

Universidade de Ribeirão Preto
Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias
Programa de Doutorado em Tecnologia Ambiental

Alessandra Regina dos Santos

QUALIDADE DO AR INTERIOR EM ACADEMIAS DE GINÁSTICAS:
PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

Ribeirão Preto
2019

ALESSANDRA REGINA DOS SANTOS

QUALIDADE DO AR INTERIOR EM ACADEMIAS DE GINÁSTICAS:
PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

Tese apresentada à Universidade de Ribeirão Preto como requisito parcial para obtenção do título de Doutor pelo programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias. Área de concentração: Controle de Poluição e Contaminação do Ar.

Orientadora: Profa. Dra. Maristela Silva Martinez

Ribeirão Preto
2019

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

S237q Santos, Alessandra Regina dos, 1971-
Qualidade do ar interior em academias de ginásticas:
parâmetros físicos, químicos e microbiológicos / Alessandra
Regina dos Santos. – Ribeirão Preto, 2019.
137 f.: il. color.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maristela Silva Martinez.

Tese (doutorado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP,
Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2019.

1. Sala de musculação - Qualidade. 2. Qualidade do ar interior
em sala de *spinning*. 3. Parâmetros físicos. 4. Parâmetros
químicos. 5. Parâmetros microbiológicos. I. Título.

CDD 628

ALESSANDRA REGINA DOS SANTOS

"Qualidade do Ar Interior em Academias De Ginásticas: Parâmetros Físicos, Químicos e Microbiológicos".

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora pelo programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientadora: Profa. Dra. Maristela Silva Martinez.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

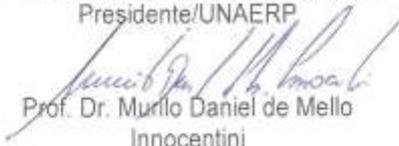
Data de defesa: 29 de novembro de 2019

Resultado: Aprovada

BANCA EXAMINADORA


Profa. Dra. Maristela Silva Martinez
Presidente/UNAERP


Profa. Dra. Claudia Kallas Gonçalves
UEMG/Passos


Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello
Innocentini
UNAERP


Prof. Dr. Cassio Mascarenhas Robert
Pires
UNIARA/Araraquara


Prof. Dr. Edilson Carlos Carità
UNAERP

RIBEIRÃO PRETO
2019

Dedico este trabalho a meu Pai Alfredo (*in memoriam*), que infelizmente partiu no mesmo momento que ingressei no Programa de Doutorado. Confesso que a princípio pensei em desistir, mas por seu imenso incentivo constante em minha vida, prossegui. Hoje, minha vontade era que ele estivesse ao meu lado em mais essa etapa. Felizmente, tenho certeza que mesmo em outra dimensão, ele está sempre presente.

À minha mãe, Dolores, meu infinito agradecimento por saber compreender todas minhas ausências, estresse e preocupações. TE AMO.

À minha irmã, Dênia, que sempre contribuiu com seu carinho e amizade.

AGRADECIMENTOS

A DEUS que sempre foi o meu guia e luz, abençoou-me com saúde e proteção.

À Universidade de Ribeirão Preto, campus Ribeirão, pelo apoio e incentivo oferecido através do Programa de Capacitação Docente.

À Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira, coordenadora do Programa de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto, pela colaboração prestada desde o início do doutorado.

À Profa. Dra. Maristela Silva Martinez e orientadora, pela constante atenção, disponibilidade e acolhimento, contribuindo com minha pesquisa e com meu crescimento profissional, enfrentando e sempre auxiliando perante as dificuldades encontradas com sua extrema competência e profissionalismo o desafio de realizar esta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini, por todo seu conhecimento e colaboração constante no desenvolvimento e enriquecimento deste estudo.

À Banca Examinadora pelas contribuições oferecidas.

Aos demais professores do Programa de Doutorado em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto pelos momentos de aprendizagem.

Aos proprietários e administradores das academias de ginásticas que foram objeto de estudo, meus agradecimentos pela viabilização das coletas e informações prestadas.

Ao Laboratório Realiza Ambiental, localizado no município de Ribeirão Preto - SP, pela disponibilização dos equipamentos para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Laboratório de Microbiologia Aplicada a Doenças Infecciosas (LAMADI) da Universidade de Ribeirão Preto, e ao Prof. Dr. Eduardo Clímaco, que realizou a identificação fúngica deste estudo.

Aos meus companheiros de trabalho da Universidade de Ribeirão Preto, especialmente ao Prof. Emerson José Zechin, coordenador do curso de Educação Física, pelo apoio no decorrer da caminhada.

A todos, *muito obrigada!*

RESUMO

A Qualidade do Ar Interior (QAI) é uma nova área de estudo que está sendo pesquisada por profissionais de diferentes formações, destacando assim, a multidisciplinaridade do assunto. Academias de ginástica representam um ambiente para a prática do exercício físico, e os indivíduos que praticam exercício físico em academias de ginásticas estão sujeitos a inalar poluentes devido ao fato de maiores taxas de consumo de ar durante o exercício físico, e por muitas vezes inalar pela boca durante grande parte do treinamento. Nesse contexto, este estudo teve o objetivo de avaliar a QAI em academias de ginásticas que utilizam climatizadores evaporativos e sistema de ar condicionado tipo *split*, de janela ou parede em seus parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. O objeto de estudo foi constituído por quatro academias de ginástica de um município do interior do Estado de São Paulo, Brasil. Foram analisados dois ambientes de cada academia: sala de *spinning* e de musculação em três estações do ano, verão, outono e inverno. Na primeira e segunda campanha (verão e inverno) durante três e dois dias respectivamente, foram avaliados parâmetros físicos e químicos (temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, concentração de dióxido de carbono - CO₂); concentração de bioaerosol. Na terceira campanha (outono) foram avaliados os Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVT), formaldeído (CH₂O), Material Particulado (MP 1,0, MP 2,5, MP 10), somente em duas academias, na sala de musculação, sendo uma com sistema de ar condicionado e outra com sistema de climatizador evaporativo. Nas academias com ar condicionado, verificou-se que o poluente CO₂ ultrapassa o limite permitido pela legislação brasileira (1000 ppm) nos dois ambientes, tendo a maior concentração na sala de *spinning* da academia A ($\bar{X} = 3081 \pm 1236$ ppm). Na academia A, também foram identificados valores excedentes aos limites de COVT ($\bar{X} = 1,008 \pm 0,302$ a $1,822 \pm 0,511$ mg/m³) e CH₂O ($\bar{X} = 0,227 \pm 0,063$ a $0,386 \pm 0,094$ mg/m³). Quanto aos parâmetros físicos, o destaque foi para as academias com climatizadores, pois não atenderam o valor máximo recomendável nas condições internas para verão e inverno de umidade relativa e velocidade do ar. O presente estudo não detectou problemas em relação ao material particulado em suspensão. Para os parâmetros microbiológicos, os resultados mostram que não há desconformidade quanto à contaminação biológica dos ambientes pesquisados das quatro academias nas duas estações do ano (verão e inverno). Todavia, revelam a presença de fungos contaminantes no ar das quatro academias analisadas. Assim, foi realizada a identificação dos principais gêneros de fungos presentes no ar e percebeu-se a incidência de alguns gêneros nas duas estações do ano (verão e inverno), como *Aspergillus sp*, *Penicillium sp* e *Rhizopus sp*. Os resultados indicam que as academias que utilizam climatizadores evaporativos, devido a 100% de renovação do ar, não apresentaram em nenhuma coleta valores excedidos dos parâmetros químicos, material particulado e parâmetros microbiológicos. As que utilizam o sistema de ar condicionado apresentam poluentes acima do recomendado. Portanto, para ter QAI, em academias com ar condicionado, é necessário implementar a troca de ar do ambiente, através de uma vazão mínima de ar exterior para ventilação, com média de $40,8 \pm 1$ e $34,5 \pm 1,7$ m³/hora/pessoa na sala de *spinning* e sala de musculação, respectivamente. Já, as academias com climatizadores evaporativos, necessitam controlar valores de umidade relativa e velocidade do ar.

Palavras chave: Qualidade do ar interior em sala de musculação. Qualidade do ar interior em sala de spinning. Parâmetros físicos. Parâmetros químicos. Parâmetros microbiológicos.

ABSTRACT

Indoor Air Quality (IAQ) is a new area of study that is being researched by professionals from different backgrounds, thus highlighting the subject multidisciplinary. Gyms represent an environment for exercise, and individuals who exercise in gyms are subject to inhalation of pollutants due to the higher rates of air consumption during exercise, and often aspiration by mouth during the majority time of training. In this context, this study aimed to evaluate the IAQ in gyms that use evaporative air conditioners, split, window or wall air conditioning system in their physical, chemical and microbiological parameters. The object of study was constituted by four gyms in an interior city of the State of São Paulo, Brazil. Two environments of each gym were analyzed: spinning and weight room in three seasons, summer, autumn and winter. In the first and second campaign (summer and winter) for three and two days, respectively, physical and chemical parameters (temperature, relative humidity, air velocity, carbon dioxide - CO₂ concentration) were evaluated; bioaerosol concentration. In the third campaign (autumn) were evaluated the Total Volatile Organic Compounds (TVOC), formaldehyde (CH₂O), Particulate Matter (PM 1.0, PM 2.5, PM 10), only in two gyms, in the weight room, one with air conditioning system and another with evaporative air conditioning system. In air-conditioned gyms, it was found that the CO₂ pollutant exceeds the limit allowed by Brazilian law (1000 ppm) in both environments, having the highest concentration in the spinning room of gym A (\bar{x} = 3081 ± 1236 ppm). In gym A, values exceeding the limits of TVOC (\bar{x} = 1.008 ± 0.302 to 1.822 ± 0.511 mg/m³) and CH₂O (\bar{x} = 0.227 ± 0.063 to 0.386 ± 0.094 mg/m³) were also identified. As for the physical parameters, the highlight was the gyms with air conditioners, because they did not meet the maximum value recommended in the summer and winter indoor conditions of relative humidity and air velocity. The present study did not detect problems with respect to suspended particulate matter. For the microbiological parameters, the results show that there is no non-conformity regarding the biological contamination of the researched environments of the four gyms in the two seasons (summer and winter). However, they reveal the presence of contaminating fungi in the air of the four gyms analyzed. Thus, we identified the main genera of fungi present in the air and noticed the incidence of some genera in both seasons (summer and winter), such as *Aspergillus sp*, *Penicillium sp* and *Rhizopus sp*. The results indicate that the gyms that use evaporative air conditioners, due to 100% of air renewal, did not present in any collection exceeded values of chemical parameters, particulate matter and microbiological parameters. Those using the air conditioning system have pollutants above the recommended. Therefore, to have IAQ, in air-conditioned gyms, it is necessary to implement the ambient air exchange, through a minimum external air flow for ventilation, with an average of 40.8 ± 1 and 34.5 ± 1.7 m³/hour/person in the spinning room and weight room, respectively. On the other hand, gyms with evaporative air conditioners need to control relative humidity and air velocity values.

Keywords: Indoor air quality in weight room; Indoor air quality in spinning room; Physical parameters; Chemical parameters; Microbiological parameters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Poluentes que contribuem para a SED.....	23
Figura 2: Comparação de tamanho a um cabelo humano para material particulado.....	31
Figura 3: Penetração de partículas em função do tamanho.....	32
Figura 4: Esquema de funcionamento de um resfriador evaporativo.....	38
Figura 5: Aparelho de ar condicionado tipo split.....	40
Figura 6: Aparelho de ar condicionado tipo janela ou parede.....	41
Figura 7: a) Anemômetro portátil, b) Termo-higrômetro portátil.....	61
Figura 8: Aparelho medidor de CO ₂	62
Figura 9: Medidor de COVT, CH ₂ O, PM 2.5, PM 1,0, PM 10.....	62
Figura 10: Medidor e máquina fotográfica.....	63
Figura 11: (a) Filtro de membrana; (b) Disco de celulose; (c) Suporte do filtro de membrana e disco de celulose.....	64
Figura 12: Caixa de estabilização.....	64
Figura 13: Balança analítica, com suporte de vidro em triângulo.....	65
Figura 14: (a) Bomba portátil; (b) Suporte para a bomba.....	65
Figura 15: Caixa Térmica.....	67
Figura 16: Impactador linear.....	68
Figura 17: a) Sala de spinning, b) Sala de musculação, c) Ponto externo.....	69
Figura 18: Contador manual de colônias.....	70
Figura 19: Colônias gigantes cultivadas em ASD.....	70
Figura 20: Lâminas contendo lamínulas com o micélio dos bolores.....	71
Figura 21: Aparelho de ar condicionado tipo split: a) 90.000 BTUs, b)60.000 BTUs.....	73
Figura 22: Layout da sala de musculação da academia A com disposição dos equipamentos, posição dos condicionadores de ar e pontos de coleta.....	74
Figura 23: Layout da sala de spinning da academia A com disposição dos equipamentos, posição dos condicionadores de ar e pontos de coleta.....	74
Figura 24: Aparelho de ar condicionado: a) Split 60.000 BTUs, b) Janela 30.000 BTUs.....	75
Figura 25: Layout da sala de musculação (a) e da sala de Spinning (b) da academia B com disposição dos equipamentos, posição dos condicionadores de ar e pontos de coleta.....	76
Figura 26: Climatizador evaporativo: a) LB 40, b) Exaustor eólico, c) LB 23.....	77

Figura 27: Layout da sala de musculação (a) e da sala de <i>Spinning</i> (b) da academia C com disposição dos equipamentos, posição dos climatizadores/ventiladores e pontos de coleta.....	78
Figura 28: Climatizador evaporativo: a) EB 200, b) EB 50, c) EBI 300 LX.....	79
Figura 29: Layout da sala de musculação (a) e da sala de <i>Spinning</i> (b) da academia D com disposição dos equipamentos, posição dos climatizadores/ventiladores e pontos de coleta.....	80
Figura 30: Valores de CO ₂ - Sala de <i>spinning</i> - Academia A – Coleta 1 – verão.....	84
Figura 31: Valores de CO ₂ - Sala de <i>spinning</i> - Academia A – Coleta 2 – verão.....	84
Figura 32: Valores de CO ₂ - Sala de <i>spinning</i> - Academia A – Coleta 3 – verão.....	84
Figura 33: Valores de CO ₂ - Sala de musculação – Academia A – Coleta 1 – verão.....	85
Figura 34: Valores de CO ₂ - Sala de musculação – Academia A – Coleta 2 – verão.....	86
Figura 35: Valores de CO ₂ - Sala de musculação – Academia A – Coleta 3 – verão.....	86
Figura 36: Valores de CO ₂ - Sala de <i>spinning</i> - Academia A – Coleta 1 – inverno.....	87
Figura 37: Valores de CO ₂ - Sala de <i>spinning</i> - Academia A – Coleta 2 – inverno.....	87
Figura 38: Valores de CO ₂ - Sala de musculação - Academia A – Coleta 1 – inverno.....	88
Figura 39: Valores de CO ₂ - Sala de musculação - Academia A – Coleta 2 – inverno.....	88
Figura 40: Valores de CO ₂ - Sala de <i>spinning</i> - Academia B – Coleta 1 – verão.....	89
Figura 41: Valores de CO ₂ - Sala de <i>spinning</i> - Academia B – Coleta 2 – verão.....	89
Figura 42: Valores de CO ₂ - Sala de <i>spinning</i> - Academia B – Coleta 3 – verão.....	89
Figura 43: Valores de CO ₂ - Sala de musculação - Academia B – Coleta 1 – verão.....	90
Figura 44: Valores de CO ₂ - Sala de musculação – Academia B – Coleta 2 – verão.....	90
Figura 45: Valores de CO ₂ - Sala de musculação – Academia B – Coleta 3 – verão.....	91
Figura 46: Valores de CO ₂ - Sala de <i>spinning</i> - Academia B – Coleta 1 – inverno.....	91
Figura 47: Valores de CO ₂ - Sala de <i>spinning</i> - Academia B – Coleta 2 – inverno.....	92
Figura 48: Valores de CO ₂ - Sala de musculação - Academia B – Coleta 1 – inverno.....	92
Figura 49: Valores de CO ₂ - Sala de musculação - Academia B – Coleta 2 – inverno.....	93
Figura 50: Resultados de COVT - Academia A – Coleta 1.....	97
Figura 51: Resultados de COVT - Academia A – Coleta 2.....	97
Figura 52: Resultados de COVT - Academia A – Coleta 3.....	97
Figura 53: Resultados de CH ₂ O - Academia A – Coleta 1.....	102
Figura 54: Resultados de CH ₂ O - Academia A – Coleta 2.....	103
Figura 55: Resultados de CH ₂ O - Academia A – Coleta 3.....	103

Figura 56: Placa com meio de cultura no 3º e 7º dia de incubação.....	107
Figura 57: Gênero <i>Aspergillus</i>	111
Figura 58: Gênero <i>Penicillium</i>	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais doenças específicas relacionadas a edificações.....	21
Quadro 2: Pesquisa comparativa entre dois edifícios na cidade de São Paulo – SP.....	24
Quadro 3: Possíveis fontes de poluentes biológicos e químicos.....	27
Quadro 4: Material particulado, suas fontes, áreas de ação no sistema respiratório e efeitos sobre a saúde humana.....	31
Quadro 5: Padrões referenciais da qualidade do ar de interiores em ambientes climatizados artificialmente de uso coletivo.....	36
Quadro 6: Estudos relacionados à qualidade do ar e exercício físico em ambientes internos.....	45
Quadro 7: Leis, Normas regulamentadoras, CONAMA, relacionadas ao controle da qualidade do ar (externo e interno).....	53
Quadro 8: Determinações para os sistemas de climatização.....	55
Quadro 9: Determinações atribuídas ao técnico habilitado para o PMOC.....	55
Quadro 10: Atividades e Operações consideradas insalubres.....	57
Quadro 11: Quadro comparativo das características das academias.....	81
Quadro 12: Produto de limpeza utilizado no piso da academia A.....	98
Quadro 13: Indicações e composição do flutador utilizado na academia A.....	99
Quadro 14: Princípio ativo e composição do flutador utilizado na academia C.....	99
Quadro 15: Identificação fúngica das academias com aparelho de ar condicionado na campanha do verão e inverno.....	110
Quadro 16: Identificação fúngica das academias com climatizadores evaporativos na campanha do verão e inverno.....	110
Quadro 17: Quadro comparativo entre ar condicionado e climatizador evaporativo...	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Recomendações para aplicações de filtro de ar.....	41
Tabela 2: Classificação de filtros de partículas de acordo com a EN779:2002.....	42
Tabela 3: Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação.....	43
Tabela 4: Padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo.....	56
Tabela 5: Média, desvio padrão, das variáveis: temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, CO ₂ e média do número de ocupantes por dia de coleta na campanha do verão.....	82
Tabela 6: Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação nas academias que utilizam aparelhos de ar condicionado.....	95
Tabela 7 : Média dos resultados de COVT - Academia A e C.....	96
Tabela 8: Média dos resultados de CH ₂ O - Academia A e C.....	102
Tabela 9: Média dos resultados de PM 1.0, PM 2.5, PM 10 - Academia A e C.....	105
Tabela 10: Média da temperatura, umidade relativa (interna, externa) ufc/ m ³ das coletas internas e externas, e relação I/E na campanha do verão das quatro academias.....	108
Tabela 11: Média da temperatura, umidade relativa (interna, externa) ufc/ m ³ das coletas internas e externas, e relação I/E na campanha do inverno das quatro academias.....	109

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABD	Ágar Batata Dextrose
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APA	Agência Portuguesa de Ambiente
ASD	Ágar Sabourand Dextrose
COVT	Compostos Orgânicos Voláteis Totais
DCNT	Doença Crônica Não Transmissível
DIC	Doença Isquêmica do Coração
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> - Agência de Proteção Ambiental
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OMS	Organização Mundial da Saúde
PM	<i>Particulate Matter</i> (Material Particulado - MP)
PMOC	Plano de Manutenção, Operação e Controle
QAI	Qualidade do Ar Interior
SED	Síndrome do Edifício Doente
SIM	Sistema de Informações sobre Mortalidade
SSG	Segurança e Saúde ocupacional
Ufc/m ³	Unidade formadora de colônia por metro cúbico
VMR	Valor Máximo Recomendável
VO ₂	Volume de Oxigênio
WHO	<i>World Health Organization</i> (Organização Mundial da Saúde)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 Geral.....	18
2.2 Específicos.....	18
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1 SÍNDROME DO EDIFÍCIO DOENTE (SED).....	19
3.1.1 Características da SED.....	20
3.1.1.1 Ações para controle e mitigação da SED.....	25
3.2 QUALIDADE DO AR INTERIOR.....	26
3.2.1 Compostos Orgânicos Voláteis (COV).....	27
3.2.1.1 Formaldeído (CH ₂ O).....	28
3.2.2 Dióxido de Carbono (CO ₂).....	29
3.2.3 Material Particulado (MP).....	30
3.2.4 Material Biológico.....	33
3.2.5 Conforto térmico.....	34
3.3 CONTROLE AMBIENTAL.....	36
3.3.1 Ventilação.....	36
3.3.1.1 Climatizador evaporativo.....	37
3.3.1.2 Ar condicionado tipo <i>split</i> e Janela.....	39
3.4 QAI e EXERCÍCIO FÍSICO.....	44
3.4.1 Sistema Respiratório.....	48
3.4.2 Academia de Ginásticas.....	50
3.5 LEGISLAÇÃO PARA CONTROLE DA QUALIDADE DO AR INTERNO E EXTERNO.....	52
3.5.1 Legislação Aplicável para QAI.....	54
3.5.1.1 Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998.....	54
3.5.1.2 Resolução RE/ANVISA nº 9, de 16 de janeiro de 2003.....	56
3.5.1.3 Norma Regulamentadora NR15.....	56
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	59
4.1 DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	59
4.1.1 Características do estudo.....	60
4.1.2 Variáveis.....	60

4.2 TÉCNICAS DE MEDIÇÃO, AMOSTRAGEM E ANÁLISE.....	60
4.2.1 Velocidade do Ar, Temperatura, Umidade Relativa.....	61
4.2.2 Dióxido de carbono (CO ₂).....	61
4.2.3 Material Particulado, COVT, CH ₂ O.....	62
4.2.3.1 Método gravimétrico (MP 10).....	63
4.2.3.1.1 Materiais utilizados.....	63
4.2.3.1.2 Procedimentos para coleta.....	65
4.2.3.1.3 Expressão dos resultados.....	66
4.2.4 Análise microbiológica.....	67
4.2.4.1 Meios de cultura.....	67
4.2.4.2 Amostragem ativa.....	68
4.2.4.3 Cultura e identificação fúngica.....	69
4.3 TRATAMENTO DE DADOS.....	72
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
5.1 CARACTERÍSTICAS DAS ACADEMIAS.....	73
5.1.1 Academia A.....	73
5.1.2 Academia B.....	75
5.1.3 Academia C.....	77
5.1.4 Academia D.....	79
5.1.5 Principais características das academias.....	81
5.2 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS.....	81
5.2.1 Temperatura, umidade relativa, velocidade do ar.....	81
5.2.2 CO ₂	83
5.2.3 COVT.....	96
5.2.3.1 CH ₂ O.....	101
5.3 MATERIAL PARTICULADO: MP 1,0, MP 2,5, MP 10.....	105
5.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	107
5.5 AR CONDICIONADO X CLIMATIZADOR.....	114
6 CONCLUSÃO.....	116
REFERÊNCIAS.....	119
APÊNDICE A - Planilha para cálculo das UFC/m ³	130
APÊNDICE B - Planilha de dados.....	131
ANEXO A - Ficha Técnica - Anemômetro portátil, marca Testo, modelo 405-V1.....	132

ANEXO B - Ficha Técnica – Termo-higrômetro portátil, marca Testo, modelo 605-H1.	133
ANEXO C - Ficha Técnica - Analisador de CO2 ambiente, Marca Testo, modelo 535...	134
ANEXO D - Ficha técnica – Detector da QAI, marca IGERES, modelo WP6930S.....	135
ANEXO E - Ficha Técnica - BDX II - Bomba de amostragem de poeira.....	136
ANEXO F - Ficha Técnica - Impactador bioaerosol de um estágio, modelo CF-6.....	137

1 INTRODUÇÃO

O movimento mundial de conservação de energia, desencadeado pela crise energética e escassez do petróleo na década de 70 do século XX, levou à necessidade de construção dos edifícios com melhor eficiência no controle do gasto de energia, sendo construídos com vedação térmica, desprovidos de ventilação natural, surgindo então os chamados prédios selados, principalmente nos países desenvolvidos, com o intuito de obter com eficácia a minimização do consumo de energia nos aparelhos de refrigeração e aquecimento.

Nesse mesmo período, a preocupação com a Qualidade do Ar Interior (QAI) se destacou após descobertas de que a diminuição das taxas de troca do ar nesses ambientes era fator preponderante para aumento da concentração de poluentes no ar interno. Atualmente, essa preocupação se intensifica em razão das pessoas da sociedade moderna passar a maior parte do tempo em ambientes fechados, tais como escolas, residências, transportes, edifícios públicos e comerciais, sendo o ar que respiramos essencial à vida e fator determinante para o bem-estar e saúde dos seres humanos.

Estudos indicam que o ar interior em edifícios domésticos e outros podem ser mais poluídos do que o ar externo em cidades industrializadas, devido às más práticas operacionais dos condicionadores de ar. Essas condições, que propiciam a propagação de diversos contaminantes, são conhecidas como Síndrome do Edifício Doente (SED) em função da má qualidade do ar, causando efeitos adversos à saúde de seus ocupantes. No entanto, o termo edifício nos leva a imaginar uma área construída acima de dois andares, o que nos remete então a apropriação da palavra edificação, que pode ser compreendida como obras arquitetônicas, assim como, casas ou prédios.

