes aos três sistemas de desinfecção de fungos no Experimento 2: a) S₅, controle interior da caixa com TiO₂/sem UV; b) S₆, com TiO₂/com 1 UV-C e c) S₇, com TiO₂/com 2 UV-C. UNICAMP, Campinas, SP, 2006.