A poluição de ambientes internos dos edifícios devido aos próprios ocupantes é um fator relevante, levando em conta a respiração, transpiração, bem como o transporte de microrganismos que podem ser causadores de doenças. Buonanno et al (2013) relatam uma relação entre a ocupação humana e maior concentração de poluentes, como dióxido de carbono (CO₂) e material particulado (*Particulate Matter* – PM).

Existe também uma combinação de poluentes de várias fontes para a determinação da QAI, e é influenciado pela manutenção do edifício, material de construção e tipo de ventilação, porém, o que torna esses lugares peculiares são os tipos de atividades desenvolvidas e a ocupação por seres humanos (RAMOS; WOLTERBEEK; ALMEIDA, 2014).

Andrade, Dominski e Coimbra (2017) relatam que há poucas publicações sobre a Qualidade do Ar em ambientes utilizados para a prática de exercícios físicos, mostrando que a maioria dos estudos foi publicada na última década especialmente em 2014 e 2015, identificando apenas um estudo que investigou a QAI em ambientes para a prática de exercícios físico e esporte na América do Sul.

Recentemente, após pesquisas bibliográficas sobre a QAI em ambientes utilizados para a prática do exercício físico e esportes no Brasil, foi identificado mais um estudo realizado por Andrade et al. (2018) que comparou os níveis de concentração de CO₂, com as normas estabelecidas no Brasil, França e Europa em três academias de musculação de Florianópolis – SC, sendo duas academias ventiladas com *split system* e uma ventilada com sistema central. Porém, ainda há escassez de material bibliográfico no Brasil para comparação de dados. Deste modo, estudar a QAI em academias de ginásticas é uma área que oferece grandes possibilidades de estudo.

O Brasil, em pesquisas globais realizadas pela *International Health, Racquet & Sportsclub Association* - IHRSA (Associação Internacional de Saúde, Jogos de Raquete e Esportes), tem o maior número de academias, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América (EUA), e vale ressaltar que mesmo estando em segundo lugar, aproximou-se dos EUA nos anos de 2015 e 2016, contando com 34.509 unidades contra 36.540 nos Estados Unidos (ACAD, 2017).

A academia de ginásticas é um local que pode ser fechado ou aberto destinado à prática do exercício físico em diversas modalidades desportivas. Em ambiente interno, há uma facilidade para a dispersão de poluentes interiores, dentre eles, os contaminantes gerados pelo metabolismo humano, como o CO₂ liberado no movimento respiratório, e devido à intensa transpiração dos praticantes, há uma frequente rotina de limpeza do piso e equipamentos em curto espaço de tempo, podendo ocasionar alterações da QAI. Além disso, o tipo de construção, ventilação utilizada e lotação das salas, podem contribuir para um déficit na QAI. Portanto, torna-se relevante e necessário o estudo sobre a QAI relacionado à prática de exercício físico em academias de ginásticas no Brasil.

Os indivíduos que praticam exercício físico em academias de ginásticas estão sujeitos a inalar poluentes devido às maiores taxas de consumo de ar durante o exercício físico, e por muitas vezes, inalar pela boca durante grande parte do treinamento, o que justifica a maior preocupação com concentrações de contaminantes no ar desses ambientes. A permanência nestes edifícios pode durar algumas horas esporádicas ou diariamente no caso dos atletas e profissionais que atuem no local.

As primeiras normas relacionadas à QAI foram determinadas na década de 1980 pela Organização Mundial da Saúde (OMS), porém no Brasil, a QAI foi regulamentada inicialmente pela Resolução nº 176, de 24 de outubro de 2000, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e, posteriormente, pela Resolução nº 09, de 16 de janeiro de 2003, que determina a Orientação Técnica sobre Padrões Referenciais da Qualidade do Ar de Interiores em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Contudo, ainda falta legislação específica que estabeleça padrões e metodologias de amostragem para compostos orgânicos em ambientes internos não industriais.

A Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003 da ANVISA, normatiza as metodologias que devem ser empregadas quando da determinação de CO₂, temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, bioaerossóis e aerodispersóides (BRASIL, 2003).

Sabendo da importância da QAI, uma vez que nossos sentidos não conseguem detectar a maioria dos gases e aerossóis presentes no ambiente, torna-se, portanto, indispensável a avaliação e monitoramento dos ambientes internos visando garantia à proteção da saúde pública.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a qualidade do ar interior em academias de ginásticas que utilizam climatizadores evaporativos e sistema de ar condicionado tipo *split*, de janela ou parede.

2.2 Específicos

Os objetivos específicos são:

2.2.1 Avaliar a QAI de academias de ginásticas em dois ambientes: sala de *spinning* e sala de musculação.

2.2.2 Avaliar parâmetros físicos (Temperatura, Umidade relativa e Velocidade do ar).

2.2.3 Avaliar parâmetros químicos (CO₂, Compostos Orgânicos Voláteis Totais - COVT e Formaldeído - CH₂O).

2.2.4 Avaliar parâmetros microbiológicos (Fungos).

2.2.5 Avaliar material particulado (MP 1,0, MP 2,5, MP 10).

2.2.6 Identificar equipamento e metodologia adequada para avaliação de material particulado.

2.2.7 Comparar a QAI em academias que utilizam climatizadores evaporativos e aparelhos de ar condicionado.

2.2.8 Propor diretrizes que possam melhorar a QAI nos ambientes avaliados.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A QAI é uma importante área de estudo que vem sendo investigada por diversos profissionais em diferentes áreas do saber. Os efeitos de poluentes internos na saúde humana podem ser manifestados a curto e longo prazo, sendo confundidos os efeitos em curto prazo com resfriados, dores de cabeça, irritação de olhos, nariz e garganta. Em longo prazo, pode levar a algumas doenças, como a Doença Obstrutiva Crônica (DPOC), sendo necessário pesquisa mais aprofundada sobre os poluentes interiores que possam ter efeitos mais significativos.

Assim a revisão de literatura deste estudo iniciará com as causas, características, sintomas e ações para controle e mitigação da SED, e na sequência discorrerá sobre os possíveis poluentes interiores, conforto térmico, sistemas de ventilação, legislação adequada, estudos sobre a QAI em espaços para a prática do exercício físico, o sistema respiratório e as academias.

3.1 SÍNDROME DO EDIFÍCIO DOENTE (SED)

A SED pode ser definida, de acordo com a OMS, como uma situação na qual os ocupantes ou usuários de um prédio específico apresentam sintomas sem origem determinada e sem a possibilidade de constatação de uma determinada etiologia, sendo, portanto, desconhecida (WHO, 1989). Na ausência de diagnóstico de patologias definidas, o controle se faz pela presença de dois ou mais sintomas nos ocupantes do edifício, que incidem por duas ou três vezes na semana no interior do prédio, e desaparecem quando a pessoa se afasta do ambiente poluído (GIODA; AQUINO NETO, 2003).

Pirani (2016) relata que os prédios em que uma porcentagem atípica dos ocupantes ($\geq 20\%$) apresenta problemas de saúde, como irritação dos olhos, garganta seca, dores de cabeça, fadiga, sinusite e falta de ar, podem ser caracterizados como prédios doentes, e apresenta quatro grupos de fontes de contaminação do ar interno:

I- Contaminação interior: causado pelas pessoas, plantas e animais, assim como a liberação de contaminantes pela mobília, acessórios domésticos, produtos de limpeza, tabagismo e ozônio resultante de motores elétricos, copiadoras, etc.;

II- Contaminação exterior: causado pela necessidade de renovação do ar interno, levando à introdução do ar externo contaminado;

III- Contaminação do sistema de condicionamento do ar: causado pela má higienização do equipamento, como exemplo, a poeira acumulada nos dutos e unidades de tratamento de ar, como bandejas de condensado, dando origem ao desenvolvimento de fungos, bactérias e outros microrganismos;

IV- Deficiências do projeto global de condicionamento: causado pela insuficiência de ar externo, má distribuição do ar interno, operação incorreta do equipamento condicionador, modificações inadequadas do edifício etc.

3.1.1 Características da SED

Em um cenário cada vez mais competitivo, as organizações necessitam investir em inovação e nos seus processos tecnológicos, e devem também incrementar e fomentar o compromisso da produtividade e da qualidade voltados para a prevenção de riscos inerentes à saúde ocupacional.

Desta forma, torna-se de grande importância que a organização desenvolva condições favoráveis de trabalho para que a produtividade obtenha o máximo de sua capacidade e que o ambiente contribua com o bem-estar. Verifica-se que as doenças ocupacionais representam o mais grave problema de saúde do trabalhador, e estão relacionadas a causas de ordem material e pessoal, muitas vezes em decorrência da falta de estrutura e equipamentos apropriados e outras por falta de informação, conscientização e treinamento para o uso dos equipamentos necessários. Este cenário contribui para situações inseguras e danosas ao trabalhador, colocando em risco sua saúde física e emocional.

Os preceitos da *Occupational Health and Safety Assessment Series* - OHSAS (Saúde Ocupacional e Séries de Avaliação de Segurança), oficialmente publicada pela *British Standards Institution* - BSI (Instituição Britânica de Normas), consistem em uma série de normas para orientação de formação de um sistema de gestão e certificação da Segurança e Saúde Ocupacional (SSO), visando proteger e assegurar que os colaboradores de uma organização tenham um ambiente de trabalho saudável e seguro, constituindo uma das principais bases para a preservação da força de trabalho adequada, que aliada a programas motivacionais e à valorização do capital humano, pode reduzir significativamente a ocorrência de acidentes que comprometem a saúde do trabalhador (OHSAS 18001, 2018).

Gioda e Aquino Neto (2003) destacam que não apenas os acidentes de trabalho em ambientes industriais, mas a exposição prolongada a poluentes químicos procedentes das mais diversas fontes é um dos principais fatores no agravamento da saúde do trabalhador. Santos et

al. (1992) salientam que a qualidade do meio afeta direta e indiretamente o bem-estar, o humor e o desempenho das pessoas na realização das suas atividades. A percepção que elas têm de seu próprio ambiente fará com que se sintam confortáveis e vejam de forma agradável o seu espaço. Se os ocupantes de uma edificação estão satisfeitos com seu meio interno, diminuem as queixas relacionadas à saúde e ao número de ausências injustificadas, tornando-se assim, o trabalho mais eficaz.

Dependendo do tipo de edificação, a exposição do indivíduo a determinadas doenças se torna previsível, sendo possível identificar os diferentes tipos de doenças relacionadas aos diferentes tipos de edificações, assim como as possíveis fontes de contaminações (Quadro1).

Quadro 1- Principais doenças específicas relacionadas a edificações.

DOENÇA	TIPO DE EDIFICAÇÃO	FONTE EM AMBIENTE INTERNO
INFECÇÕES		
Doença do legionário e febre de Pontiac	Grandes edifícios (escritórios, hospitais e hotéis)	Refrigerador, ar condicionado ou umidificador
Doença semelhante a gripe ou resfriado comum	Edifícios comerciais	Fonte humana
Tuberculose	Edifícios comerciais	Fonte humana
IMUNOLÓGICOS		
Pneumonite hipersensível e febre	Edifícios comerciais e fábricas	Umidificador, ar condicionado e unidade de ventilação
ALÉRGICOS		
Dermatite, rinite e asma	Edifícios comerciais e fábricas	Poeira superficial, carpetes, roupas
RINITE		
Urticária, edema de laringe	Edifícios comerciais	Papéis de cópia sem carbono
IRRITAÇÃO		
Dermatite, irritação do trato respiratório	Edifícios comerciais	Placas do teto, fumaça de tabaco, descarga de veículos

Fonte: Teixeira et al., 2005

A grande maioria destas edificações possui sistema de climatização artificial, e quando ocorre um mau dimensionamento do ar condicionado central, dos filtros de ar e da manutenção do sistema, resultará em um ar não renovado suficientemente, contribuindo para o aumento da concentração de poluentes químicos e biológicos do ar interno, devido à baixa renovação do mesmo (MONTEIRO, 2011).

Além destes agravantes, um ambiente com uma circulação de ar reduzida e com uma grande quantidade de indivíduos, pode resultar em manifestações variadas como surtos de doenças, como a presença de *Legionella pneumophila*, resultando na doença dos legionários, uma pneumonia com taxa de fatalidade de 10 a 15 %, ou febre de Pontiac, uma doença mais suave, parecida com a gripe (TEIXEIRA et al., 2005).

A pneumonite por hipersensibilidade e a febre do umidificador podem coexistir e resultar de respostas imunológicas semelhantes a fungos, bactérias ou protozoários contaminadores do sistema de umidificação ou de ventilação do edifício. São comuns os casos de alergias relacionados a recintos fechados, devido à exposição a ácaros. Dermatites, conjuntivite e sintomas do trato respiratório podem ser respostas a irritações, devido a agentes alergênicos ou não (MONTEIRO, 2011).

Admite-se também, que os principais fatores relacionados à SED são: aerodispersóides (poeira, fibras); bioaerossóis (fungos, bactérias, vírus); contaminantes químicos como os Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e formaldeído; contaminantes gerados pelo metabolismo humano; ventilação inadequada, entre outros (Figura 1). Existem ainda outros fatores também associados à SED como, elevada taxa de absenteísmo com redução na produtividade e qualidade de vida do trabalhador, diante de sua exposição a um ambiente inadequado à ocupação (INMETRO, 2018).

Segundo a EPA (1991), as principais causas que contribuem para a SED são:

a) ventilação inadequada: pode ocorrer se os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC) não distribuírem efetivamente o ar para as pessoas no edifício ou se a sua manutenção não estiver de acordo com as recomendações exigidas. Acredita-se que seja um fator importante a ser analisado.

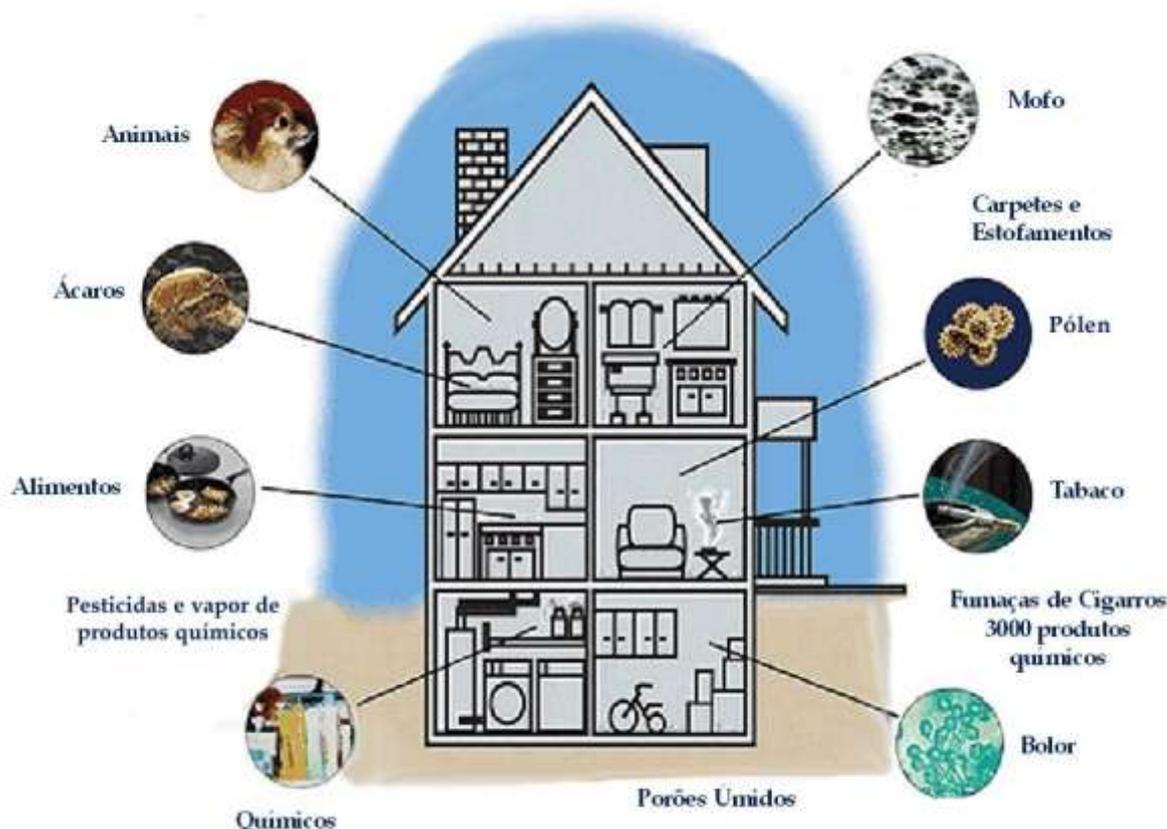
b) contaminantes químicos de fontes internas: a maior parte da poluição do ar em ambientes internos vem de fontes dentro do prédio, como por exemplo, adesivos, carpetes, estofados, produtos de madeira manufaturados, copiadoras, pesticidas e agentes de limpeza que podem emitir COV, incluindo formaldeído (CH_2O). A fumaça ambiental do tabaco contribui com altos níveis de COV, assim como outros compostos tóxicos e material particulado respirável. Pesquisas mostram que alguns COV podem causar efeitos crônicos e agudos sobre a saúde em altas concentrações, e alguns são carcinogênicos reconhecidos. Níveis baixos a moderados de múltiplos compostos orgânicos voláteis também podem produzir reações agudas. Produtos de combustão, como monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, bem como partículas respiráveis, podem vir de querosene não ventilado e aquecedores a gás, fogões a lenha, lareiras e fogões a gás.

c) contaminantes químicos de fontes externas: o ar externo que entra em um prédio pode ser uma fonte de poluição do ar interno. Por exemplo, poluentes dos escapamentos de veículos motorizados, aberturas de encanamento e construção de exaustão (por exemplo, banheiros e cozinhas), podem entrar no prédio através de aberturas de entrada de ar mal localizadas,

janelas e outras aberturas. Além disso, os produtos de combustão podem entrar em um prédio de uma garagem próxima.

d) contaminantes biológicos: bactérias, fungos, pólen e vírus são tipos de contaminantes biológicos. Esses contaminantes podem se reproduzir em água estagnada que se acumulou em dutos, umidificadores e janelas de drenagem, ou onde a água foi coletada em telhas do teto, carpetes ou isolamento. Às vezes, insetos ou excrementos de pássaros podem ser fontes de contaminantes biológicos.

Figura 1– Poluentes que contribuem para a SED



Fonte: <https://goo.gl/images/LfhzJ7>. Acesso em 06 de março de 2019.

Adaptado pela autora, 2019.

Mudarri (2010) menciona que as mudanças climáticas contribuem para a alteração da qualidade do ar interno e a alteração dos níveis de ozônio é preocupante e pode ser considerado um problema de saúde pública. Assim, quando os níveis de poluição externa são temporariamente altos, pode ser aconselhável reduzir a taxa de ventilação do ar externo para proteger o ambiente interno. Mas se o ozônio for elevado ao ar livre, reduzir a taxa de ventilação do ar externo não apenas temporariamente reduzirá os níveis de ozônio interno, mas também aumentará o tempo para a química reativa de ozônio ocorrer em ambientes

fechados, aumentando potencialmente a formação geral de subprodutos e diminuindo sua diluição. Em decorrência desses fatores, a poluição de interiores é hoje reconhecida como uma das maiores ameaças à saúde pública, de acordo com a Organização Mundial da Saúde. (WHO, 2000).

Santos et al. (1992) identificaram associações entre conforto ambiental e sinais e sintomas entre trabalhadores expostos a ambientes fechados, ou seja, ambientes com ventilação e climatização artificiais. Sua pesquisa consistiu na aplicação de questionários a 312 trabalhadores bancários, divididos em dois edifícios na cidade de São Paulo, um localizado na região central e outro na zona norte. Em ambos os edifícios, a ventilação interna era mantida artificialmente, por equipamento central de troca e refrigeração de ar, tipo *Fancoil*, iluminação artificial durante o dia e pisos acarpetados, sendo apresentado o seguinte resultado (Quadro 2).

Quadro 2: Pesquisa comparativa entre dois edifícios na cidade de São Paulo - SP

CARACTERÍSTICAS	217 TRABALHADORES	95 TRABALHADORES
Sintomas gerais	9%	18%
Irritação de membrana mucosa permanentemente	23%	33%
Falta ao menos, um dia de trabalho no espaço de seis meses, por motivos de saúde	52%	39%

Fonte: Autora, 2019

A pesquisa revelou que do total de 312 trabalhadores bancários que participaram do estudo, 27% apresentaram sintomas gerais, 56% apresentaram irritação de membrana mucosa permanentemente e 91% faltaram ao menos um dia de trabalho no espaço de seis meses por motivos de saúde, confirmando que as percentagens elevadas indicam a relevância do problema em estudo.

Sendo assim, o questionário utilizado mostrou ser um instrumento útil para detectar desequilíbrios no bem-estar dos indivíduos expostos a condições ambientais e de trabalho desfavoráveis. As edificações fechadas, com ventilação e climatização artificiais nem sempre conseguem criar um ambiente de conforto a seus usuários, apesar de terem sido construídas para tal finalidade.

3.1.1.1 Ações para controle e mitigação da SED

A Agência de Proteção Ambiental para o Desenvolvimento dos EUA, EPA (1991), alerta que a educação e a comunicação são elementos importantes nos programas de gestão da qualidade do ar interior. Desta forma, o gestor deve implementar ações para conscientização e disseminação das informações pertinentes às causas e consequências dos problemas relacionados à QAI.

É importante destacar que o aumento das taxas de ventilação e a distribuição de ar geralmente podem ser um meio econômico de reduzir os níveis de poluentes internos. Os sistemas de climatização devem ser projetados, no mínimo, para atender aos padrões de ventilação nos códigos de construção locais; no entanto, muitos sistemas não são operados ou mantidos para garantir que essas taxas de ventilação de projeto sejam fornecidas.

A limpeza do ar pode ser um complemento útil para o controle e a ventilação da fonte, mas tem certas limitações, pois dispositivos de controle de partículas, como o filtro de forno típico, que são baratos, não capturam efetivamente pequenas partículas. Os filtros de ar de alto desempenho capturam as partículas respiráveis menores, mas são relativamente caros para instalar e operar e os filtros mecânicos não removem poluentes gasosos. Alguns poluentes gasosos específicos podem ser removidos por leitos de adsorvente, mas esses dispositivos requerem a substituição frequente do material adsorvente. Em suma, os limpadores de ar podem ser úteis, mas têm aplicação limitada.

Teixeira et al. (2005) complementam que alguns procedimentos devem ser adotados para a melhoria da QAI e devem ser aplicados por um especialista para garantir a sua eficácia:

- a) correções, adequações e higienização de filtros;
- b) higienização adequada ou utilização de sistemas de tratabilidade contínua de bandeja de condensado; higienização adequada dos demais componentes do sistema de climatização, tais como: difusores, ventiladores, serpentinas, *dumpers* e outros;
- c) limpeza e cuidados criteriosos com a manutenção da casa de máquinas;
- d) condições de dutos e reforma;
- e) adequações das questões pós-ocupacionais, evitando-se instalações de fontes poluentes, com características terciárias;
- f) adequação de equipamentos que possam atuar como fontes poluentes de origem química, com características terciárias, além dos programas de higienização de superfícies fixas nos ambientes interiores.

Estes procedimentos contribuem para que de forma preventiva se busque a melhoria da QAI e, desta forma, a redução e mitigação dos problemas decorrentes da SED.

3.2 QUALIDADE DO AR INTERIOR

Para uma qualidade do ar interior aceitável, níveis de contaminantes conhecidos não podem estar presentes em concentrações prejudiciais e não pode haver insatisfações de 80% das pessoas expostas (ASHRAE, 2007). QAI refere-se à qualidade do ar dentro e ao redor de edifícios e estruturas, tendo os efeitos sobre a saúde do ocupante logo após ou anos mais tarde (EPA, 2019 a). A QAI é influenciada por diversos fatores, dentre eles, o isolamento excessivo das edificações, favorecendo o acúmulo de poluentes interiores, incluindo o transporte de microrganismos pelos próprios ocupantes e a atividade desenvolvida no local, bem como as emissões internas de poluentes dos materiais de construção, decoração, processos de combustão (fogões, lareiras, velas e incensos), produtos de limpeza, fumo de tabaco, animais, fungos e bolores.

Alguns poluentes citados podem ser originados tanto do ambiente interior, quanto do exterior quando transportados para o interior dos edifícios pelas trocas de ar existentes por meio de ventilação natural ou artificial. No entanto, ambientes internos tendem a ter níveis de poluição mais altos do que ambientes ao ar livre (HOSKINS, 2003).

Controlar e compreender os poluentes mais comuns presentes em ambientes fechados pode ajudar a reduzir o risco de problemas de saúde no interior (Quadro 3). Para todos os poluentes citados no Quadro 3 há medidas de correções possíveis de serem aplicadas nos ambientes interiores.

Quadro3: Possíveis fontes de poluentes biológicos e químicos

Agentes Biológicos	Principais fontes em ambientes interiores
Bactérias	Água estagnada, torres de resfriamento, bandejas de condensado, desumificadores, umidificadores, serpentinas de condicionadores de ar e superfícies úmidas e quentes.
Fungos	Ambientes úmidos; forros, paredes e isolamentos úmidos; ar externo, interior de condicionadores e dutos sem manutenção, vasos de terra com plantas.
Protozoários	Reservatórios de água contaminada, bandejas e umidificadores de condicionadores sem manutenção.
Vírus	Hospedeiro humano.
Algas	Torres de resfriamento e bandejas de condensado.
Pólen	Ar externo.
Artrópodes	Poeira caseira.
Animais	Roedores, morcegos e aves.
Agentes Químicos	
CO	Combustão (cigarros, queimadores de fogões e veículos automotores).
CO ₂	Produtos de metabolismo humano e combustão.
NO ₂	Combustão.
O ₃	Máquinas copiadoras e impressoras a laser
Formaldeído	Materiais de acabamento, mobiliário, cola, produtos de limpeza domissanitários
Material particulado	Poeira e fibras.
Fumo de tabaco	Queima de cigarro, charuto, cachimbo, etc.
COV	Cera, mobiliário, produtos usados em limpeza e domissanitários, solventes, materiais de revestimento, tintas, colas, etc.
COS-V- compostos orgânicos semi-voláteis	Queima de combustíveis e utilização de pesticidas.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2003.

Diante de tal questão, em seguida serão abordado os poluentes mais comuns presentes no ar interior, investigando os efeitos na saúde humana e suas possíveis fontes de emissão.

3.2.1 Compostos Orgânicos Voláteis (COV)

Os COV são emitidos sob a forma gasosa a partir de alguns sólidos ou líquidos, e concentrações destes poluentes são normalmente mais altas em ambientes internos (até dez vezes mais) do que em áreas externas. São emitidos por uma grande variedade de produtos como tintas, vernizes, e muitos produtos de limpeza, desinfecção, cosméticos, entre outros (EPA, 2019 b). Materiais de construção e mobiliário têm sido reconhecidos como principais COV, sendo considerados na China o benzeno, tolueno e xileno como importantes poluentes do ar interno (ZHANG et al., 2008).

Devido à existência de uma grande quantidade de compostos orgânicos voláteis no ar interior, para facilitar o seu tratamento é feita uma divisão em várias classes, que pode ser de

acordo com as suas características químicas (alcanos, aromáticos, aldeídos, etc.), as suas propriedades físicas (ponto de ebulição, pressão de vapor, número de átomos de carbonos, entre outras), ou os seus potenciais riscos para a saúde (irritantes, neurotóxicos, carcinógenos, etc.), portanto a medição e identificação individual dos COV são difíceis, pois os mesmos podem estar em concentrações muito baixas, com isso, surgiu o conceito de Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVT) para auxiliar as medições tendo os resultados expressos em COVT, representando a mistura de COV, tornando, assim, um indicador muito utilizado para a QAI (APA, 2009).

Segundo Huang, Shan e Xiao (2018), os COV são os precursores-chave do ozônio e do PM 2,5, afetando indiretamente a saúde humana, devido ao aumento nas concentrações de ozônio e formação de agentes fotoquímicos.

As concentrações de COVT esperadas em ambientes não industriais são inferiores a 1 mg/m³ e poucas excedem as 25 mg/m³. A estes níveis de concentração apenas os efeitos sensoriais são prováveis de ocorrerem, mas não se pode excluir outros efeitos na saúde após longos períodos de exposição (APA, 2009).

3.2.1.1 Formaldeído (CH₂O)

O formaldeído é um gás incolor e inflamável à temperatura ambiente, tem um odor forte sendo usado em grande escala mundialmente. Na forma líquida, quando dissolvido em água e etanol, é chamado de formol ou formalina e possui entre 37 e 50% de formaldeído. O formol funciona como estabilizante estando presente na composição de resinas, esmaltes, tintas, vernizes e outros. É um subproduto da combustão e de outros processos naturais, e também é encontrado em emissões de aparelhos não ventilados que queimam combustível, como fogões a gás, aquecedores a querosene, fumaça de cigarro. O formaldeído pode causar irritação da pele, olhos, nariz e garganta, e altos níveis de exposição podem causar alguns tipos de câncer (EPA, 2019 c). Algumas vezes o formaldeído é incluído nos COV, mas dada a sua importância normalmente é avaliado de uma forma individualizada (HOSKINS, 2003).

Discussão sobre o formaldeído como um possível carcinógeno iniciou em 1980, onde pesquisas que envolvia a exposição ao formaldeído por inalação em ratos e camundongos a longo prazo relatava carcinogenicidade. Com isso, iniciou-se uma grande revisão do formaldeído em todo o mundo em vários tipos de ambientes, encontrando concentrações variando de zero a níveis superiores a 2000 µg/m³ (SALTHAMER; MENTESE;

MARUTZKY, 2010). No entanto, Alves et al. (2013), referem que nenhuma medida foi relatada para instalações esportivas.

3.2.2 Dióxido de Carbono (CO₂)

O dióxido de carbono (CO₂) é um gás incolor e inodoro que existe na atmosfera, emitido por várias fontes, faz parte do metabolismo humano quando excretado durante a expiração e é considerado o principal gás de efeito estufa, sendo constantemente trocado entre a atmosfera, o oceano e a superfície terrestre, pois o mesmo é produzido e absorvido por muitos microrganismos, plantas e animais. O ciclo do carbono está sendo alterado devido às atividades humanas, adicionando mais CO₂ à atmosfera, influenciando a capacidade de sumidouros naturais, como florestas, de remover o CO₂ da atmosfera e influenciando a capacidade dos solos de armazenar carbono. As emissões relacionadas com o homem são responsáveis pelo aumento que ocorreu na atmosfera desde a revolução industrial. Em 2017, o CO₂ foi responsável por cerca de 81,6% de todas as emissões de gases de efeito estufa dos EUA provenientes de atividades humanas (EPA, 2019 d)

As emissões de CO₂ também podem estar associadas à queima de combustíveis fósseis geralmente liberados em ambientes exteriores, que podem atingir ambientes interiores por infiltração, afetando a QAI com a presença de CO₂ em concentrações elevadas causando desconforto, irritação dos olhos e garganta, dificuldades respiratórias e fadiga. Concentrações em ambientes internos acima de 1800 ppm tem sido associadas ao aumento de dificuldades de aprendizagem e concentração dos alunos (MARQUES, 2013).

A concentração de CO₂ no interior dos edifícios pode ser um indicador da necessidade de reforçar a taxa de ventilação. Segundo a ASHRAE (2007), para assegurar uma boa QAI recomenda-se uma taxa mínima de ventilação de 36 m³/hora/pessoa.

No Brasil, a taxa de renovação do ar adequada para ambientes climatizados é, no mínimo, de 27 m³/hora/pessoa, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas, que passa a ser 17 m³/hora/pessoa, não sendo admitido em qualquer situação que os ambientes possuam uma concentração de CO₂, maior ou igual a 1000 ppm de dióxido de carbono, como indicador de renovação de ar externo, recomendado para conforto e bem-estar (BRASIL, 2003).

A concentração de CO₂ em ambientes internos varia muito em função do número de ocupantes, atividade desenvolvida no local e taxas de ventilação, portanto, torna-se um elemento difícil de ser caracterizado com precisão no decorrer do dia.

3.2.3 Material Particulado (MP)

O aerossol representa a suspensão de partículas sólidas ou líquidas presentes num gás. As PM (*particulate matter* - PM) variam em tamanho, composição e origem e tendem a se dividir em: partículas grossas com diâmetro aerodinâmico inferior a 10 μm (PM 10), partículas finas com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 μm (PM 2,5) e com diâmetro aerodinâmico inferior a 1 μm (PM 1,0).

As partículas menores contêm os aerossóis formados secundariamente (conversão gás-partículas), partículas de combustão e vapores orgânicos e metálicos recondensados. As partículas maiores geralmente contêm materiais de crosta terrestre e poeira fugitiva de estradas e indústrias (WHO, 2000).

As PM 10 representam a massa de partículas que entra no trato respiratório, incluindo partículas grossas e finas e são indicadores da maioria dos dados epidemiológicos, que relatam em termos de concentrações médias diárias ou anuais de partículas de PM 10 por metro cúbico de volume de ar e descrevem essas concentrações de PM em microgramas por metro cúbico, contudo, concentrações de partículas finas também são relatadas quando ferramentas de medição sensíveis estão disponíveis (WHO, 2005; WHO, 2018).

Algumas partículas com menos de 10 micrômetros de diâmetro podem entrar profundamente nos pulmões e algumas podem até entrar na corrente sanguínea. No entanto as partículas com menos de 2,5 micrômetros de diâmetro (PM 2,5), representam o maior risco para a saúde (EPA, 2018 e).

O Quadro 4 mostra a ação do material particulado no sistema respiratório e efeitos sobre a saúde humana.

Quadro 4: Material particulado, suas fontes, áreas de ação no sistema respiratório e efeitos sobre a saúde humana.

Poluentes	Fontes	Penetração no sistema respiratório	Fisiopatologia
PTS	Fontes antropogênicas: Poeira da rua e de estradas, atividades agrícolas e de construções. Fontes Naturais: sal marinho, pólen, esporos, fungos e cinzas vulcânicas.	Nariz, garganta	Diminui a atividade mucociliar e dos macrófagos. Produz irritação nas vias respiratórias. Causa estresse oxidativo e, em consequência, inflamação pilmonar e sistêmica. Exposição crônica e DPOC. Pode ser cancerígeno.
PM 10		Traqueia, brônquios, bronquíolos.	
PM 2,5	Queima de combustíveis fósseis e de biomassa, usinas termoelétricas	Alvéolos	Diminui a atividade mucociliar e dos macrófagos. Produz irritação nas vias respiratórias. Causa estresse oxidativo e, em consequência, inflamação pilmonar e sistêmica. Exposição crônica e DPOC. Pode ser cancerígeno.
PM 0,1		Alvéolos, tecido pulmonar, corrente sanguínea.	

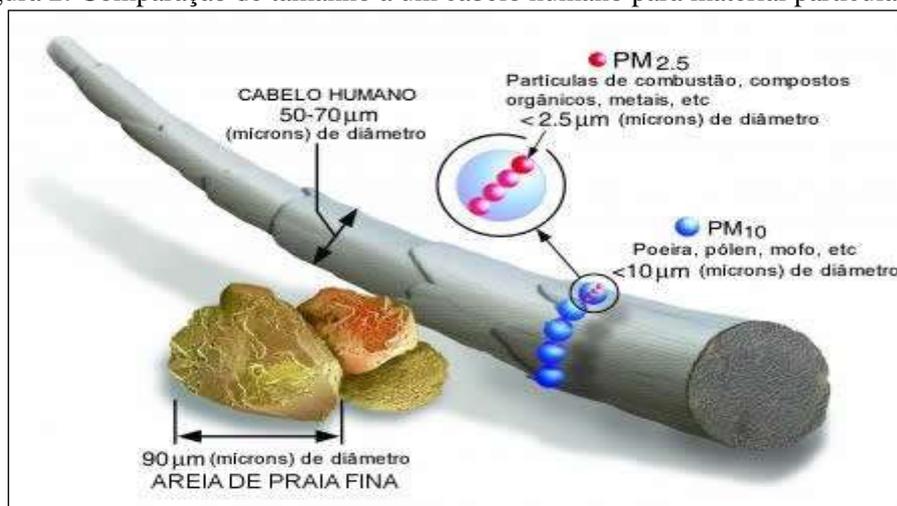
Fonte: Adaptado de ARBEX et al., 2012

Nota: PTS: partículas totais em suspensão; PM 10: *particulate matter* com menos de 10 μm de diâmetro; PM2,5: *particulate matter* com menos de 2,5 μm de diâmetro; PM 0,1: *particulate matter* com menos de 10 nm de diâmetro; DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica.

Algumas partículas com menos de 10 micrômetros de diâmetro podem entrar profundamente nos pulmões e algumas podem até entrar na corrente sanguínea. No entanto as partículas com menos de 2,5 micrômetros de diâmetro (PM 2,5), representam o maior risco para a saúde (EPA, 2018 f).

Em termos de comparação, um cabelo humano tem um diâmetro aproximado de 60 μm , como pode ser observado na Figura 2.

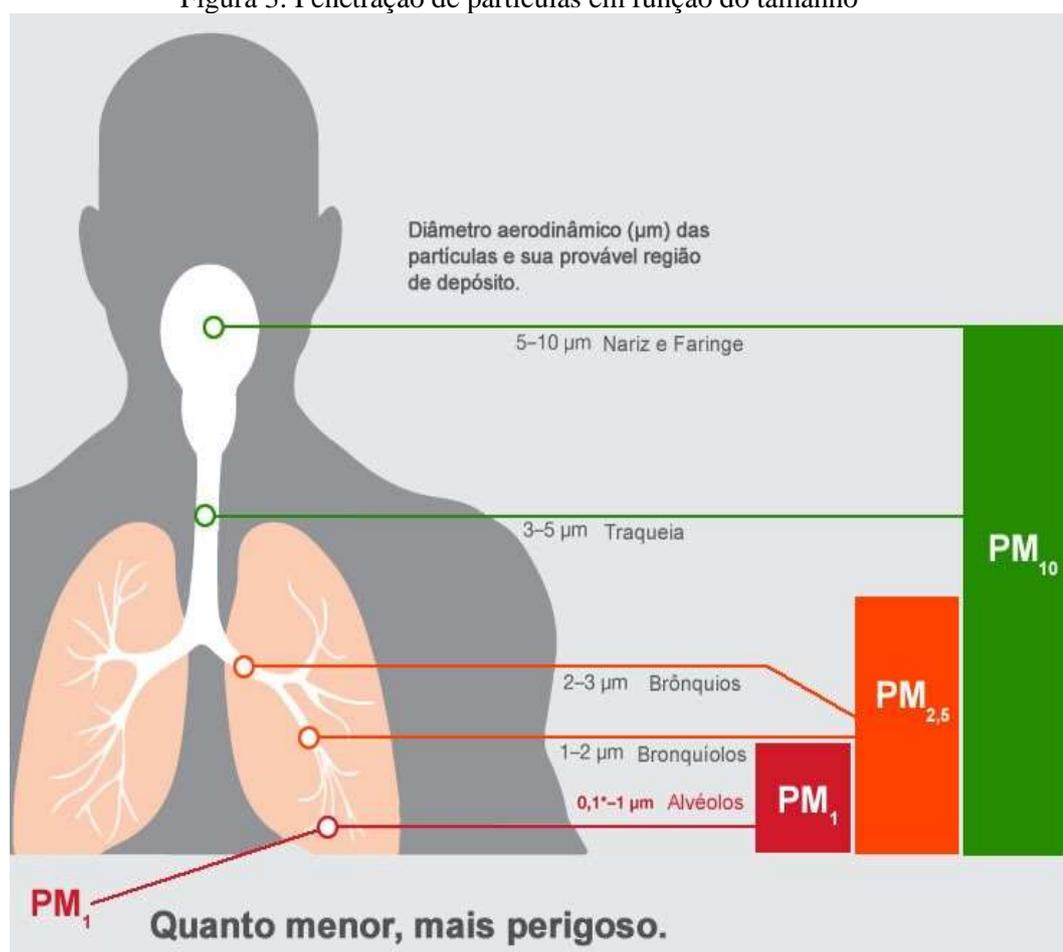
Figura 2: Comparação de tamanho a um cabelo humano para material particulado



Fonte: Adaptado de EPA, 2018 f

A Figura 3 ilustra a distribuição de partículas pelo sistema respiratório em função do tamanho.

Figura 3: Penetração de partículas em função do tamanho



Fonte: <https://www.aafintl.com/en-gb/commercial/solutions-offered/iso-16890>. Acesso em 05 de junho de 2019. Adaptado pela autora, 2019.

A OMS visa atingir as menores concentrações possíveis de PM, tendo valores de referência para PM 2,5 de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ média anual e $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ média de 24 horas, e para PM 10, média anual de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ média de 24 horas (WHO, 2005).

Segundo a OMS, a poluição do ar externo é um grande risco de saúde ambiental, que afeta todos os países de baixa, média e alta renda. Calcula-se que ocorram 4,2 milhões de mortes prematuras por ano atribuídas à poluição do ar externo no mundo devido à exposição a pequenas partículas de 2,5 microns ou menos de diâmetro (PM 2,5), que causam doenças cardiovasculares, respiratórias e cânceres. Desse total, 91% ocorrem em países de baixa e média rendas do Pacífico e Sudeste Asiático (WHO, 2018).

No Brasil, um estudo realizado pelo Saúde Brasil 2018, do Ministério da Saúde, que utilizou dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), relatou que as mortes em decorrência da poluição atmosférica aumentaram 14% em dez anos, passando o número de óbitos por Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) de 38.782 em 2006 para 44.228 em

2016. As DCNT pesquisadas envolviam as isquêmica do coração (DIC); pulmonar obstrutiva crônica (DPOC); os cânceres de pulmão, traqueia e brônquios, atribuíveis ou não à poluição do ar em homens e mulheres de todas as idades no Brasil nos anos de 2006 e de 2016. Também foi avaliada a exposição da população ao Ozônio (O₃) e ao material particulado atmosférico (MP 2,5) (BRASIL, 2019).

3.2.4 Material Biológico

Com o isolamento térmico dos edifícios causados pela crise energética da década de 70 do século XX, mudanças arquitetônicas, principalmente nos edifícios comerciais, foram realizadas e cada melhoria de isolamento térmico, associada a um acúmulo de umidade no ambiente, juntamente com sistemas de climatização, também propiciou o desenvolvimento de contaminantes biológicos, tais como fungos, bactérias, ácaros, protozoários e algas.

As pesquisas sobre doenças relacionadas aos edifícios selados iniciaram a partir de 1976, quando 250 legionários veteranos comemoravam o dia da independência dos EUA reunidos num hotel da Filadélfia e 182 foram acometidos por um quadro respiratório agudo sendo que 29 foram a óbito. Esse quadro clínico recebeu o nome de doença dos legionários ou legionelose e as pesquisas resultaram na descoberta da bactéria *Legionella*, que havia dispersado a partir do sistema de ar condicionado central do edifício (DEGOBBI; GAMBALE, 2008).

Esse fato tornou-se uma preocupação mundial iniciando assim estudos relacionados à SED. Centenas de microrganismos contaminantes crescem e se dispersam no ambiente quando há umidade e substratos suficientes, sendo que a exposição a muitos destes contaminantes está clinicamente associada a doenças respiratórias como, alergias, asma e infecções. No entanto, os agentes biológicos de relevância para a saúde são amplamente heterogêneos, desde pólen e esporos de plantas, dispersos principalmente em ambientes externos, a bactérias, fungos, algas e alguns protozoários, emitidos tanto ao ar livre quanto em ambientes fechados. Eles também incluem uma grande variedade de micróbios e alérgenos que se espalham de pessoa para pessoa (WHO, 2009).

Vale ainda ressaltar que os microrganismos em suspensão no ar sofrem variação conforme a sazonalidade, devido à temperatura e umidade relativa de cada estação, e conforme o tipo do ambiente, interno ou externo. Isso foi demonstrado para gêneros fúngicos, incluindo *Cladosporium*, *Penicillium* e *Aspergillus*, e para bactérias, principalmente Gram-positivas (FRANKEL, 2012).

Microscopicamente, os fungos são caracterizados por apresentações estruturais variáveis, desde uma forma unicelular, conhecida como levedura, a formas multicelulares, que são os fungos filamentosos ou bolores. As células dos fungos filamentosos são cilíndricas e organizadas em estruturas chamadas hifas que podem ser septados ou não septados. Uma grande quantidade dos bolores necessita de oxigênio e dióxido de carbono para seu metabolismo e, portanto, para seu desenvolvimento (SIDRIN; ROCHA; CORDEIRO, 2012). Macroscopicamente, o crescimento de um fungo em meios nutritivos artificiais é visualizado pela formação de uma unidade estrutural, denominada de colônia. As colônias de leveduras são compostas pelo aglomerado de células leveduriformes enquanto colônias de bolores são compostas por aglomerados de hifas que são denominados de micélio (SIDRIN; BRILHANTE; ROCHA, 2012).

A identificação de fungos filamentosos é feita pelas características morfológicas, tanto macroscópicas (cor, aspecto, textura da colônia, etc.), quanto microscópicas (forma e cor da hifa, presença ou não de septos, tipo e arranjo de esporos, etc.), além da velocidade de crescimento (lenta, moderada ou rápida) (ANVISA, 2004).

Esporos de fungos podem variar entre 1 e 30 μm , e a capacidade de sobrevivência de uma partícula biológica também é afetada pelo seu tamanho (JONES; HARRISON, 2004). Os mesmos estão presentes no ar e flutuam de acordo com a interação entre fatores biológicos e ambientais tais como a localização, poluição do ar, condições climáticas, atividade humana e fonte local de vegetação (GRINN-GOFRON; BOSIACKA, 2015). Os principais fungos relacionados a problemas de qualidade do ar de ambientes internos são os bolores e o ar atmosférico é a via de dispersão mais utilizada pelos fungos em que os propágulos podem ser levados a grandes distâncias pelos ventos e quando depositados em ambientes internos, encontrando condições ambientais favoráveis e nutrientes adequados, os fungos se reproduzem sucessivamente, formando colônias visíveis, comumente conhecidas com o nome de mofo. A dispersão de contaminantes biológicos (fungos e bactérias) pode ocorrer de forma isolada, mas frequentemente ocorrem associadas ao PM 10 (DEGOBBI; GAMBALE, 2008).

3.2.5 Conforto térmico

A norma ISO 7730 considera que não mais do que 10% dos ocupantes do ambiente estejam desconfortáveis para condições de conforto térmico. O calor produzido no corpo é determinado pelo nível de atividade da pessoa, sendo também variável com a idade e sexo. Esse calor é trocado com o ambiente exterior por condução (não assume grande relevância),

convecção (depende da temperatura e velocidade do ar exterior), radiação (depende da temperatura média radiante), e evaporação (depende da umidade do ar e da sua velocidade). Os parâmetros mais importantes do conforto térmico subdividem-se em: parâmetros individuais (atividade, vestuário) e parâmetros ambientais (temperatura, umidade, velocidade do ar e temperatura média radiante).

Constituir parâmetros para uma zona de conforto, e garantir condições ambientais de temperatura e umidade que levem a sensação de bem-estar dos indivíduos, também está ligado ao meio em que se vive, dificultando cada vez mais a tarefa de definir o que é conforto ou desconforto naquele meio (PIRANI, 2016).

A temperatura é a grandeza que caracteriza o estado térmico de um corpo ou sistema e utiliza-se de instrumentos meteorológicos para adquirir dados que indicam as temperaturas máxima e mínima do ar (°C), ocorridas no dia. Em ambientes internos, principalmente os ambientes climatizados, é alvo de discórdia entre os ocupantes, pois depende da suscetibilidade de cada indivíduo, destacando que a temperatura ideal para um pode não ser a mesma que agrada ao outro.

Já a umidade relativa do ar, segundo o Centro de Gerenciamento de Emergências da prefeitura do município de São Paulo - Brasil (CGE), representa o quanto de água na forma de vapor existe na atmosfera no momento em relação ao total máximo que poderia existir na temperatura observada, sendo mais baixa principalmente no final do inverno e início da primavera, no período da tarde, entre 12 e 16 horas, e seguindo recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), que estabelece que índices inferiores a 60% não são adequados para a saúde humana, o CGE passou a adotar uma escala psicrométrica que aponta os níveis de criticidade da umidade do ar, indicando estado de emergência quando abaixo de 12%. A umidade do ar fica mais alta quando chove devido à evaporação que ocorre posteriormente (CGE, 2019).

A velocidade do ar também é um dos principais indicadores de desconforto em ambientes internos devido ao movimento do ar, conhecido como correntes de ar.

No Brasil, os valores recomendáveis nas condições internas 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 - Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) conforme Quadro 5.

Quadro 5: Padrões referenciais da qualidade do ar de interiores em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

Parâmetros Físicos	Verão	Inverno
Temperatura de Bulbo Seco	23°C a 27°C	20°C a 22°C
Umidade relativa do ar	40% a 65%	35% a 65%
Velocidade do ar	<0,25 m/s	
Taxa de renovação do ar (mínimo)	27m ³ /hora/pessoa	
Taxa de renovação do ar (ambientes com alta rotatividade de pessoas)	17m ³ /hora/pessoa	
Filtros para captação do ar exterior	G1	
Grau de pureza do ar nos condicionadores de sistemas centrais	Filtros de classe G3	

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2003.

A seleção da faixa de operação depende da finalidade e do local da instalação

3.3 CONTROLE AMBIENTAL

O controle ambiental se faz por meio de uma série de ações que englobam desde o monitoramento, à criação de atos para medidas corretivas, já que são vários os fatores ambientais a controlar, como ruídos, iluminação, etc, porém, os que fazem parte do conforto térmico, temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, devem ser controlados com mais frequência, a fim de proporcionar um bom funcionamento nos ambientes climatizados.

3.3.1 Ventilação

A ventilação de um edifício envolve o processo de entrada e renovação do ar nos espaços, gerando ar respirável no interior dos edifícios, permitindo assim a QAI, e em alguns casos reduzindo consumo de energia.

O próprio corpo humano é uma fonte de poluentes, que ao respirar não só consome o oxigênio como ainda liberta CO₂, vapor de água e odores, que necessitam de ser retirados do espaço de modo a garantir a QAI (FERREIRA, 2006).

Além do corpo humano, outros poluentes podem ser emitidos, como os COV, produtos de combustão e devem ser removidos do interior dos espaços através da ventilação natural que é baseada no fornecimento de ar fresco a um espaço de forma natural ou mecânica que utiliza de dispositivo mecânico para garantir a QAI.

Neste estudo serão abordados os tipos de ventilação mecânica que estão diretamente relacionados com os objetos de estudo: climatizador evaporativo, condicionador do tipo separado (*split system*) e ar condicionado de janela ou parede.

Os três equipamentos promovem a climatização do ambiente, tornando-os confortáveis, mas nem sempre saudáveis.

3.3.1.1 Climatizador evaporativo

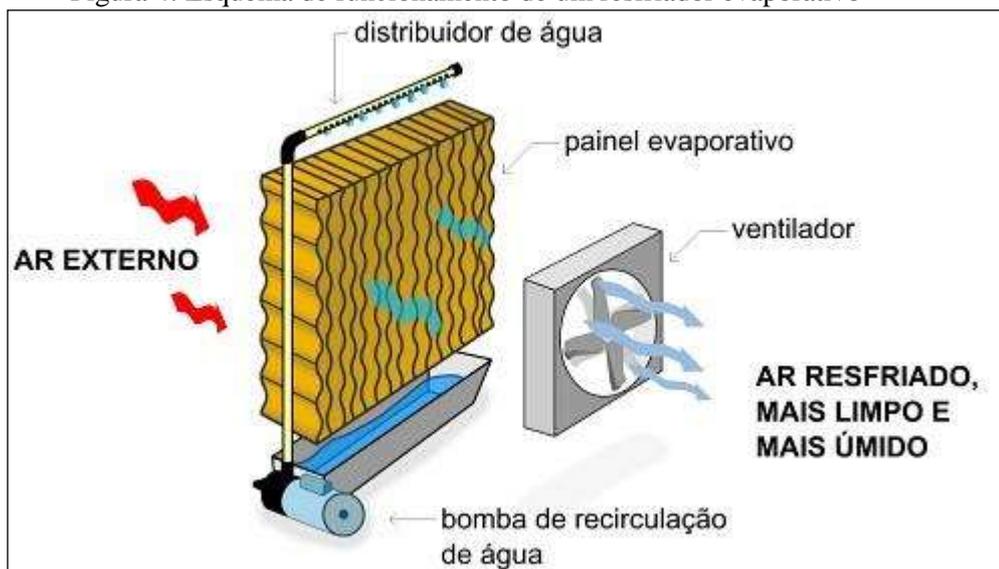
O climatizador para área comercial é um equipamento utilizado na redução da temperatura do ambiente e promove a renovação constante do ar do local, limpando-o, purificando-o, além de fornecer um conforto térmico aos ocupantes. É indicada a instalação do equipamento em locais comerciais abertos, como supermercados, lojas, clubes, igrejas, academias de ginásticas entre outros.

O equipamento emprega a evaporação da água para a climatização do ambiente, não utilizando gases que podem ser tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente revelando assim um produto totalmente sustentável.

Uma das principais características é a redução de até 95% de energia elétrica comparado ao ar condicionado convencional, contribuindo com o meio-ambiente (ECOBORISA, 2019).

O climatizador evaporativo de ar (Figura 4) possui um ventilador que força o ar externo através de um painel evaporativo, sobre o qual a água circula continuamente pela ação de uma bomba. Nesta passagem do ar pelo painel, há a troca de calor entre a água e o ar. A água que evapora garante uma maior umidade do ar resfriado e é repostada por uma bóia que mantém o nível constante do reservatório. Tal processo garante um resfriamento de até 12°C. A troca contínua do ar ambiente por ar resfriado é fundamental para manter as condições de conforto térmico no ambiente (ARAÚJO, 2011).

Figura 4: Esquema de funcionamento de um resfriador evaporativo



Fonte: ECOBRISA, 2019.

O princípio físico de funcionamento do aparelho é por evaporação da água, que é um processo bastante endotérmico e também adiabático, pois não emite calor para o ambiente trocando apenas o calor latente necessário para a transformação do estado físico (LOPES; GABARRA; LIMA, 2006).

É recomendado apenas para regiões em que o calor vem acompanhado de ar seco, onde a umidade do ar é necessária. Em cidades com alta umidade relativa do ar, o climatizador pode ter desempenho reduzido.

Academias de ginástica são ambientes que necessitam de refrigeração constante devido ao esforço físico dos ocupantes que geram a respiração/transpiração, portanto as empresas se preocupam em oferecer um ambiente saudável não só com a qualidade dos serviços oferecidos, mas também com redução da temperatura interna com umidade e ventilação, sendo esta fundamental para a renovação do ar.

Para tal, o climatizador evaporativo em academias de ginásticas melhora a respiração dos clientes, pois umidifica o ambiente, evitando também choques térmicos devido a não diminuir extremamente a temperatura (CLIMABRISA, 2019).

Para instalação é necessário saber a média de temperatura de bulbo úmido local, a carga térmica interna, dimensões do local e se há isolamento térmico, para adotar o número de renovações recomendadas para cada região do país.

Utiliza-se a equação básica para calcular a vazão de ar necessário:

$$Q = V \cdot N \quad \text{equação 1}$$

Onde:

Q = Volume de ar necessário;

V = volume do ambiente;

N = Número de trocas.

Segundo Climabrisa (2019), o número de trocas de ar normatizadas para os climatizadores é 30. Conhecendo o volume de ar em m³/h, utiliza-se a quantidade de equipamentos que distribua da melhor forma o ar dentro do ambiente sabendo que, quanto mais equipamentos, melhor a distribuição do ar.

A NR17 que é uma Norma Regulamentadora visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente e descreve como deve ser a climatização do local, no qual se devem seguir as recomendações de índice de temperatura efetiva, velocidade do ar e umidade relativa do ar.

3.3.1.2 Ar condicionado tipo *split* e de janela.

O sistema de ar condicionado é um conjunto de máquinas, tubulações e outros componentes que têm a função de controlar a temperatura, umidade, movimentação e pureza do ambiente interno.

Moraes (2006) divide o sistema em duas modalidades de expansão: Direta, em que o gás refrigerante é o responsável pelo resfriamento do ar injetado ao ambiente, a exemplo, os equipamentos de janela, os equipamentos tipo *split*, que normalmente não há renovação do ar. Os de expansão indireta são aqueles em que o gás refrigerante resfria a água que circula pelo sistema, sendo esta a responsável pelo resfriamento do ar, que é o funcionamento das centrais de água gelada.

O condicionador de ar tipo *split* possui duas partes (Figura 5), uma é instalada no interior, o evaporador, e a outra do lado de fora da edificação que é o condensador. A ligação entre as partes interna e externa é feita por meio de dutos e quanto maior à distância, maiores são as perdas do sistema. É silencioso e discreto, tendo também na versão frio, quente/frio.

Este sistema, originalmente concebido para ambientes residenciais, não possuem um sistema de troca de ar ou renovação (ABRAVA, 2019).

A unidade que determina a potência de refrigeração de cada aparelho de ar condicionado é representada por *British Thermal Unit* - BTU (Unidade Térmica Britânica) e considera-se para o cálculo, a região do país em que se vive, a incidência ou não do sol no local a ser instalado, número de pessoas que frequentam o local, quantidade de aparelhos eletrônicos, tipo e quantidade de lâmpadas, janelas e cortinas permitindo a entrada ou não de calor e a metragem do ambiente.

Figura 5: Aparelho de ar condicionado tipo *split*



Fonte: ARAÚJO, 2011

O filtro em fio de *nylon* é o mais comum, pois está presente em todos os modelos. É composto por uma malha fina de fios de *nylon* que prendem as impurezas enquanto deixam o ar passar, podendo ser lavado em casa pelo usuário, sendo bastante resistente e com durabilidade de anos. É um tipo de filtro básico que serve como complemento quando o aparelho utiliza outros sistemas de filtragem mais rebuscados, porém ele está presente em todos os casos (WEB AR CONDICIONADO, 2019).

O sistema de ar condicionado envolve interação constante entre a zona primária, que é a área que compreende a sala de máquinas do condicionador e o equipamento de tratamento do ar, a zona secundária que compreende a rede de dutos de insuflação e os acessórios para difusão do ar, e a zona terciária, que compreende o ambiente climatizado e o retorno do ar condicionado para o condicionador. Essas três zonas servem para garantir a QAI (ABNT NBR 16401-3, 2008).

Os aparelhos de ar condicionado de janela ou parede (Figura 6) são mais baratos. Possuem o evaporador e condensador no mesmo gabinete, devendo ser instalados embutidos

em parede ou em vãos de janela. O aparelho possui um filtro de *nylon* que ajuda a retirar a poeira e fumos do ar. Os modelos mais recentes têm baixo nível de ruído com capacidade na faixa de 1,775 kcal/h a 30.000 BTU/h.

Para controlar a QAI há necessidade de renovação do ar exterior e filtragem de todo o ar insuflado.

Figura 6: Aparelho de ar condicionado tipo janela ou parede



Fonte: ARAÚJO, 2011

De acordo com a NBR 6401, os filtros são divididos em grossos (prefixo G), finos (prefixo F) e absolutos (prefixo A). A Tabela 1 mostra a classificação, eficiência, características e aplicação principal dos filtros grossos.

Tabela 1: Recomendações para aplicações de filtro de ar

Classe de filtro	Eficiência (%)	Características	Aplicações principais
GO	30-59	Boa eficiência contra insetos e relativa contra poeira grossa. Eficiência reduzida contra pólen de plantas e quase nula contra poeira atmosférica.	Condicionadores tipo janela
G1	60-74	Boa eficiência contra poeira grossa e relativa contra pólen de plantas. Eficiência reduzida contra poeira atmosférica.	Condicionadores tipo compacto (self contained)
G2	75-84	Alta eficiência contra poeira grossa. Boa eficiência contra pólen de plantas e relativa contra a fração grossa (75μ) da poeira atmosférica.	Condicionadores de sistemas centrais
G3	85 e acima	Boa eficiência contra a fração grossa ($>5\mu$) da poeira atmosférica.	Condicionadores dos sistemas centrais pré filtragem para filtros finos F2 e F3

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6401, 1980.

A NBR 6401, substituída agora pela parte 3 da NBR 16401, definia uma classificação para os filtros de ar-condicionado baseada na sua eficiência e na aplicação mais apropriada. Também designava locais e tipos de aparelhos mais adequados para comportar este ou aquele filtro. A norma atual simplificou esta diferenciação e se baseia apenas na capacidade de absorção do filtro, separando entre os mais grossos, representados pelas classes G1, G2, G3 e G4 e os mais finos, F5, F6, F7 e F8 e F9 (ABNT NBR 16401-3, 2008).

A NBR 16401-3 adota a classificação de filtros da EN779 (*European Standard for Coarse and Fine Filters* - Norma Europeia para Filtros Grossos e Finos), que determina a eficácia dos filtros grossos por ensaio gravimétrico com poeira padronizada e a eficiência dos filtros finos em relação à retenção de partículas de 0,4 µm produzidas por dispersão de aerossol líquido (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação de filtros de partículas de acordo com a EM 779:2002.

Tipos de filtro	Classe	Eficiência gravimétrica média-Eg%	Eficiência média para partículas de 0,4µm- Ef%
Grossos	G1	$50 \leq Eg < 65$	---
	G2	$65 \leq Eg < 80$	---
	G3	$80 \leq Eg < 90$	---
	G4	$90 \leq Eg$	---
Finos	F5	---	$40 \leq Ef < 60$
	F6	---	$60 \leq Ef < 80$
	F7	---	$80 \leq Ef < 90$
	F8	---	$90 \leq Ef < 95$
	F9	---	$95 \leq Ef$

Fonte: ABNT NBR 16401-3, 2008.

A NBR 16401-3 também determina níveis de filtragem mínima para diversas aplicações comuns, e é válida para qualquer tipo de sistema, exceto pequenos sistemas unitários isolados para conforto, em que a soma das capacidades nominais das unidades que compõem o sistema seja inferior a 10KW. Para sistemas constituídos de unidades de tratamento de ar de pequeno porte (fancoletes, unidades *split* e *multi-split*), que não comportem os filtros estipulados nessa NBR, que indica a classe mínima de filtragem G4 para ginásio (área do público), *fitness center*, locais para jogos de boliche e jogos eletrônicos, o uso de filtros classe G3 é admissível, desde que o ar exterior seja suprido por sistema complementar, provido de filtragem da classe estipulada para a aplicação típica. Para sistema constituído de unidades de janela, o ar exterior também deve ser suprido por sistema complementar, provido de filtragem da classe estipulada na NBR para a aplicação típica, em que o ar deve ser conduzido por dutos à proximidade imediata da entrada de retorno da

unidade, não sendo admitida a captação do ar externo diretamente na unidade, mesmo no caso da unidade estar junto a uma parede exterior. É recomendável que o ar exterior seja resfriado e desumidificado, além de filtrado, para tentar reduzir a carga de condensados na unidade (ABNT NBR 16401-3, 2008).

Para a vazão de ar exterior requerida pela ABNT NBR 16401-3 (2008), a vazão eficaz se dá pela soma da vazão relacionada às pessoas (admitindo pessoas adaptadas ao recinto) e a vazão relacionada à área ocupada, e é calculada pela equação:

$$V_{ef} = P_z * F_p + A_z * F_a \quad \text{equação 2}$$

Onde:

V_{ef} é a vazão eficaz de ar exterior, expressa em litros por segundo (L/s);

F_p é a vazão por pessoa, expressa em litros por segundo (L/s*pessoa);

F_a é a vazão por área útil ocupada (L/s* m²);

P_z é o número máximo de pessoas na zona de ventilação;

A_z é a área útil ocupada pelas pessoas, expressa em metros quadrados (m²).

Os valores a adotar para F_p e F_a estão estipulados na Tabela 3.

Tabela 3: Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação

Local	D Pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² ^a
		Fp L/s* pess.	Fa L/s* m ²	Fp L/s* pess.	Fa L/s* m ²	Fp L/s* pess.	Fa L/s* m ²	
Esportes								
Fitness center (aerób.)	40	10	0,3	12,5	0,4	15	0,5	--
Fitness center (apar.)	10	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16401-3, 2008.

Nota: Nível 1: nível mínimo de vazão de ar exterior para ventilação; Nível 2: nível intermediário da vazão de ar exterior para ventilação; Nível 3: vazão de ar exterior para ventilação que reduz reclamações e manifestações alérgicas; D: densidade de ocupação esperada, referida à área útil ocupada (pessoas/100 m²); F_p : fração do ar exterior relacionada às pessoas (L/s*pessoas); F_a : fração do ar exterior relacionada ao recinto (L/s*m²); ^a: o ar de reposição para a exaustão pode ser proveniente de recintos vizinhos.

A norma brasileira de ar condicionado ABNT NBR 16401-3(2008) encontra-se em revisão, a fim de propor um novo cálculo da vazão de ar exterior tratado, para promover a renovação de ar interior com o propósito de manter a concentração de CO₂ metabolizado no

nível estabelecido pelo profissional de projetos. Todas as instalações de ar condicionado independente da capacidade ou do tipo de instalação, sem exceção, deverão adotar renovação de ar exterior (ABRAVA, 2017).

3.4 QAI E EXERCÍCIO FÍSICO

Após a abordagem feita aos principais poluentes do ar interior, características, ações para controle e mitigação da SED e controle ambiental, é pertinente apontar a relação da QAI em ambientes que propiciam a prática do exercício físico, a exemplo, academias de ginásticas que são locais que oferecem ambientes fechados para a prática, e são frequentadas por crianças, adultos e idosos em busca de atividades de lazer, saúde e bem-estar, bem como, por atletas desenvolvendo seus treinamentos. A permanência nestes locais pode variar em detrimento do objetivo de cada pessoa sendo por algumas horas, várias horas semanais ou diariamente como no caso de atletas, professores de Educação Física e outros funcionários.

Andrade; Dominski e Coimbra (2017), em estudo de revisão bibliográfica descrevem que a primeira publicação sobre a QAI em ambientes utilizados para o exercício físico e prática esportiva foi em 1975 e 67% dos estudos foram publicados no período de 2000 a 2015. Foram identificados pelos autores dois grupos de citações, sendo o primeiro realizado por pesquisadores que investigaram sobre pistas de gelo indoor e o segundo grupo de citações por pesquisadores mais recentes que estudaram a qualidade do ar em ambientes internos, como ginásios e centros de fitness.

Vários são os fatores que despertam as pesquisas de QAI nos ambientes que propiciam a prática de atividade física e esportes. Marques (2013) aponta a importância do estudo das partículas nos edifícios desportivos, relacionando sua concentração à ressuspensão das poeiras depositadas no piso e desgaste dos materiais associados à intensidade de movimentos e deslocamentos das pessoas.

Com o interesse sobre a QAI, a seguir serão apresentados no Quadro 6 alguns estudos sobre o tema que ainda é pouco conhecido em locais de práticas esportivas.

Quadro 6: Estudos relacionados à qualidade do ar e exercício físico em ambientes internos realizados por diversos autores.

Autor	Local do Estudo	Objetivo	Resultados
Buonanno et al. (2012)	Doze ginásios escolares em Cassino, Itália Central.	Quantificar a exposição de crianças à ressuspensão de partículas em academias de ginástica escolar.	Durante um período de três meses, identificaram grande variação de material particulado em função das atividades que foram realizadas e o número de alunos, atingindo valores muito maior que 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
Alves et al. (2013)	Duas instalações esportivas (Frontão e Ginásio) pertencentes à Universidade de Léon, Espanha.	Monitorar continuamente temperatura, umidade relativa do ar, CO, CO ₂ e COVT.	A campanha de monitoramento foi realizada em duas semanas de julho de 2012, sendo a primeira no Frontão e a segunda semana no Ginásio. O monitoramento de temperatura, umidade relativa, CO, CO ₂ , COVs e PM 10, mostraram concentrações acima do limite recomendado, destacando a acroleína como compostos carbonílicos mais abundantes, produtos de limpeza alterando níveis de COVs, e as concentrações de PM 10 obtidas durante os períodos de ocupação variaram entre 38 e 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no frontão e de 154 a 198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no ginásio.

Continua

Quadro 6: Estudos relacionados à qualidade do ar e exercício físico em ambientes internos realizados por diversos autores (continuação)

Autor	Local do Estudo	Objetivo	Resultados
Ramos, Wolterbeek e Almeida (2014),	Onze centros de <i>fitness</i> de Lisboa. Sendo três selecionados para análise mais aprofundada.	Monitoramento de temperatura, umidade, PM 10, PM 2,5, CO ₂ , CO, CH ₂ O , COV.	Dos três centros selecionados, foram quatro dias de monitoramento no estúdio e dois na sala de musculação. Em todos os centros os resultados apresentaram altos níveis de CO ₂ , picos de COV durante as atividades de limpeza, níveis altos de partículas devido a intensas atividades internas e também mostraram que a localização das entradas de ar e a eficiência dos filtros de ar são essenciais para garantir a QAI.
Andrade et al. (2018)	Três academias de ginásticas (musculação) em Florianópolis - Santa Catarina, Brasil.	Comparação de níveis de CO ₂ com as normas estabelecidas no Brasil, França e Europa.	As três academias investigadas foram avaliadas por três dias da semana, apresentando níveis de concentração de CO ₂ significativamente acima da norma Europeia (750 ppm) e das normas brasileira e francesa (1000 ppm).

Continua

Quadro 6: Estudos relacionados à qualidade do ar e exercício físico em ambientes internos realizados por diversos autores (continuação)

Autor	Local do Estudo	Objetivo	Resultados
Slezakova et al. (2018)	Quatro centros de fitness (estúdios e salas de aula para atividades de grupo) situados na área metropolitana do Porto, Portugal.	Avaliação de PM 10, PM 2,5 e partículas ultrafinas	A amostragem foi realizada durante 40 dias consecutivos no mês de maio-junho de 2014. Os resultados mostraram que em todos os centros de fitness, PM 10 variou entre 5 e 1080 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com concentrações medianas (15 e 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) preenchendo o limite (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) da legislação portuguesa e PM 2,5 tiveram concentrações médias excedidas nos limiares de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, indicando riscos potenciais para os ocupantes. As partículas ultrafinas foram aproximadamente duas vezes maiores ($p < 0,05$) durante os períodos ocupados com maiores variações temporais dos níveis de partículas ultrafinas observados em áreas gerais de condicionamento físico do que em salas de aula e estúdios.

Fonte: Autora, 2019

Carlisle e Sharp (2001) relatam a grande quantidade de poluentes que podem atingir mais profundamente o trato respiratório devido ao aumento da velocidade do fluxo de ar durante o exercício físico.

Maiores quantidades de ar poderão carregar maior quantidade de poluentes que irão entrar pelas vias respiratórias, muitas vezes, ao praticar exercício físico, pela boca em vez de mecanismos nasais normais (RAMOS, 2013).

Assim, a preocupação com a QAI se intensifica em função do impacto na saúde do praticante.

3.4.1 Sistema Respiratório

O sistema respiratório tem como objetivo principal prover um meio de troca gasosa entre o ambiente externo e o corpo, fornecendo ao indivíduo um meio de repor O_2 e remover CO_2 do sangue. A troca de O_2 e CO_2 entre pulmões e o sangue ocorre por meio da ventilação que se refere ao processo pelo qual o ar entra e sai dos pulmões e por meio da difusão que é o movimento espontâneo de partículas de uma região, em que estão em maior concentração, para outra em que estão em menor concentração. Entende-se por ventilação pulmonar a quantidade de ar mobilizada para dentro e fora dos pulmões. E a quantidade de gás movido por minuto é o produto do volume corrente (volume de gás inspirado ou expirado durante o ciclo respiratório não forçado) multiplicado pela frequência respiratória, sendo o seu valor representado em litros por minuto (L/min), conhecido como ventilação total (POWERS; HOWLEY, 2005).

Seguindo Powers e Howley (2015) para um homem que pesa 70 kg, o volume da ventilação pulmonar em repouso é de aproximadamente 7,5 L/min, com um volume corrente de 0,5 litro e uma frequência respiratória de 15 movimentos respiratórios/min. Assim, supondo que o volume expirado em cada respiração seja 0,5 litro e que haja 15 movimentos respiratórios/min, o volume total que sai do pulmão por minuto é $0,5 \times 15 = 7,5$ L/min. Durante o exercício máximo, a ventilação pode atingir 120-175 L/min, com uma frequência respiratória de 40-50 e um volume corrente de cerca de 3-3,5 litros.

West (2013) relata que com o exercício, a ventilação aumenta e, durante o esforço extremo, pode alcançar níveis muito altos. Pessoas jovens condicionadas, as quais atingem o consumo máximo de O_2 de 4 L/min, podem apresentar ventilação total de 120 L/min, ou seja, cerca de 15 vezes o volume de repouso. Esse aumento na ventilação coincide intimamente com maior captação de O_2 e eliminação de CO_2 .

No exercício, as demandas de trocas gasosas do pulmão são imensamente aumentadas. De modo geral, o consumo de oxigênio em repouso de 300 mL/min (0,3 L/min) pode aumentar para cerca de 3000 mL (3 L/min) em uma pessoa moderadamente condicionada. De maneira similar, a eliminação de CO_2 em repouso de 240 mL/min (0,24 L/min) aumenta para próximo de 3000 mL/min (3 L/min). Em geral, a taxa de troca respiratória (R) sobe de 0,8 em repouso para 1 ao exercício.(WEST, 2013).

O quociente respiratório (QR) descreve a troca gasosa metabólica medida nos pulmões da seguinte forma:

$$QR = \frac{CO_2 \text{ produzido}}{O_2 \text{ consumido}} \quad \text{equação 3}$$

Onde:

QR é o quociente respiratório;

CO₂ é o dióxido de carbono;

O₂ é o Oxigênio.

Em se tratando de uma dieta mista, McArdle, Katch e Katch (2018) afirmam que para a maioria das finalidades, deve-se admitir um QR de 0,82 (metabolismo de uma mistura de 40% de carboidratos e 60% de gorduras) e aplicar-se o equivalente calórico de 4,825 kcal por litro de oxigênio para as transformações de energia. A relação QR - kcal pode determinar com exatidão o gasto energético durante a atividade física.

Um gasto energético de 5 kcal é igual aproximadamente 1 L de O₂ consumido, permitindo, assim, a transposição desses valores calóricos em litros de O₂ consumido por minuto (L/min) ou mililitros de O₂ por quilograma de peso corporal por minuto (mL/kg/min) ou MET (Equivalente Metabólico da Tarefa), definidos como múltiplos do metabolismo de repouso, que se refere ao consumo de oxigênio em repouso para um indivíduo, representado na literatura pelo consumo de oxigênio (VO₂) por unidade de massa corporal, sendo 1 MET = 3,5 ml/kg/min (McARDLE; KATCH, KATCH, 2018). Ou seja, para cada quilo de peso corporal são consumidos 3,5 ml de oxigênio por minuto. Partindo-se deste princípio, os pesquisadores classificaram as atividades físicas em MET. Assim, se uma determinada atividade tem um equivalente metabólico de 5 MET, significa que consome 5 vezes mais oxigênio e conseqüentemente calorias do que em repouso, por exemplo, a quantidade total de oxigênio consumida será de 17,5 ml/kg/min (3 x 3,5 ml/kg/min). Portanto, a taxa de O₂ consumido e de CO₂ produzido, depende da taxa de respiração correspondente ao nível de atividade física.

Com o aumento da ventilação pulmonar por minuto, inalação do ar pela boca durante o exercício físico na maioria das vezes, poluentes que se encontram em forma de aerossol, que são partículas muito pequenas que se mantêm suspensas no ar, se tornam alvos de preocupação para o sistema respiratório pela função que desempenha.

Ao inalar o aerossol, seu destino depende do tamanho das partículas. As grandes são removidas pela impactação no nariz e na faringe, ou seja, não passam as bifurcações e ao se chocar com a mucosa molhada ficam aprisionadas. As partículas de tamanho médio se depositam nas vias aéreas de menor calibre em função de seu peso, chamado de sedimentação, sendo intensa a deposição nos bronquíolos respiratórios e terminais. As partículas menores ($< 0,1\mu\text{m}$ de diâmetro) podem alcançar os alvéolos, onde se dá alguma deposição por meio da difusão às paredes. Outro fator a ser considerado é que muitas partículas pequenas não são depositadas e são exaladas na próxima respiração. As partículas depositadas nas paredes brônquicas são expelidas pelo muco e impulsionadas pelos cílios, sendo expectoradas ou deglutidas, e a ação ciliar pode ser paralisada por irritantes inalados. As partículas depositadas nos alvéolos são principalmente englobadas e digeridas por macrófagos que saem através do sangue e dos linfáticos (WEST, 2013).

3.4.2 Academia de Ginásticas

A estrutura de uma academia de ginástica deve compreender um imóvel com área não inferior a 250 m^2 , e sugere-se que haja os espaços adequados para a recepção; sala de administração; sala de avaliação física; espaço para aquecimentos, condicionamentos, alongamentos, etc.; salas para aulas de ginásticas; ambientes para musculação e seus devidos equipamentos; vestiários e armários (SEBRAE, 2019).

Na Resolução nº 52, de 10 de dezembro de 2002, que dispõe sobre Normas Básicas Complementares para fiscalização e funcionamento de Pessoas Jurídicas prestadoras de serviços na área da atividade física, desportiva, e similares, estabelece em seu art. 2º que o estabelecimento deverá possuir espaços físicos que possibilitem o desenvolvimento de atividades físicas específicas e permitam a necessária separação e independência dessas atividades, visando garantir princípios de segurança, saúde e ergonomia, na prática destas, devendo o mesmo dispor de áreas com instalações, equipamentos e suprimentos necessários para assegurar à correta disposição (BRASIL, 2002).

Em relação aos aparelhos e equipamentos fixos para a prática de exercícios físicos, de acordo com Resolução nº 52, art. 9º inciso a e b, deve-se observar a apresentação em perfeito estado de conservação, higiene, e segurança, livres de ferrugem e amassamentos, apurados, devidamente fixados no chão e/ou paredes, lubrificadas, em suas partes móveis, e a distribuição de forma a permitir uma segura e livre circulação, entre si e de fácil acesso, tendo uma de suas faces inteiramente livre (BRASIL, 2002).

Não existem normas específicas para uma Academia de Ginásticas, porém há normas aplicáveis na execução de uma Academia de Ginásticas que são:

- a) ABNT NBR 11238: 1990 - Segurança e higiene de piscinas.
- b) ABNT NBR 10818: 1989 - Qualidade de água de piscina.
- c) ABNT NBR 15842: 2010 - Qualidade de serviço para pequeno comércio - Requisitos gerais.
- d) ABNT NBR 12693: 2010 - Sistemas de proteção por extintores de incêndio.
- e) ABNT NBR 5626: 1998 - Instalação predial de água fria.
- f) ABNT NBR 5410: 2004 Versão Corrigida: 2008 - Instalações elétricas de baixa tensão.
- g) ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: 2013 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior.
- h) ABNT NBR IEC 60839-1-1: 2010 - Sistemas de alarme - Parte 1: Requisitos gerais - Seção 1: Geral.
- i) ABNT NBR 9050: 2004 Versão Corrigida: 2005 - Acessibilidades a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos - Sistemas de alarme - Parte 1: Requisitos gerais - Seção 1: Geral.

Há um manual de orientação para fiscalização sanitária em estabelecimentos prestadores de atividade físicos e afins, elaborado em 2009 pela ANVISA, que estabelece regras como a avaliação física obrigatória a todo cliente egresso à academia, até a distância entre equipamentos da sala de musculação que são impostas, sendo passíveis de cobrança de multa e proibição de funcionamento, e não permite argumentação dos profissionais da área sobre as regras impostas.

Este manual foi suspenso até que o mesmo seja refeito, obtendo da ANVISA a promessa de inclusão no grupo de trabalho para a elaboração do novo documento, representantes do setor de *fitness*, empresários à frente de academias e profissionais do segmento. Segundo a Associação Brasileira de Academias, são normas exageradas, sem eficácia caso aplicadas, e que muitas vezes impedem o pleno funcionamento das academias. Além disso, o manual também era usado como base para a elaboração de normas pelas Vigilâncias Sanitárias estaduais e municipais (ACAD, 2018).

Contudo, a ANVISA lança a Nota Técnica nº 6, de 2018, que esclarece que o referido manual foi elaborado com o apoio de grupos de trabalho formados por diversos profissionais do país, em um contexto diferente da atualidade. Destaca-se, portanto, que o documento é um instrumento regulatório não normativo de caráter recomendatório, dessa maneira, não deve ser utilizado como ferramenta de fiscalização pelas vigilâncias sanitárias locais, pois, pode

apresentar informações desatualizadas e em alguns casos, corre-se o risco de inviabilizar o funcionamento dos serviços. O referido documento foi retirado do Portal da ANVISA até que o tema seja revisado e ressalta-se a importância de não utilizar o manual nas fiscalizações desses estabelecimentos, já que não pode ser usado como base legal para lavrar autos de infração (BRASIL, 2018).

Percebe-se que não há nenhuma recomendação ou legislação específica para a QAI em ambientes utilizados para a prática de exercícios físicos e desportos. Assim, o presente estudo irá abordar a seguir, a legislação para controle da qualidade do ar interno e externo em um contexto geral.

3.5 LEGISLAÇÃO PARA CONTROLE DA QUALIDADE DO AR INTERNO E EXTERNO

Com o intuito de proteger a saúde pública, o Brasil desde a década de 80 vem estabelecendo e implementando várias leis, normas regulamentadoras, e o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (Quadro 7), de forma a melhorar a qualidade do ar (externo e interno), controlar as emissões de substâncias nocivas para a atmosfera, e à adoção de medidas preventivas para atender os requisitos legais, reduzindo assim os riscos para a saúde pública.

Quadro 7: Leis, Normas Regulamentadoras, CONAMA relacionadas ao controle da qualidade do ar (externo e interno).

Leis/Normas/CONAMA	Determinações Legais
Lei nº 6.437/1977	Configura infrações à legislação sanitária federal, estabelecendo punições mediante advertência, multa, apreensão, interdição e/ou inutilização, suspensão de vendas e/ou fabricação de produto, cancelamento de registro de produto, interdição parcial ou total de estabelecimentos, proibição de propaganda, cancelamento do de autorização para funcionamento de empresas e cancelamento do alvará de licenciamento de estabelecimentos, intervenção no estabelecimento que receba recursos públicos de qualquer esfera, imposição de mensagem retificadora e suspensão de propaganda e publicidade
NBR 6401/1980	Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto
Lei nº 6.938/1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
CONAMA nº5/1989	Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR.
CONAMA nº3/1990	Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.
Portaria 3.523/1998	Considerando a preocupação mundial com a Qualidade do Ar de Interiores em ambientes climatizados e a ampla e crescente utilização de sistemas de ar condicionado no país, em função das condições climáticas, estabelece procedimentos que visem minimizar o risco potencial à saúde dos ocupantes, em detrimento da permanência prolongada em ambientes climatizados, contendo medidas básicas de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, além de estabelecer taxa de renovação no ar interior no mínimo de 27 m ³ /h/pessoa.
Res. nº176/2000	Determina 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.
NBR 14679/2001	Sistema de condicionamento de ar e ventilação – execução de serviços de higienização.
Res. nº 9/2003	Revisa e atualiza 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 adquirida no país nos dois primeiros anos de sua vigência.
NR 17/2007	Ergonomia. Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. Em seu artigo 17.5, determina as condições ambientais de trabalho.
NBR 16401-1/2008	Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projeto das instalações.

Continua

Quadro 7: Leis, Normas Regulamentadoras, CONAMA relacionadas ao controle da qualidade do ar (externo e interno). (continuação)

NBR 16401-2/2008	Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico.
NBR 16401-3/2008	Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 3: Qualidade do ar interior
NR 15/2015	Atividade e operações insalubres. Esta norma regulamentadora determina limite de tolerância, ou seja, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.
CONAMA nº491/2018	Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Revoga a Resolução CONAMA nº 03/1990. e os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 05/1989. Complementa a CONAMA nº5, pois define como padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassados, podem afetar a saúde, segurança e o bem-estar de uma população específica.

Fonte: Autora, 2019

3.5.1 Legislações aplicáveis para QAI

No Brasil a QAI foi regulamentada inicialmente pela Resolução nº 176, de 24 de outubro de 2000 da ANVISA e, posteriormente, pela Resolução nº 09, de 16 de janeiro de 2003 que determina a Orientação Técnica sobre Padrões Referenciais da Qualidade do Ar de Interiores em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Além disso, desde 1998 já existia a Portaria GM/MS nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, que contém medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência dos componentes dos sistemas de climatização.

Tendo em vista o objetivo deste estudo, a seguir serão apresentadas as legislações pertinentes à QAI.

3.5.1.1 Portaria GM/MS nº 3.523, de 28 de agosto de 1998

Esta portaria estabelece procedimentos que visem minimizar o risco potencial à saúde dos ocupantes, em detrimento da permanência prolongada em ambientes climatizados, considerando a preocupação mundial com a QAI; a crescente utilização de sistemas de ar condicionado no país, em função das condições climáticas; a preocupação com a saúde, o bem-estar, o conforto, a produtividade e o absenteísmo ao trabalho, dos ocupantes dos ambientes climatizados e a sua inter-relação com a variável qualidade de vida; a correlação

com a SED, relativa à ocorrência de agravos à saúde; o projeto e a execução da instalação inadequada; a operação e a manutenção precária dos sistemas de climatização (BRASIL, 1998).

O Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) do sistema de climatização deve estar coerente com a legislação de Segurança e Medicina do Trabalho e de acordo com o art. 5º (BRASIL, 1998) devem estar em condições adequadas de limpeza, manutenção, operação e controle, observadas as determinações, abaixo relacionadas, visando à prevenção de riscos à saúde dos ocupantes (Quadro 8):

Quadro 8: Determinações para os sistemas de climatização

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

Fonte: Autora, 2019

Em seu art. 6º, esta portaria determina que os responsáveis por sistemas de climatização, com capacidade acima de 5TR (15.000 kcal/h = 60.000 BTU/h), deverão manter um responsável técnico habilitado, com determinadas atribuições (Quadro 9).

Quadro 9 – Determinações atribuídas ao técnico habilitado para o PMOC

Atribuições
Implantar e manter disponível no imóvel um PMOC, adotado para o sistema de climatização que deve conter a identificação do estabelecimento que possui ambientes climatizados, a descrição das atividades a serem desenvolvidas, a periodicidade das mesmas, as recomendações a serem adotadas em situações de falha do equipamento e de emergência.
Garantir a aplicação do PMOC por intermédio da execução contínua direta ou indireta deste serviço.
Manter disponível o registro da execução dos procedimentos estabelecidos no PMOC.
Divulgar os procedimentos e resultados das atividades de manutenção, operação e controle aos ocupantes.

Fonte: Autora, 2019

A portaria, citada em seu art. 9º, esclarece que o não cumprimento deste Regulamento Técnico configura infração sanitária.

3.5.1.2 Resolução RE/ANVISA nº 9, de 16 de janeiro de 2003

Esta resolução determina orientação técnica elaborada sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior (Tabela 4) em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo, considerando a preocupação com a saúde, a segurança, o bem estar e o conforto dos frequentadores dos ambientes climatizados (BRASIL, 2003). Os padrões referenciais adotados complementam as medidas definidas no PMOC para efeito de avaliação e controle da QAI.

Tabela 4: Padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo.

Contaminação Microbiológica	≤750 ufc/m ³ de fungos, para a relação I/E ≤ 1,5, onde I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior.
Contaminação Química	
CO ₂	≤1000 ppm
Aerodispersóides totais no ar	≤80 µg/m ³
Parâmetros físicos	
Temperatura de Bulbo Seco – verão	23°C a 27°C
Temperatura de Bulbo Seco-inverno	20°C a 22°C
Umidade Relativa do ar – verão	40% a 65%
Umidade Relativa do ar – inverno	35% a 65%
Velocidade do ar	<0,25 m/s
Taxa de renovação do ar	27m ³ /hora/pessoa
Filtros para captação do ar exterior	G1
Grau de pureza no ar nos condicionadores de sistemas centrais	Filtros de classe G3

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2003

3.5.1.3 Norma Regulamentadora NR15

A Norma Regulamentadora NR 15 - Atividades e Operações Insalubres – descreve as atividades, operações e agentes insalubres, inclusive seus limites de tolerância, definindo, assim, as situações que, quando vivenciadas nos ambientes de trabalho, pelos trabalhadores, determinam a caracterização do exercício insalubre, assim como os meios de proteger os trabalhadores de tais exposições (BRASIL, 2015).

Insalubre significa pouco saudável, capaz de provocar doenças, isto é, o que podemos encontrar no ambiente de trabalho onde manipulamos produtos químicos, manejamos ferramentas e utilizamos máquinas diversas, dividimos espaço com vários colegas de profissão, compartilhamos o mesmo ar, etc. Segundo a NR 15, as atividades e operações são consideradas insalubres e fazem jus ao adicional de insalubridade, quando expõem os trabalhadores acima dos limites de tolerância estabelecidos nos Anexos 1, 2, 3, 5, 11 e 12, nas atividades mencionadas nos Anexos 6, 13 e 14 e aquelas que forem comprovadas através de laudo de inspeção do local de trabalho, constantes dos Anexos 7, 8, 9 e 10 (Quadro 10) (BRASIL, 2015).

Quadro 10: Atividades e Operações consideradas insalubres

Anexo	Atividades ou operações a que exponha o trabalhador	Percentual %
1	Níveis de ruído contínuo ou intermitente superiores aos limites de tolerância fixados no Quadro constante do Anexo 1 e no item 6 do mesmo Anexo.	20
2	Níveis de ruído de impacto superiores aos limites de tolerância fixados nos itens 2 e 3 do Anexo 2.	20
3	Exposição ao calor com valores de IBUTG, superiores aos limites de tolerância fixados nos Quadros 1 e 2.	20
4	(Revogado pela Portaria TEM n.º 3.751, de 23 de novembro de 1990).	-
5	Níveis de radiações ionizantes com radioatividade superior aos limites de tolerância fixados neste Anexo.	40
6	Ar comprimido.	40
7	Radiações não-ionizantes consideradas insalubres em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho.	20
8	Vibrações consideradas insalubres em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho	20
9	Frio considerado insalubre em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho	20
10	Umidade considerada insalubre em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho	20
11	Agentes químicos cujas concentrações sejam superiores aos limites de tolerância fixados no Quadro 1.	10, 20 e 40
12	Poeiras minerais cujas concentrações sejam superiores aos limites de tolerância fixados neste Anexo.	40
13	Atividades ou operações, envolvendo agentes químicos, consideradas insalubres em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho.	10, 20 e 40
14	Agentes biológicos.	20 e 40

Fonte: Autora, 2019

A eliminação ou neutralização da insalubridade determinará a suspensão do pagamento do adicional, e isso poderá acontecer com adoção de medidas de ordem geral, que conservem o ambiente de trabalho dentro dos limites de tolerância ou com a utilização de

Equipamento de Proteção Individual (EPI), comprovada através de avaliação pericial por órgão competente que confirme a inexistência de risco à saúde do trabalhador.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos e equipamentos utilizados para a coleta das amostras e avaliação dos parâmetros propostos.

O período de amostragem foi dividido em três campanhas, sendo a primeira na estação do ano verão, que decorreu de dezembro de 2017 a janeiro de 2018 em três dias de coleta em cada academia, totalizando 12 dias. A segunda campanha foi realizada na estação do ano inverno, no mês de julho de 2018, em dois dias de coletas em cada academia, perfazendo 08 dias.

Na primeira e segunda campanha, foram avaliados parâmetros físicos e químicos (temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, CO₂) e parâmetros microbiológicos (fungos) nas quatro academias, nos dois ambientes, sala de *spinning* e sala de musculação.

A terceira campanha foi realizada somente na sala de musculação de duas academias, sendo uma que utiliza o sistema de ar condicionado tipo *split* e outra que utiliza o climatizador evaporativo, por três dias em cada, que decorreu na segunda quinzena do mês de março e início do mês de abril de 2019, que corresponde à estação do ano outono. Nesta campanha foram coletados valores de temperatura, umidade relativa, PM 10, PM 2,5, PM 1, CH₂O e COVT.

Durante o período de amostragem, o pico de ocupação ocorria no período da tarde, início da noite, uma vez que grande parte dos frequentadores de academia prefere o horário em função de trabalhar durante o dia.

4.1 DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O presente estudo abrange como campo de investigação quatro academias de ginásticas do Município de Ribeirão Preto - SP. O município pesquisado localiza-se no interior do estado de São Paulo, região Sudeste do Brasil, sendo a cidade sede da Região Metropolitana de Ribeirão Preto, com população estimada em 2019 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 703.293 habitantes.

Para a definição do objeto de estudo, os critérios utilizados para a escolha das academias foram os tipos de sistemas de climatização, acessibilidade para coleta dos dados e que as mesmas tivessem locais distintos para a prática da musculação e de aulas de *spinning*. A localização e o tamanho das academias não eram relevantes, pois o propósito principal foi investigar diferentes tipos, para exploração dos dados. Devido à disponibilidade de

equipamentos, a pesquisa se atentou a apenas quatro academias. Também foi observado se havia periodização de limpeza nos equipamentos de climatização.

A sala de musculação é um dos ambientes das academias de ginásticas que concentra os equipamentos, halteres, tapetes emborrachados, colchonetes, entre outros materiais, e é o local que acaba se tornando o centro das atividades, com maior procura dos alunos e alta rotatividade durante todo o período em que a academia se encontra aberta. Já a sala de *spinning* é um ambiente que propicia aulas ministradas por professores de Educação Física com o intuito de orientar, bem como proporcionar a intensidade e ritmo das pedaladas. É uma aula sob o método *Fartlek*, com alto requerimento metabólico e de resistência muscular, acarretando a hiperventilação pulmonar que se modifica de acordo com a intensidade do exercício físico, originando uma transpiração acentuada, que é considerada um dos contaminantes gerados pelo metabolismo humano para a QAI.

As academias serão tratadas nesse estudo por A, B, C e D, sendo as academias representadas por A e B as que utilizam o sistema de ar condicionado, e as academias C e D aquelas que utilizam climatizadores evaporativos.

4.1.1 Característica de Estudo

Trata-se de um estudo descritivo e transversal com abordagem quantitativa. O método descritivo tem o objetivo de descrever o objeto pesquisado, estabelecendo relações entre as variáveis estudadas (GIL, 2010).

4.1.2 Variáveis

As variáveis em estudo são: CO₂, COVT, CH₂O, PM 10, PM 2,5, PM 1, microrganismos (fungos), temperatura, umidade relativa e velocidade do ar.

4.2 TÉCNICAS DE MEDIÇÃO, AMOSTRAGEM E ANÁLISE

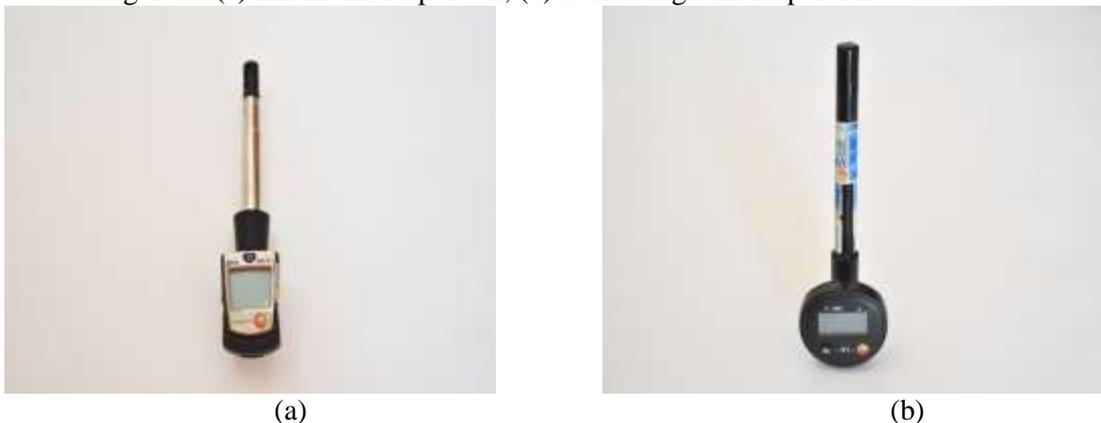
A seguir serão apresentadas as técnicas de medições, amostragem e análises utilizadas nas três campanhas de coleta dos dados. Para a coleta de velocidade do ar, temperatura, umidade relativa e CO₂, os pontos amostrais, com exceção do medidor de velocidade do ar, foram distribuídos uniformemente e coletados com o amostrador na altura de 1,50 m do chão. Os dados foram medidos em intervalos de aproximadamente cinco e dez minutos durante 30

e 60 minutos na sala de *spinning* e musculação, respectivamente, para depois ser calculado o valor médio do período de coleta por dia.

4.2.1 Velocidade do ar, temperatura e umidade relativa

Para a medição de velocidade do ar foi utilizado um anemômetro portátil, da marca Testo, modelo 405-V1 (Alemanha) (Figura 7 a), posicionado na região de influência da distribuição do ar. Este aparelho fornece dados de velocidade do ar em m/s (Anexo A). Para temperatura e umidade relativa, foi utilizado um Termo-higrômetro portátil, marca Testo, modelo 605-H1 (Alemanha) (Figura 7 b) (Anexo B).

Figura 7: (a) Anemômetro portátil; (b) Termo-higrômetro portátil



Fonte: Autora, 2019

4.2.2 Concentração de dióxido de carbono (CO₂)

Foram realizadas medições da concentração de dióxido de carbono utilizando um aparelho portátil de leitura por meio de sensor infravermelho não dispersivo, marca Testo, modelo 535 (Alemanha) (Figura 8) (Anexo C).

Figura 8: Aparelho de medidor de CO₂

Fonte: Autora, 2019.

O aparelho segue as recomendações técnicas para faixa de leitura e exatidão estabelecidas pela RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003).

4.2.3 Material particulado, COVT e CH₂O

Foi utilizado o equipamento portátil marca IGERES, modelo WP6930S (China) (Figura 9), que avalia a temperatura em grau Celsius, o nível de umidade do ar e outras medidas, como a concentração de formaldeído, COVT e material particulado PM 10, PM 2,5, PM 1,0. O equipamento tem um ventilador embutido para absorver rapidamente o ar ambiente, permitindo medições em tempo real. Possui um sensor a laser para medir os níveis de partículas de poeira e um segundo sensor semicondutor eletroquímico para medir os níveis de formaldeído e compostos orgânicos voláteis totais. É calibrado automaticamente em ar fresco (Anexo D).

Figura 9: Medidor de COVT, CH₂O, PM 10, PM 2,5, PM 1,0

Fonte: Autora, 2019

O aparelho foi posicionado em zona ocupada a 1,50 m do chão, em um tripé frente a uma máquina fotográfica (Figura 10), para que a tela do equipamento fosse fotografada a cada 1 minuto e 30 segundos, aproximadamente, para depois ser calculado o valor médio dos dados coletados do dia.

Figura 10: Medidor e máquina fotográfica



Fonte: Autora, 2019

4.2.3.1 Método gravimétrico (MP 10)

O método funciona por meio de sucção do ar através de um filtro. O filtro é pesado antes e depois da amostragem em balança analítica com sensibilidade mínima de 0,01 mg, com temperatura e umidade controladas, tendo o objetivo de evitar grandes variações entre pré e pós-coleta. Neste estudo foi adotada uma balança analítica de cinco casas decimais, marca Shimadzu.

A temperatura ótima para a sala de pesagem situa-se na faixa de 20 a 25°C, provida de ar condicionado. Os materiais e procedimentos atendem à NHO 03 da FUNDACENTRO (2001), ABNT: NBR 12085 (1991) e RE n° 9 da ANVISA (2003).

4.2.3.1.1 Materiais utilizados

Foi utilizado uma unidade de captação constituída por filtros de membrana de PVC de 5 µm de poro específico para poeira total a ser coletada e 37 mm de diâmetro, branco e liso (Figura 11 a); disco de celulose de 37 mm de diâmetro, usado para suportar o filtro de membrana dentro do porta-filtro (Figura 11 b); conjunto de duas peças feito em plástico

transparente, com 37 mm de diâmetro, que abriga e sustenta o filtro de membrana e o suporte utilizado para retenção da amostra (Figura 11 c).

Figura 11: (a) Filtro de membrana; (b) Disco de celulose; (c) Suporte do filtro de membrana e disco de celulose



Fonte: Autora, 2019

Também foi utilizada uma caixa para proteção dos filtros de membrana durante a estabilização, construída em alumínio, para permitir que haja equilíbrio das condições de umidade e temperatura entre o seu interior e o ambiente em que se encontra, sem que haja depósito de poeira desse ambiente sobre as amostras (Figura 12).

Figura 12: Caixa de estabilização



Fonte: Autora, 2019

Utilizou-se um suporte de pesagem construído de vidro, no formato de um triângulo, sobre o qual o filtro foi depositado para a pesagem em balança analítica (Figura 13).

Figura 13: Balança analítica, com suporte de vidro em triângulo.



Fonte: Autora, 2019

Uma bomba portátil de amostragem de alta vazão para análise de poeiras e fumo, que mantém ao longo do período de coleta a vazão inicial de calibração com variação de 5%, marca: Sensidyne, modelo BDX II (Figura 14 a) (EUA) (Anexo E), que foi posicionada em um suporte a altura de 1,5 m do piso para a coleta da amostra (Figura 14 b). Para este estudo foi estipulado a vazão de 3,0 L/min, durante 60 minutos de coleta, coletando 180 L de ar.

Figura 14: (a) Bomba portátil; (b) Suporte para a bomba



(a)

(b)

Fonte: Autora, 2019

4.2.3.1.2 Procedimentos para coleta

Os filtros foram retirados da embalagem original com o auxílio de uma pinça e depositados sobre os corpos inferiores dos portas-filtro, já preparados com os discos de celulose. Se existisse diferença visível de porosidade entre as duas faces do filtro, colocava-se a parte mais porosa para cima. Foram escolhidos dois filtros testemunho da mesma embalagem e realizou-se o mesmo procedimento. Em seguida, escolheu-se um código para marcação dos portas-filtro. Introduziu-se os portas-filtro contendo os filtros já montados e

codificados, destampados, na caixa estabilizadora e deixou-se em repouso por um período mínimo de três horas, juntamente com os dois filtros testemunhos da respectiva embalagem e, depois, realizou-se a pesagem de cada filtro por duas vezes consecutivas, verificando, se a diferença entre as duas pesagens de cada filtro era menor ou igual a 0,00002 g. Os filtros que não atendessem a especificação acima foram pesados pela terceira vez e calculou-se a média das massas dos filtros. Em seguida, os portas-filtros já pesados eram fechados manualmente e os encaixes dos portas-filtro eram vedados com 03 camadas de fita teflon. Foi estipulado um tempo máximo de 24 horas para a utilização dos filtros.

Após a coleta os portas-filtro eram abertos cuidadosamente e introduzidos na caixa de estabilização, juntamente com os 02 testemunhos correspondentes ao seu código e era aguardado no mínimo 03 horas para estabilização, para depois, realizar a pesagem novamente. Para o transporte e armazenamento da coleta, os portas-filtro contendo o filtro, foram mantidos em posição vertical com o orifício de entrada do ar sempre para cima, até o momento da pesagem.

4.2.3.1.3 Expressão dos resultados

A expressão dos resultados se dá pela determinação da massa da amostra coletada sobre o filtro, calculando a diferença entre a massa do filtro carregado e a massa do filtro virgem. Massa da amostra = massa do filtro carregado - massa do filtro virgem. O fator de correção é realizado da seguinte forma:

$$F = \frac{(c-a) + (d-b)}{2} \quad \text{equação 4}$$

Onde:

F = fator de correção;

a = massa inicial do filtro testemunho 1;

b = massa inicial do filtro testemunho 2;

c = massa final do filtro testemunho 1;

d = massa final do filtro testemunho 2.

Se $F > 0$ a massa corrigida = (massa da amostra) - F.

Se $F < 0$ a massa corrigida = (massa da amostra) + F.

O método gravimétrico manual é muito trabalhoso. Segundo Moraes (2006) o método se aplica para medições de concentração em massa de aerodispersóide com tempo de coleta

de 24 horas, com níveis acima de 1 - 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ com partículas com tamanho entre 0,3 e 100 μm .

No presente estudo, o método foi aplicado, porém, desconsiderado, devido à inconsistência de resultados.

4.2.4 Análise microbiológica

A preparação, tratamento e contabilização das coletas para análises microbiológicas de fungos, foram realizados nas instalações do Laboratório Realiza no município de Ribeirão Preto, estado de São Paulo, Brasil e a caracterização das espécies foram realizadas pelo Laboratório de Microbiologia Aplicada a Doenças Infecciosas (LAMADI) da Universidade de Ribeirão Preto.

4.2.4.1 Meios de Cultura

Para o cultivo dos fungos foi utilizado o meio de cultura Ágar Batata Dextrose (ABD) (Merk KGaA, Alemanha) em placas de Petri descartáveis estéreis por Óxido de Etileno, tamanho 90x15 mm, sob condições assépticas de fluxo laminar.

Foram dissolvidos 39 g do meio de cultura para cada litro de água purificada para a preparação do mesmo, seguindo o rótulo do reagente principal. Para a dissolução, o meio foi aquecido com o uso do bico de Bunsen e agitado com bastão de vidro para autoclavagem a 121°C por 15 minutos.

O Laboratório realizou o preparo das placas de Petri com o meio já esterilizado. As placas foram seladas com filme de PVC e acondicionadas em sacos plásticos selados para serem levadas a campo em caixa térmica sob temperatura ambiente (Figura 15).

Figura 15: Caixa Térmica



Fonte: Autora, 2019

4.2.4.2 Amostragem Ativa

As amostras foram coletadas utilizando um impactador linear de um estágio, modelo CF-6 (BCF. 01, EUA) (Anexo F), instalado num suporte em tripé, articulado, ajustável até 1,5 m de altura (Figura 16). O equipamento dispunha de um rotâmetro instalado, para medir o fluxo de ar, sendo que foi utilizada a própria válvula do rotâmetro para manter a vazão da bomba. Em cada ponto de amostragem, foram coletados 300 litros de ar, com a vazão mantida fixa em 30 L/min, durante 10 minutos.

Foram coletadas três amostras de bioaerosol de cada ponto de amostragem, sendo três amostras da sala de musculação, três da sala de *spinning* e três do ambiente externo em cada dia de coleta, para posteriormente ser obtida a média das amostras no período de dezembro de 2017 a janeiro de 2018, representando a campanha do verão, e no mês de julho de 2018, representando a campanha do inverno, totalizando assim, 108 amostras de bioaerosol no verão e 72 no inverno.

O amostrador utilizado atende à Norma Técnica 01 da Resolução nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003).

Figura 16: Impactador linear

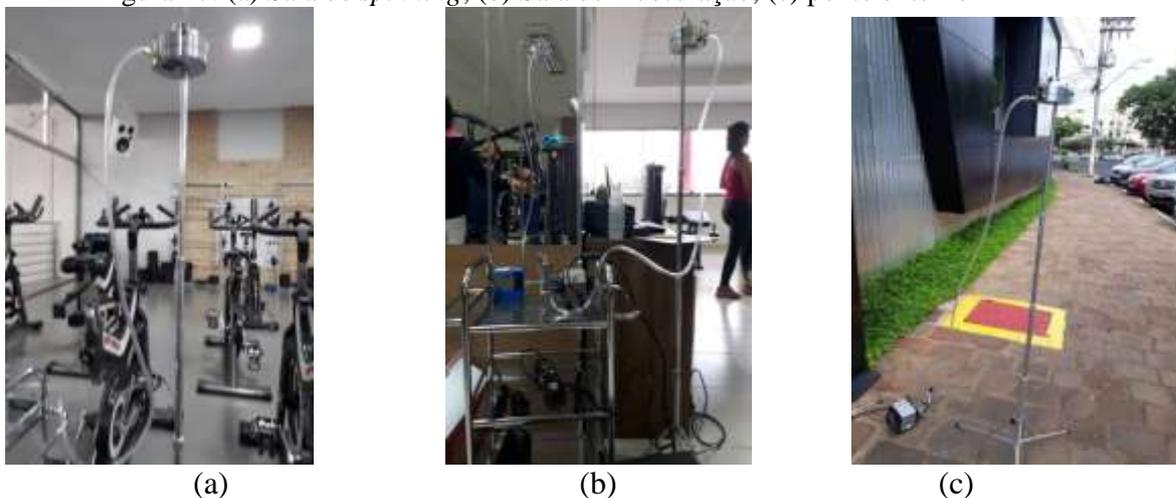


Fonte: Autora, 2019

O equipamento em todas as academias foi colocado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente na sala de *spinning* (Figura 17 a) e em zona ocupada na sala de

musculação (Figura 17 b). Também foi coletado 1 amostra de ar exterior localizada fora das estruturas prediais na altura de 1,50m do nível da rua (Figura 17 c).

Figura 17: (a) Sala de *spinning*; (b) Sala de musculação; (c) ponto externo



Fonte: Autora, 2019

Depois de aspirado, o ar passou através de um meio filtrante, sendo forçado a depositar-se em uma placa de petri, onde estava contido o meio de cultura ABD.

Antes do início das coletas e entre uma e outra, o equipamento foi descontaminado com álcool etílico 70%, de modo a evitar contaminações.

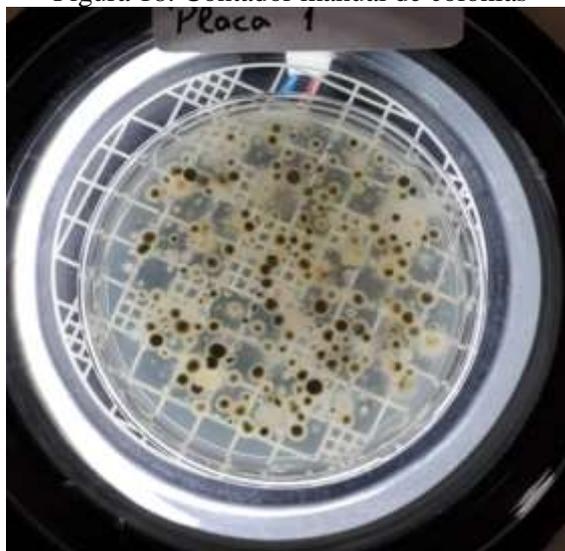
4.2.4.3 Cultura e Identificação dos Fungos

Após as coletas, as placas com meio de cultura para crescimento de fungos foram incubadas por um tempo máximo de 7 dias a 25°C. Posteriormente ao período de incubação efetuou-se a contagem das colônias de forma quantificadas em unidades formadoras de colônias por metro cúbico de ar (UFC/m³), utilizando um contador manual de colônias (Figura 18). Em seguida as placas de um dia de coleta de cada academia dos dois ambientes selecionados para a pesquisa, tanto na campanha do verão quanto inverno, foram encaminhadas para identificação fúngica, totalizando 36 placas da campanha do verão e 36 do inverno.

Posteriormente, os números da contagem de cada placa foram inseridos numa planilha eletrônica elaborada no *software* Excel 2007 (Apêndice A), para obter o resultado da relação I/E, onde I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no

ambiente exterior. A relação I/E é exigida como forma de avaliação frente ao conceito de normalidade.

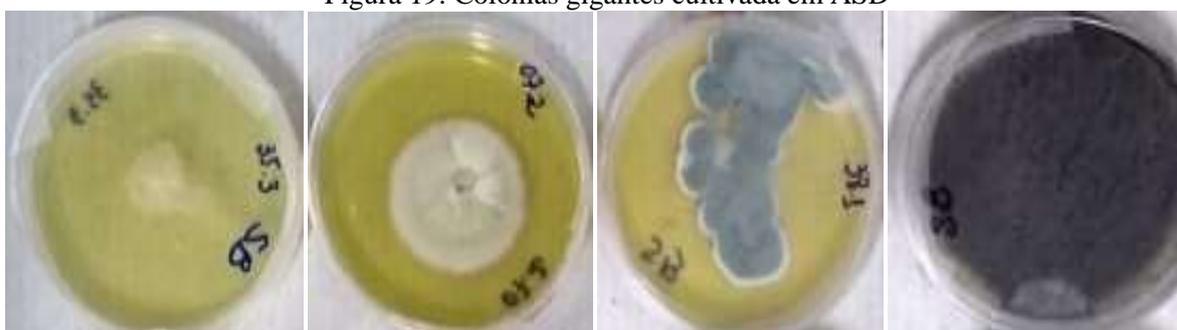
Figura 18: Contador manual de colônias



Fonte: Autora, 2019

Para a identificação fúngica foram selecionadas, de cada cultura, três colônias de fungos com aparência macroscópica diferente para isolamento. O isolamento foi realizado repicando essas colônias em tubos contendo Ágar Sabouraud Dextrose (ASD) (Difco™, Michigan, EUA) inclinado. Os tubos foram incubados em aerobiose por 7 dias a 25°C. Após o crescimento, foram coletados fragmentos da colônia e repicados em placa contendo ASD, para o cultivo das colônias gigantes. Após 7 e 15 dias de incubação das colônias à temperatura ambiente, os aspectos macromorfológicos das colônias foram considerados para identificação fúngica (Figura 19).

Figura 19: Colônias gigantes cultivada em ASD



Fonte: Autora, 2019

Concomitantemente à realização da colônia gigante, outro fragmento de colônia, coletado dos tubos contendo ASD, foi utilizado para confecção do microcultivo. O microcultivo consiste em uma técnica para cultivo do fungo na superfície de uma lâmina, tornando possível a visualização da micromorfologia da colônia em microscopia óptica em aumento de 400X. Para o microcultivo, um bloco de ABD foi colocado sobre uma lâmina que, por sua vez, era acondicionado dentro de uma placa de petri, apoiada em suportes cilíndricos de vidro. Todos esses componentes foram previamente esterilizados por autoclavação a 121°C por 15 minutos. Em seguida, o fragmento de colônia foi inoculado no bloco de ABD e uma lâmina esterilizada foi depositada em cima do inóculo. A placa de petri, contendo a lâmina, o ABD inoculado e lâmina, foi incubada em aerobiose por até 15 dias à temperatura ambiente. A umidade do ambiente foi preservada mantendo um papel umedecido em água esterilizada, durante a incubação. O crescimento foi monitorado diariamente e, quando observado o desenvolvimento de micélio aéreo projetado na lâmina, esta foi removida, corada com lactofenol azul de algodão (Figura 20) e observada em microscópio óptico (400x). Foram observadas estruturas fúngicas, tais como o tipo de hifas (septadas ou não; hialinas ou demácias), o tipo de conídios produzido (macroconídeo, microconídeo, artroconídeo, blastoconídeo, clamidoconídeo etc), morfologia e tipo de agrupamento desses conídeos, corpo de frutificação, entre outras.

Os achados das macro e micromorfologia dos fungos permitiram a identificação dos principais gêneros de bolores. Quando o micélio não apresentava conídeos ou corpo de frutificação, o fungo foi classificado genericamente como *Mycelia sterila*.

Figura 20 – Lâminas contendo lâminulas com o micélio dos bolores



Fonte: Autora, 2019

4.3 TRATAMENTO DE DADOS

No primeiro momento, os dados foram anotados em planilha elaborada pela autora (Apêndice B). O tratamento e a análise dos dados foram realizados por meio da estatística descritiva, com análise das médias aritméticas e desvio padrão. Para a análise e construção dos gráficos foi utilizado o *software* Microsoft Excel 2007.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Ribeirão Preto, de acordo com dados fornecidos pela Prefeitura Municipal, tem uma temperatura média anual de 23,2°C, clima predominantemente tropical, com verão chuvoso, apresentando temperatura média de 30°C e inverno seco, com temperatura média de 19°C. A média anual da umidade relativa do ar é 71%.

5.1 CARACTERÍSTICAS DAS ACADEMIAS

As academias serão apresentadas de acordo com suas características e sistemas de climatização.

5.1.1 Academia A

Localiza-se em zona urbana, rodeada de terrenos livres, com área verde e pouco fluxo de carros. A academia possui o sistema de ar condicionado tipo *split* de 90000 BTU e 60000BTU (Figura 21 a e b). Nesses aparelhos são utilizados filtros de *nylon*, padronizados de fábrica.

Figura 21: Aparelhos de ar condicionado tipo *split*: (a) 90.000 BTU; (b) 60.000BTU



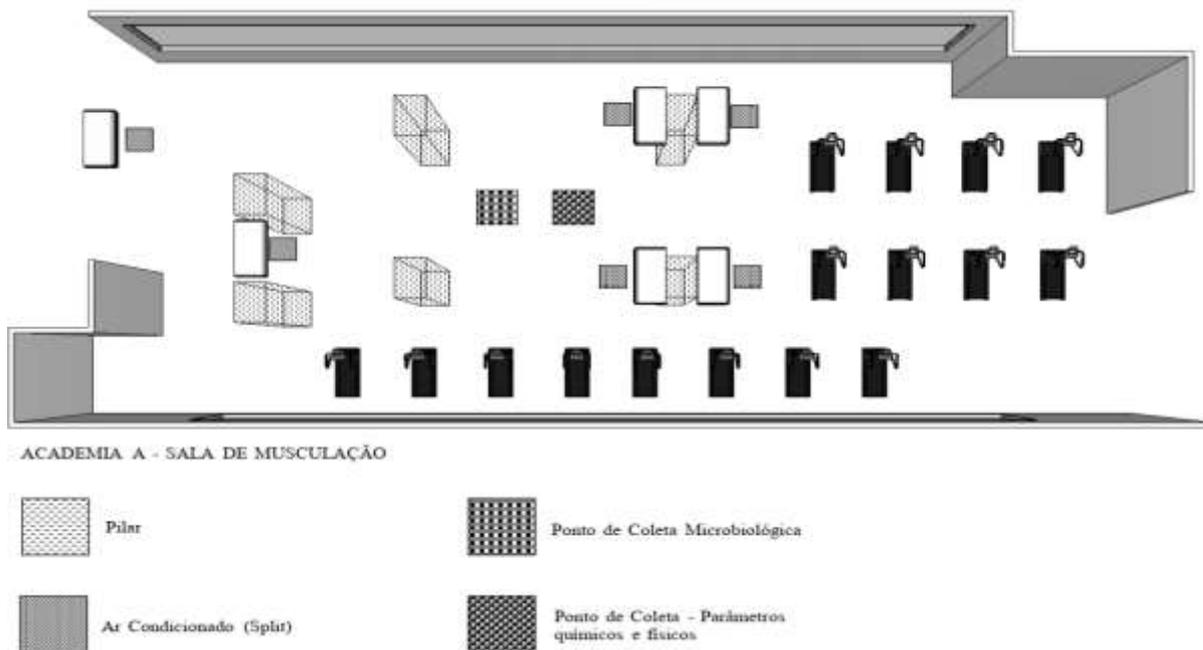
(a)

(b)

Fonte: Autora, 2019.

A sala de musculação tem área total de 673,4 m², volume total de 1967 m³, seis aparelhos de ar condicionado de 90.000 BTU (Figura 22).

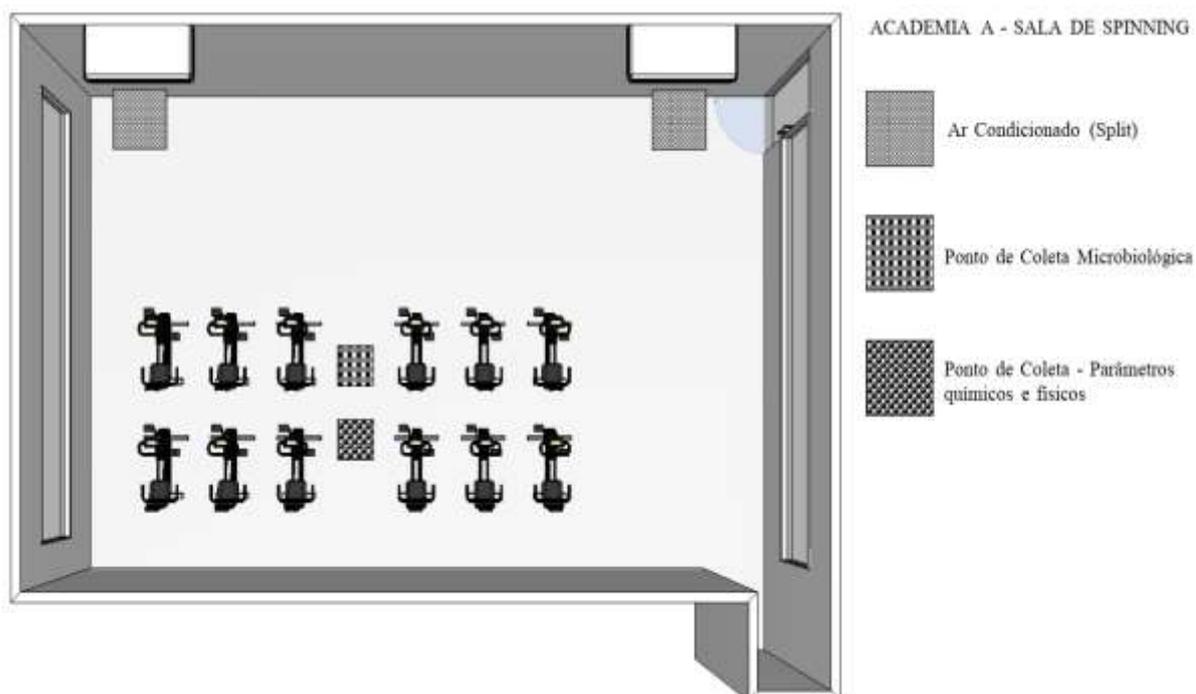
Figura 22: *Layout* da sala de musculação da academia A com disposição dos equipamentos, posição dos condicionadores de ar e pontos de coleta.



Fonte: Autora, 2019

A sala de *spinning* tem área total de 142 m², volume total de 409 m³, dois aparelhos de ar condicionado de 60.000 BTU contendo 37 bicicletas no local. (Figura 23).

Figura 23: *Layout* da sala de *spinning* da academia A com disposição dos equipamentos, posição dos condicionadores de ar e pontos de coleta.



Fonte: Autora, 2019

5.1.2 Academia B

Localiza-se em zona urbana, em uma bifurcação com pouca circulação de carros, tendo à sua frente uma área verde. A academia possui o sistema de ar condicionado *split* na sala de musculação (Figura 24 a) e ar condicionado de janela na sala de *spinning* (Figura 24 b). Nos aparelhos de ar condicionado utilizam filtros de *nylon*, padronizados de fábrica.

Figura 24: Aparelho de ar condicionado: (a) *split* 60.000 BTU; (b) janela 30.000 BTU.



(a)



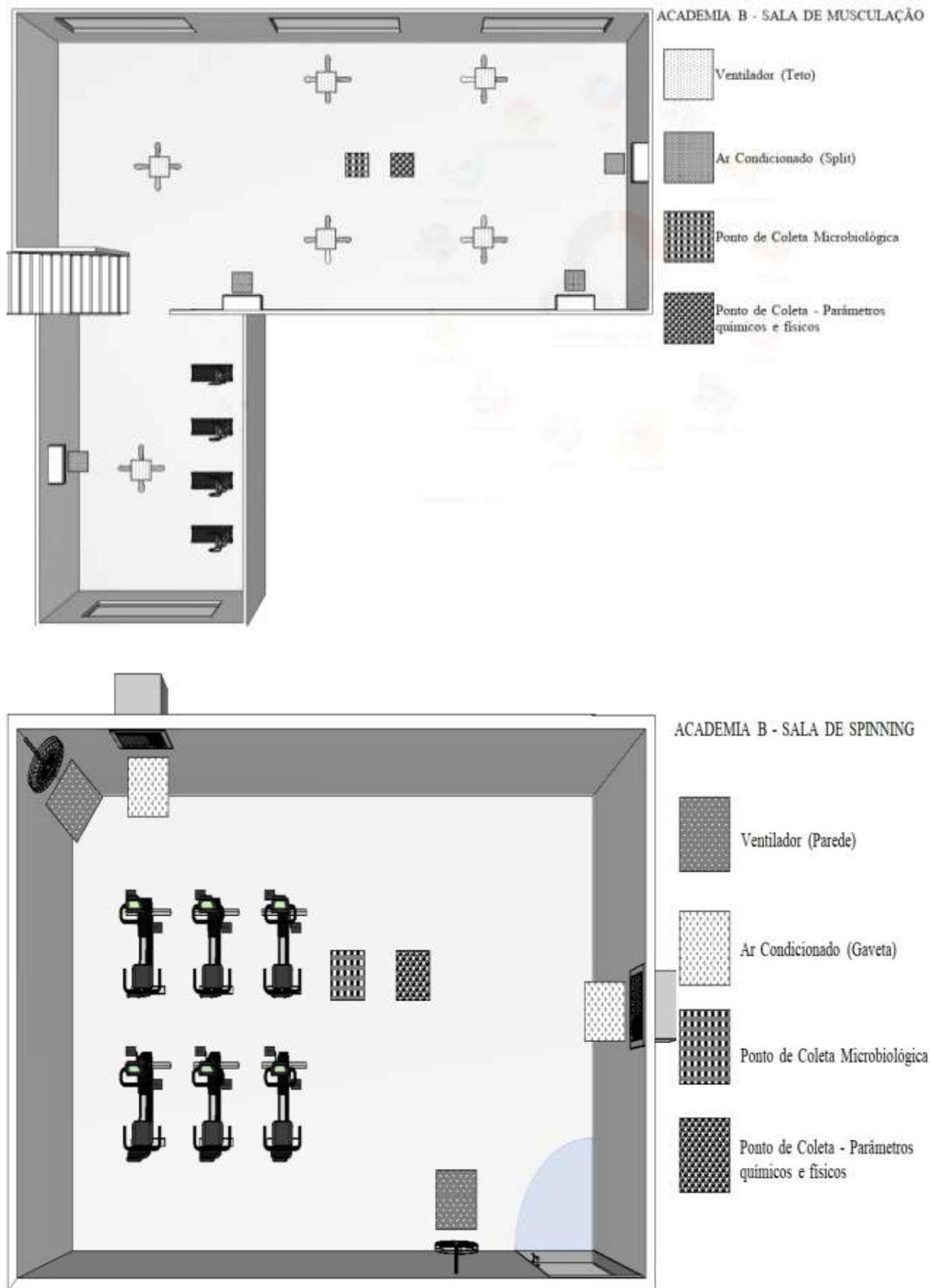
(b)

Fonte: Autora, 2019.

A sala de musculação tem área total de 351 m², volume total de 1129 m³, quatro aparelhos de ar condicionado de 60.000 BTU (Figura 25 a), e seis ventiladores de teto.

A sala de *spinning* tem área total de 59,5 m², com o volume de 155,3 m³, dois aparelhos de ar condicionado de 30.000 BTU (Figura 25 b) e dois ventiladores de parede, contendo ao todo 21 bicicletas.

Figura 25: *Layout* da sala de musculação (a) e da sala de *Spinning* (b) da academia B com disposição dos equipamentos, posição dos condicionadores de ar e pontos de coleta.



Fonte: Autora, 2019

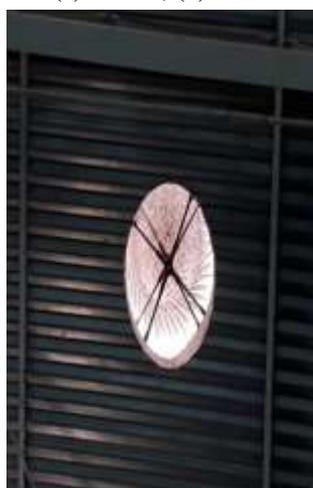
5.1.3 Academia C

A academia denominada C está localizada em zona urbana em uma rua com pouca circulação de carros. Possui dois climatizadores de parede LB 40, com vazão de ar de 40.000 m³/h (Figura 26 a). A sala de musculação tem área total de 420 m², volume total de ar de 2520 m³. Estão instalados dez ventiladores de parede e dezenove exaustores eólicos no teto (Figura 26 b). A sala de *spinning* tem área total de 192 m², volume total de 576 m³ e possui dois climatizadores de teto LB 23 com vazão de ar de 23.000 m³/h (Figura 26 c). Nessa sala existem 22 bicicletas para as aulas. A Figura 27 apresenta o *layout* das salas de musculação e *spinning* da academia C.

Figura 26: Climatizador evaporativo: (a) LB 40; (b) exaustor eólico; (c) LB 23



(a)



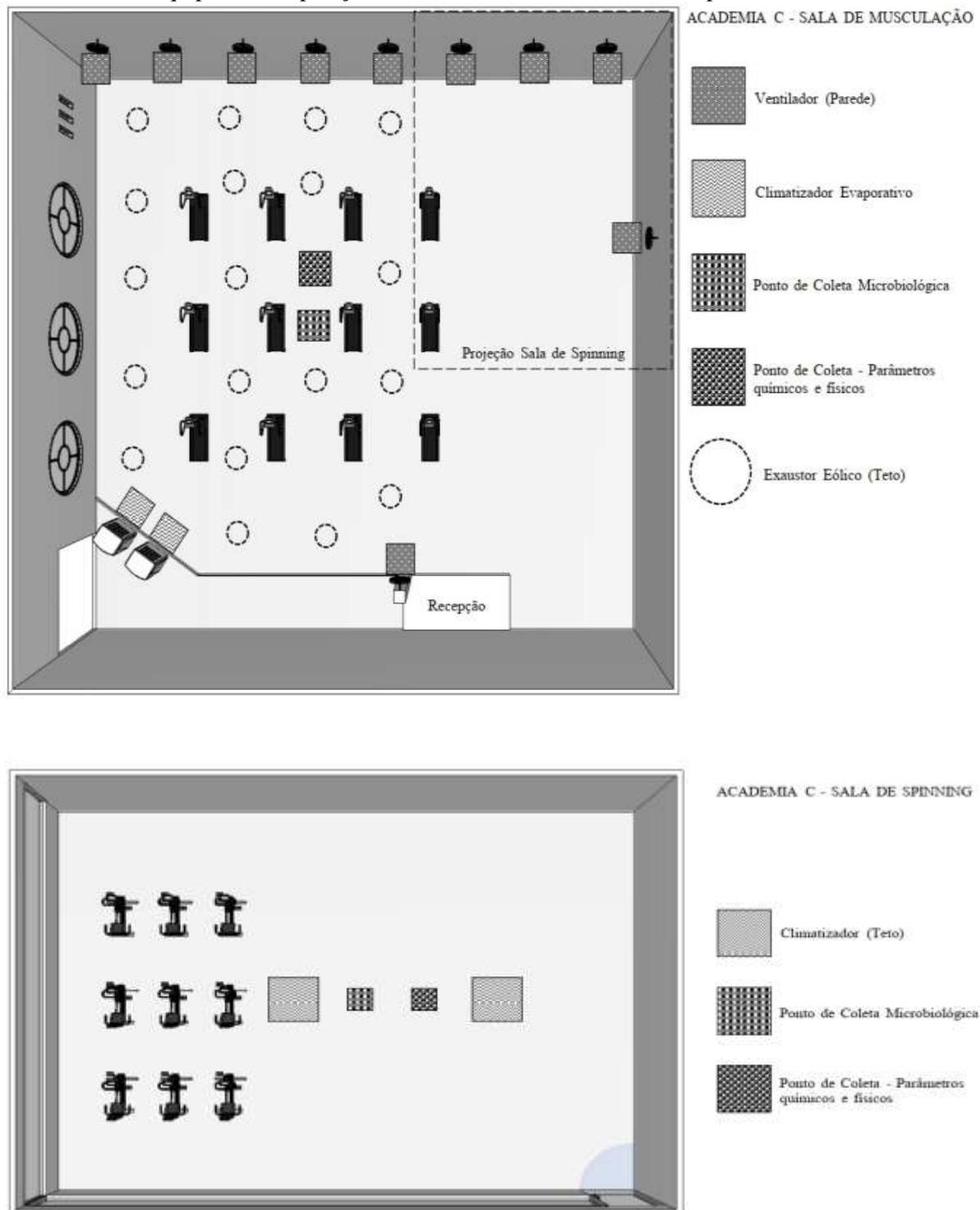
(b)



(c)

Fonte: Autora, 2019.

Figura 27: *Layout* da sala de musculação (a) e da sala de *Spinning* (b) da academia C com disposição dos equipamentos, posição dos climatizadores/ventiladores e pontos de coleta.



Fonte: Autora, 2019

5.1.4 Academia D

A academia D está localizada em zona urbana, em uma avenida com muita circulação de carros. Faz uso de climatizadores evaporativos em suas dependências. Possui quatro climatizadores evaporativos EB-200 (Figura 28 a) com vazão de ar de 12.000 m³/h e 1 EB-50 (Figura 28 b) com vazão de ar de 3.000 m³/h instalados na sala de musculação com área total de 208,7 m² e volume total de 657,4 m³.

A sala de *spinning* tem 66,22 m², volume total de 208,59 m³. Um climatizador evaporativo EBI-300LX (Figura 28 c), com vazão de 18.000 m³/h, instalado no teto da sala e dois ventiladores de parede, contendo 22 bicicletas. A Figura 29 apresenta o *layout* das salas de musculação e *spinning* da academia D.

Figura 28: Climatizador evaporativo: (a) EB-200; (b) EB-50; (c) EBI-300 LX



(a)



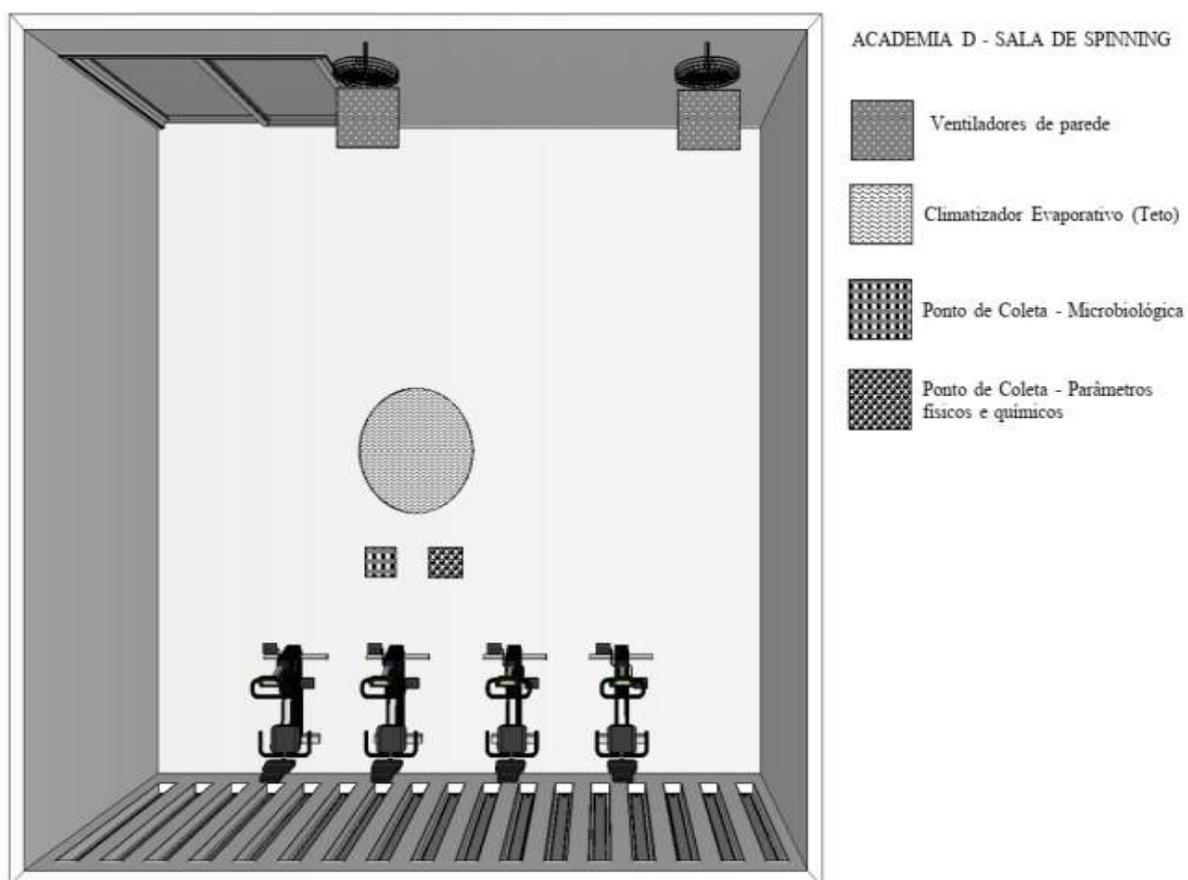
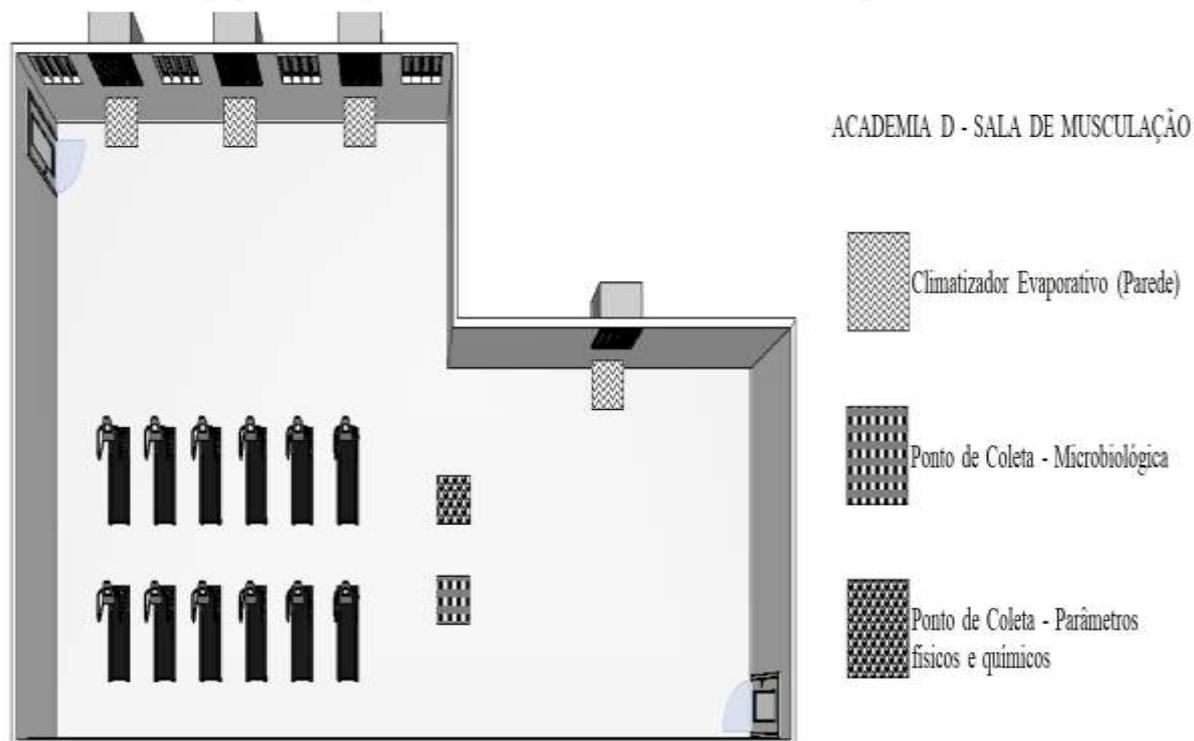
(b)



(c)

Fonte: Autora, 2019

Figura 29: *Layout* da sala de musculação (a) e da sala de *Spinning* (b) da academia D com disposição dos equipamentos, posição dos climatizadores/ventiladores e pontos de coleta.



Fonte: Autora, 2019

5.1.5 Principais características das academias

Mediante a apresentação das academias pesquisadas, o Quadro 11 apresenta as principais características das mesmas.

Quadro 11: Quadro comparativo das características das academias.

Academia	Local	Área (m ²)	Volume (m ³)	Ventiladores.	Ar Cond. BTU	Climatiz.	Exaustor eólico
A	Sp.	142	409	-	2 (60000)	-	-
	Musc.	673,4	1967	-	6 (90000)	-	-
B	Sp.	59,5	155,3	2 (parede)	2 (30000)	-	-
	Musc.	351	1129	6 (teto)	4 (60000)	-	-
C	Sp.	192	576	-	-	2 (teto)	-
	Musc.	420	2520	10 (parede)	-	2 (parede)	-
D	Sp.	66,22	208,59	2 (parede)	-	1 (teto)	-
	Musc.	208,7	657,4	-	-	5 (parede)	19 (teto)

Fonte: Autora, 2019

Nota: Sp.: Sala de *spinning*; Musc.: Sala de musculação; Ar Cond.: Ar Condicionado; Climatiz.: Climatizador.

5.2 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Serão apresentados inicialmente, os parâmetros físicos e, na sequência, os parâmetros químicos.

5.2.1 Temperatura, umidade relativa e velocidade do ar

Os valores de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar desempenham um papel muito importante quanto aos parâmetros de conforto térmico e de microbiologia, uma vez que ambos influenciam o crescimento microbiano.

A Tabela 5 expressa às médias e desvio padrão das 18 medições, representando três dias de coleta no verão e 12 medições, representando dois dias de coleta no inverno de temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, CO₂, das quatro academias nos dois ambientes, além de mostrar à média e o desvio padrão do número de pessoas presentes no dia da coleta.

Tabela 5: Média e desvio padrão, das variáveis: temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e CO₂ das quatro academias no verão e inverno.

	Academia	Local	N/DP	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Vel. Ar (m/s)	CO ₂ (ppm)
VERÃO	A	Musc.	79,3±10,5	23,3±0,97	56,1±1,99	0,08 ± 0,04	2066,1 ± 119,7*
		Spinning	23±14,7	21,2±1,18*	56±7,8	0,16±0,13	3081,5±1236,2*
	B	Musc.	32±18,5	23,6±1,6	67,2±2,3*	0,18±0,07	2296,2±590,4*
		Spinning	12±1,5	21,4±2,9*	53,5±3,5	0,23±0,14	1757,3±387,8*
INVERNO	A	Musc.	67,5±7,78	23,9±1,17*	54,6±3,06	0,11±0,06	2289±255,2*
		Spinning	18±4,24	21,7±1,13	60,4±3,42	0,18±0,05	2482±602,6*
	B	Musc.	40±7	23,8±0,4*	60,3±3,2	0,14±0,06	2222±263,8*
		Spinning	11,5±2,1	22,3±1,6*	45,1±3,4	0,19±0,11	1722,5±451,1*
C	Musc.	39,5±4,9	20,5±0,4	71,9±3,4*	1,0±0,26*	764,7±90,3	
	Spinning	9±1,4	19,9±0,17	74,1±2,16*	0,6±0,18*	631,2±42,6	
D	Musc.	24,4±6,3	21,6±0,6	66,6±2,0*	0,37±0,1*	727,7±77,4	
	Spinning	7±1,4	21,4±0,7	67,9±2,2*	0,42±0,1*	620±40,4	

Fonte: Autora, 2019

Nota: *valores em desconformidade de acordo com a RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003). Musc: musculação; N - sala de spinning: número de pessoas; N - sala de musculação: média do número de pessoas; DP: desvio padrão; Vel.Ar: Velocidade do ar.

A importância de relatar o número de pessoas se dá pela concentração de poluentes, devido à ocupação humana que segundo Peixoto (2014) e Buonanno et al (2013), condiciona a concentração de material particulado, as oscilações de CO₂ e a presença de microrganismos.

Comparando os valores obtidos à RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003), observa-se que a temperatura, na sala de *spinning* das academias A e B encontram-se abaixo da faixa recomendável de operação das temperaturas de bulbo seco, nas condições internas para verão que deve variar de 23°C a 27°C.

Este resultado se deve ao fato do ar condicionado ser ligado em torno de 30 minutos antes do início da aula, e as salas ficarem fechadas com pouca ocupação humana não havendo circulação suficiente para entrar ar ambiente ou externo no espaço, e mesmo quando inicia a aula, a circulação de pessoas é restrita, apresentando a temperatura média mais baixa. Também nota-se que o funcionário, ao ligar o aparelho de ar condicionado, não tem uma referência estipulada em valores de °C. Entretanto, as academias C e D, no verão, apresentaram temperaturas mais altas em relação às academias A e B, porém, não estão em desconformidade com a RE nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003). Apenas a academia D apresentou média acima da faixa recomendável na sala de *spinning* (27,8°C). No inverno, as

academias A e B apresentaram valores acima da faixa recomendável de operação que deve ser de 20°C a 22°C. Apenas na sala de *spinning* da academia A não foi excedida. As academias C e D encontram-se em conformidade.

Ressalta-se que a sensação térmica dos frequentadores das academias influencia nos valores em °C, pois os professores, assistentes e funcionários atendem aos pedidos dos frequentadores em relação ao controle de temperatura nos aparelhos de climatização.

Em relação à umidade relativa do ar nas academias que utilizam sistema de aparelho de ar condicionado (A e B), os resultados mostraram que somente na sala de musculação da academia B a média estava acima da faixa recomendável de operação, sendo que para a umidade relativa, as condições internas para o verão deveriam variar de 40 a 65%. Por outro lado, as academias C e D, que utilizam sistema de climatizadores evaporativos, estavam em desconformidade, apresentando valores acima do recomendado, tanto no verão quanto no inverno.

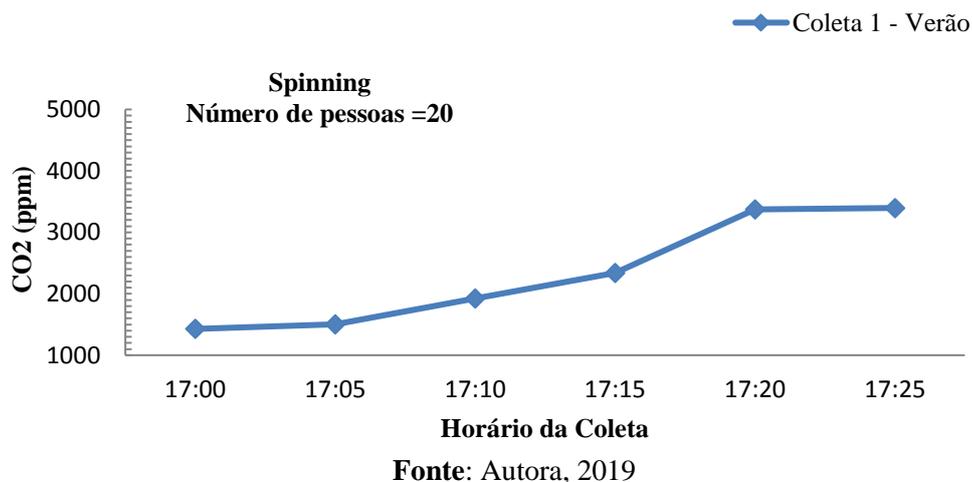
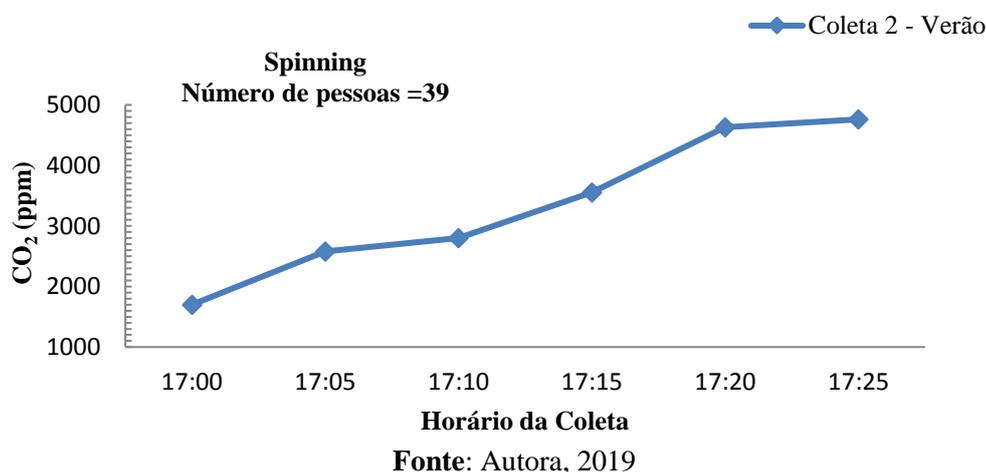
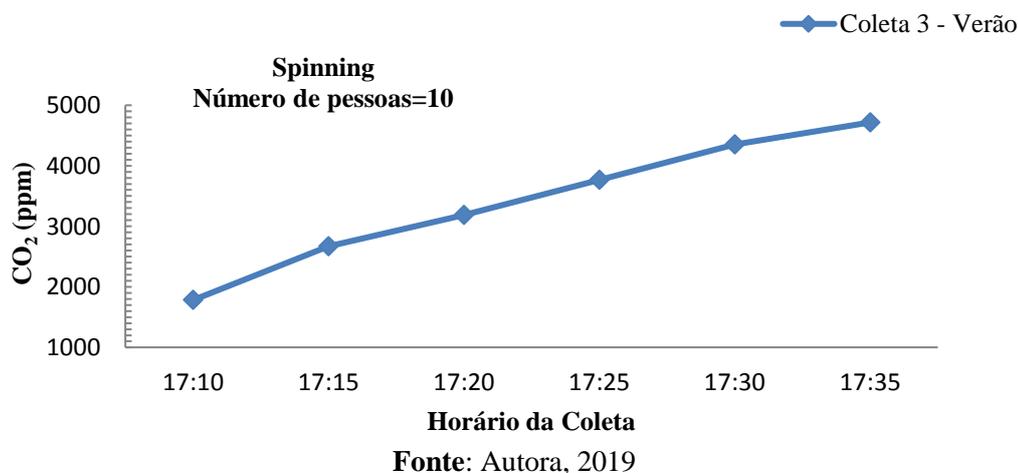
Para a velocidade do ar, o VMR é de menos 0,25 m/s. As academias C e D, apresentaram valores acima nas duas estações do ano.

5.2.2 CO₂

Quanto ao CO₂, o valor limite de 1000 ppm de dióxido de carbono é ultrapassado nos dois ambientes de prática de exercício físico das academias A e B, que utilizam aparelhos de ar condicionado nas duas estações do ano (Tabela 5), o que não ocorre nas academias C e D, que mantêm valores inferiores a 1000 ppm nas duas ocasiões.

A concentração de CO₂ no ar interior das salas pesquisadas neste estudo fornece uma indicação sobre uma boa ou má taxa de ventilação, e para isso é necessário que os sistemas de ventilação estejam funcionando em ótimo estado para a remoção deste poluente. A fonte principal deste composto é o metabolismo humano, e como verificado neste estudo, as concentrações deste poluente no interior das salas variam em função do número de ocupantes, da atividade desenvolvida no local, e o sistema de climatização utilizado pelas academias.

As Figuras 30, 31 e 32 apresentam os valores de CO₂ da sala de *spinning* da academia A na campanha do verão.

Figura 30: Valores de CO₂ - Sala de *spinning* - Academia A - Coleta 1 - verãoFigura 31: Valores de CO₂ - Sala de *spinning* - Academia A - Coleta 2 - verãoFigura 32: Valores de CO₂ - Sala de *spinning* - Academia A - Coleta 3 - verão

A maior concentração gerada na sala de *spinning* da academia A, ocorre devido ao número de ocupantes e picos de intensidade da aula comandada pelo professor, o que também

relata Ramos (2013), em seu estudo realizado na cidade de Lisboa, Portugal, que apresentou em seus resultados aumento da concentração de CO₂ representada pela ocupação humana e ocorrência de aula no local, e descreve outro fator preponderante nos valores de CO₂ que é a atividade metabólica durante o exercício, sendo que, quanto maior a intensidade, maior a produção de CO₂.

O estudo realizado por Peixoto (2014) também mostra em seus resultados concentrações maiores de CO₂ em locais de práticas de atividades físicas na área metropolitana do Porto, Portugal, nos períodos do dia que correspondem à maior ocupação de cada espaço, variando conforme o local, ocorrência e hora do dia.

Percebe-se que na academia A, a intensidade da aula de *spinning* é um destaque a ser considerado, pois mesmo no dia em que frequentava um número menor de pessoas (Figura 32), o valor de CO₂ sempre esteve alterado, alcançando 4716 ppm. Ramos, Wolterbeek e Almeida (2014) afirmam que a intensidade do exercício físico influencia na QAI. Andrade e Dominski (2018) relatam que há estudos sugerindo que a concentração de CO₂ não é apenas influenciada pela ocupação humana, mas também pela atividade metabólica durante o exercício.

As Figuras 33, 34 e 35 apresentam os valores de CO₂ da sala de musculação da academia A na campanha do verão.

Figura 33: Valores de CO₂ - Sala de musculação - Academia A - Coleta 1 - verão

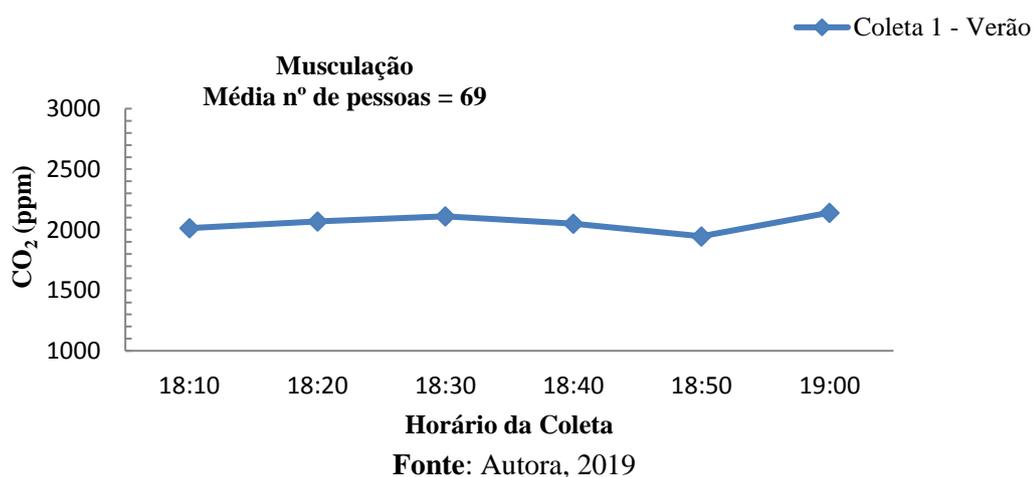
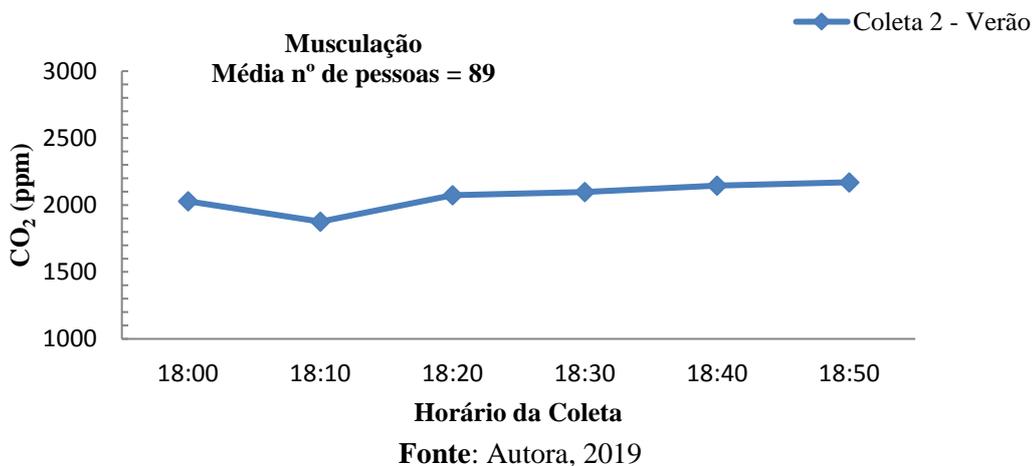
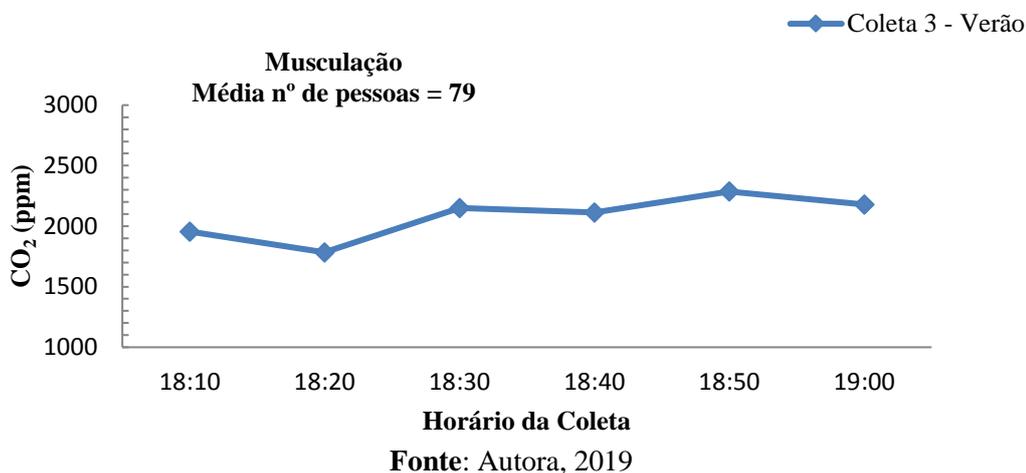
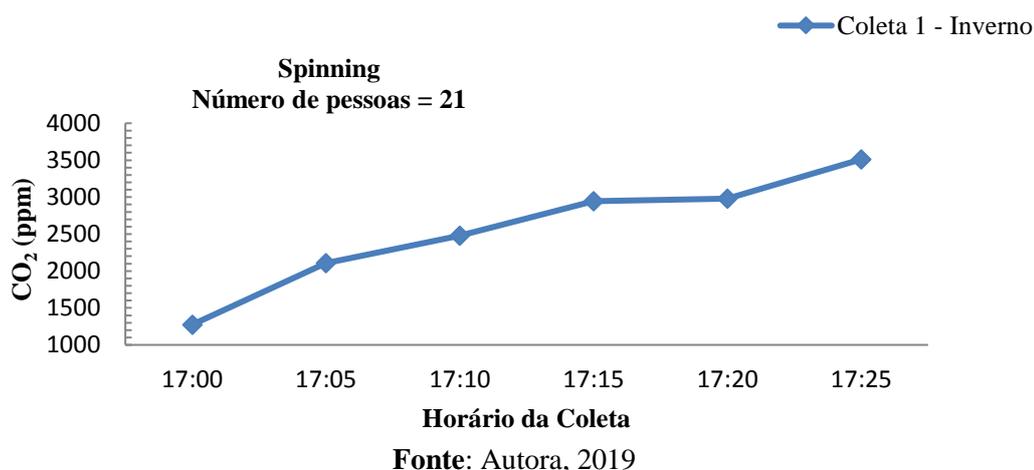
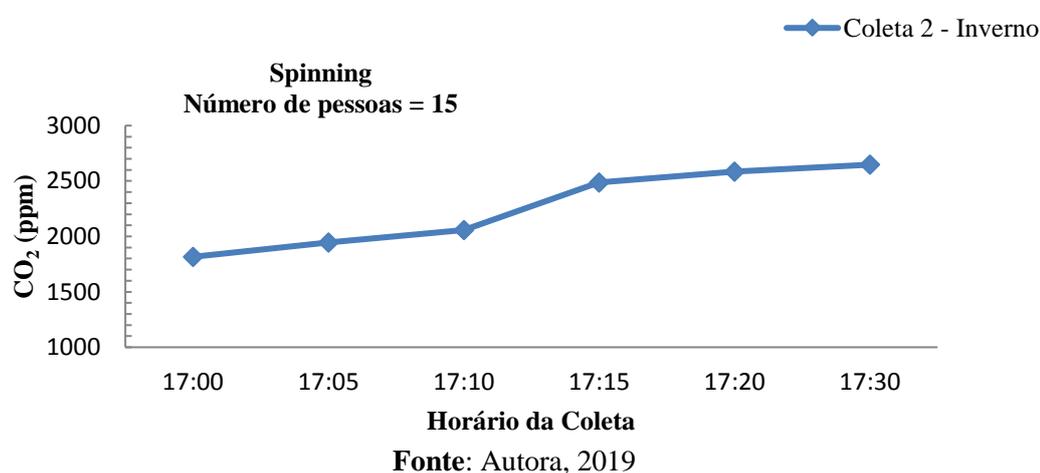


Figura 34: Valores de CO₂ - Sala de musculação - Academia A - Coleta 2 - verãoFigura 35: Valores de CO₂ - Sala de musculação - Academia A - Coleta 3 - verão

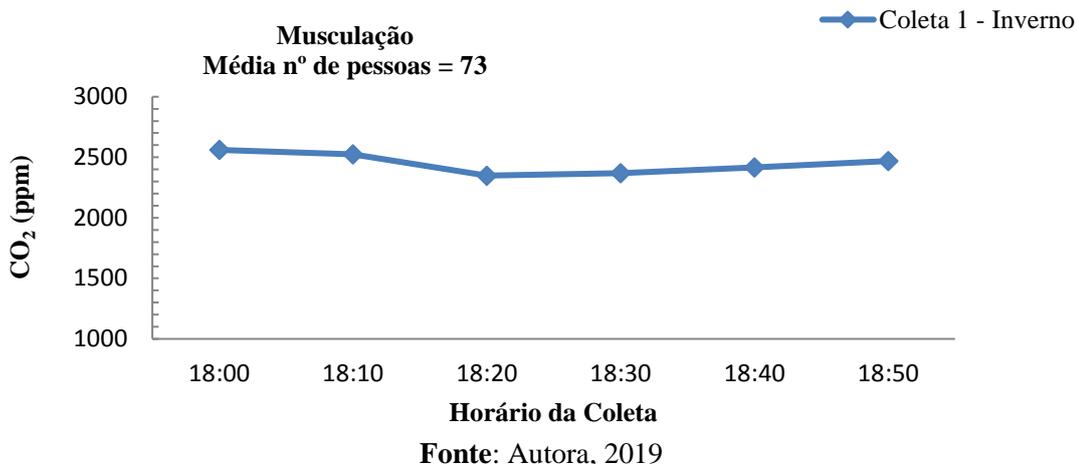
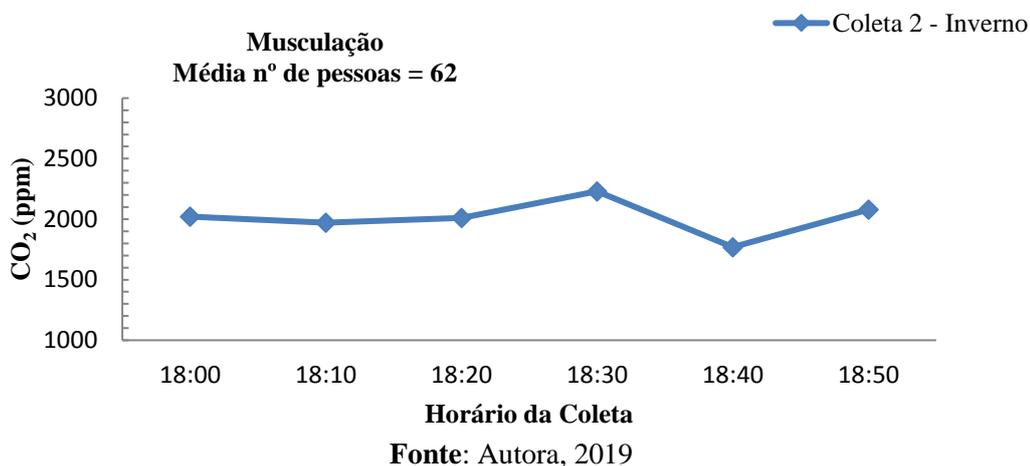
Na sala de musculação (Figuras 33, 34 e 35), embora também esteja com valores acima do permitido (1000 ppm) há um cenário diferente, pois há estabilidade e queda de valores em determinados momentos em que foi realizada a coleta. Este fato se deve à oscilação do número de frequentadores e ao treinamento realizado por eles, pois há maior tempo de recuperação entre os exercícios e queda da produção de CO₂.

A seguir, são apresentados nas Figuras 36 e 37, os valores de CO₂ da sala de *spinning* da academia A na campanha do inverno.

Figura 36: Valores de CO₂ - Sala de *spinning* - Academia A - Coleta 1 - invernoFigura 37: Valores de CO₂ - Sala de *spinning* - Academia A - Coleta 2 - inverno

No inverno, os valores de CO₂ na sala de *spinning* da academia A também excedem. Embora a sala seja reservada para as aulas coletivas, também é utilizada por *personal trainer* fora dos períodos das aulas, o que pode explicar a concentração mínima já elevada, revelando, assim, uma maior preocupação com a QAI, uma vez que ao término da aula, o sistema de ar condicionado é desligado, e a sala permanece fechada até que um próximo *personal trainer* a ocupe com seu respectivo aluno, o que não possibilita a renovação do ar contaminado, mantendo estável a concentração de poluentes ou continuando a aumentar.

As Figuras 38 e 39 apresentam os valores de CO₂ da sala de musculação da academia A na campanha do inverno.

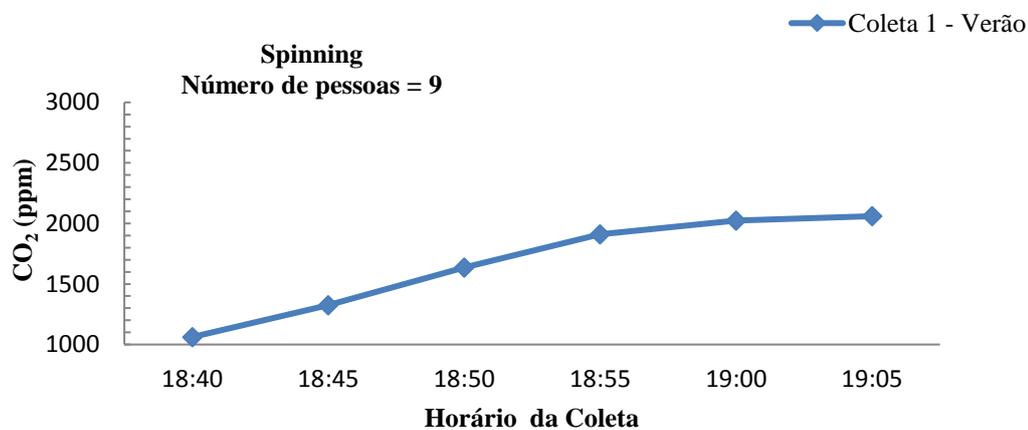
Figura 38: Valores de CO₂ - Sala de musculação - Academia A - Coleta 1 - invernoFigura 39: Valores de CO₂ - Sala de musculação - Academia A - Coleta 2 - inverno

Os resultados do inverno também encontram-se em desconformidade na sala de musculação, apresentando resultado similar à campanha do verão.

Marques (2013) relata em seu estudo que concentrações de CO₂ em ambientes internos acima de 1800 ppm têm sido associadas ao aumento de dificuldades de aprendizagem e concentração dos alunos em escolas. Ao contrário, Vercruyssen, Kamon e Hancock (2007), em dias separados, submeteram seis pessoas altamente treinadas a testes psicomotores enquanto respiravam por 60 minutos, três misturas de CO₂ (ar ambiente, 3% CO₂ ou 4% CO₂), antes e após dois exercícios em esteira (70% VO₂ máximo). Cada indivíduo foi treinado com no mínimo quatro dias de antecedência, antes do início do teste, e as condições de gás e a ordem das tarefas foram contrabalanceadas. Os resultados mostraram reações fisiológicas e efeitos psicomotores relacionados ao trabalho, mas nenhum efeito da concentração de gases na adição, raciocínio gramatical ou equilíbrio postural dinâmico.

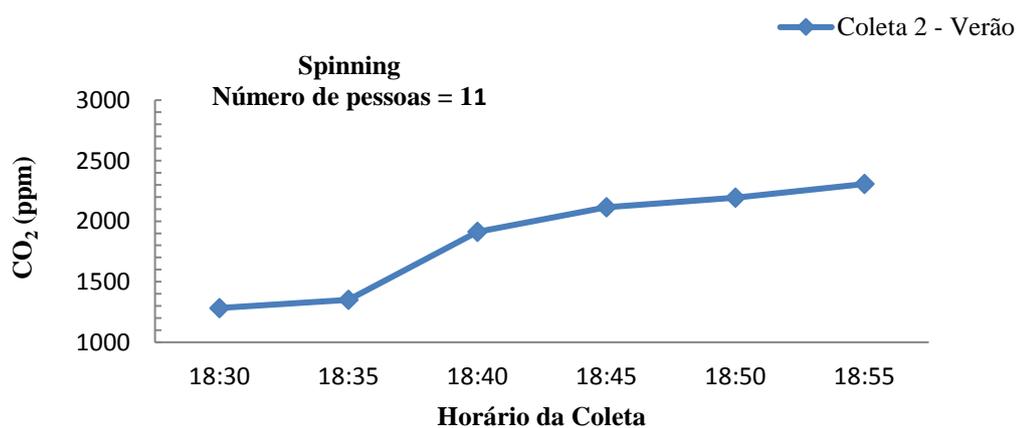
A seguir são apresentados os valores de CO₂ da sala de *spinning* da academia B na campanha do verão (Figuras 40, 41 e 42).

Figura 40: Valores de CO₂ - Sala de *spinning* - Academia B - Coleta 1 - verão



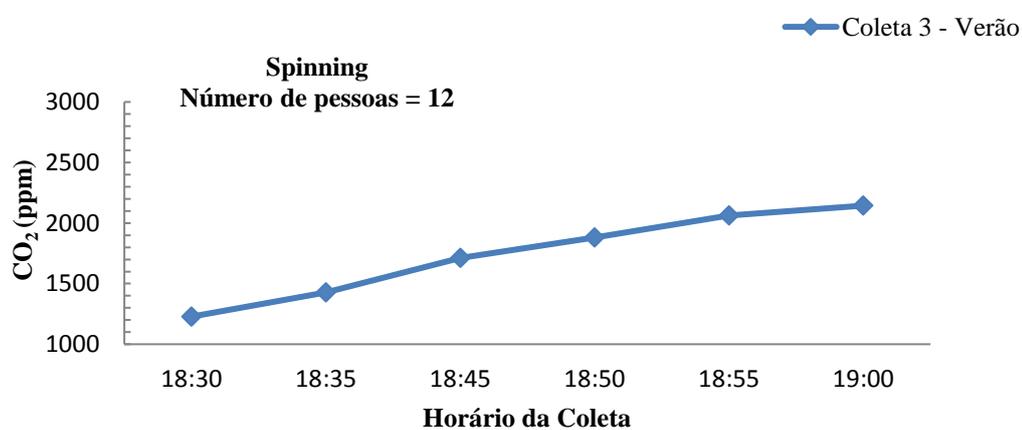
Fonte: Autora, 2019

Figura 41: Valores de CO₂ - Sala de *spinning* - Academia B - Coleta 2 - verão



Fonte: Autora, 2019

Figura 42: Valores de CO₂ - Sala de *spinning* - Academia B - Coleta 3 - verão



Fonte: Autora, 2019

A academia B também apresenta uma curva de crescimento de concentração de CO₂ na sala de *spinning*, porém mais baixa comparada à academia A. As aulas tinham números reduzidos de alunos, porém, os resultados mostraram (Figuras 40, 41 e 42) que o número mínimo de ocupação da sala de *spinning*, já promove elevações de risco nos níveis de CO₂ no ambiente. A sala de *spinning* ficava fechada até o momento da aula.

As Figuras 43, 44 e 45 apresentam os valores de CO₂ da sala de musculação da academia B na campanha do verão.

Figura 43: Valores de CO₂ - Sala de musculação - Academia B - Coleta 1 - verão

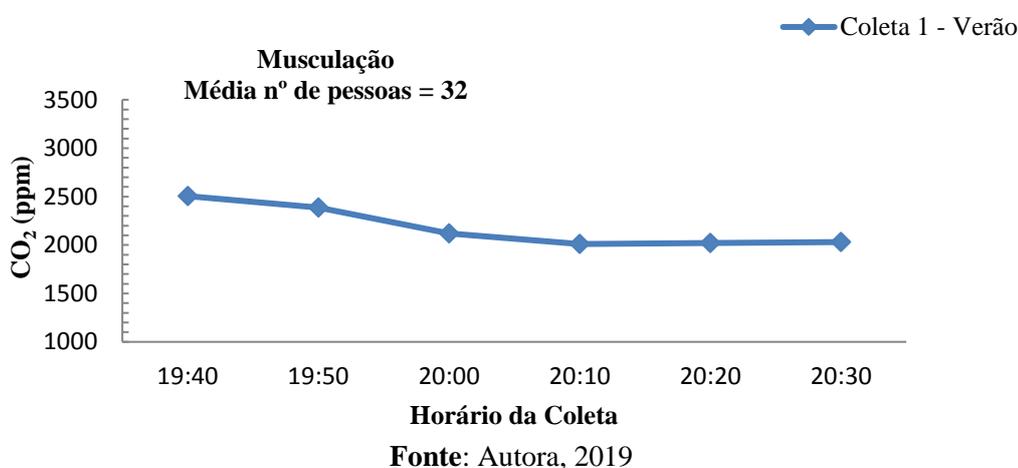


Figura 44: Valores de CO₂ - Sala de musculação - Academia B - Coleta 2 - verão

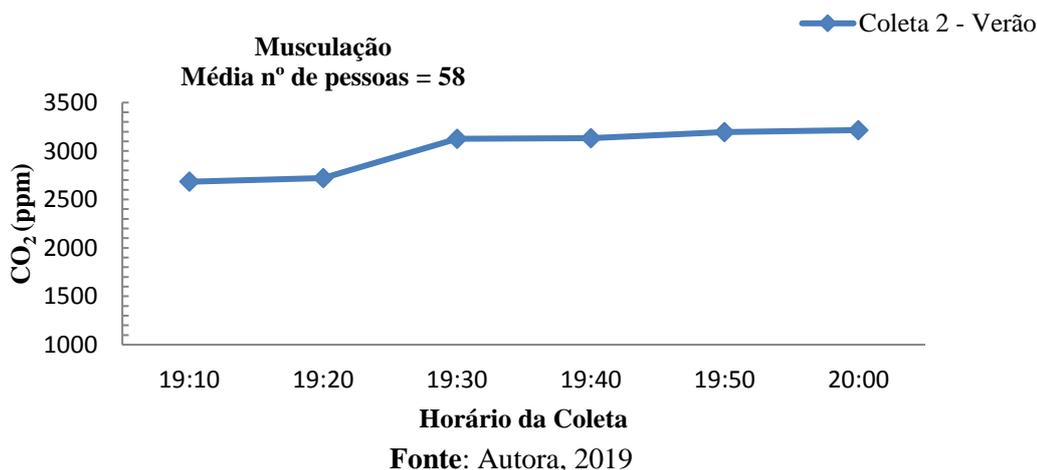
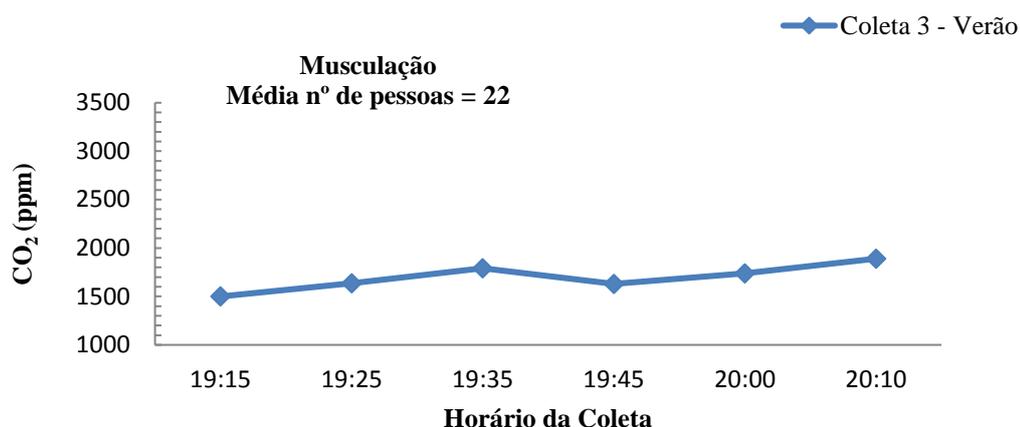
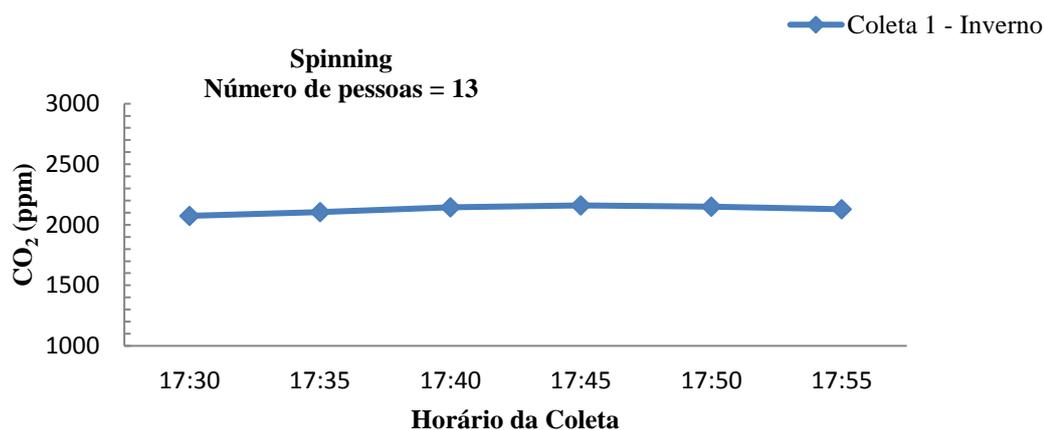


Figura 45: Valores de CO₂ - Sala de musculação - Academia B - Coleta 3 - verão

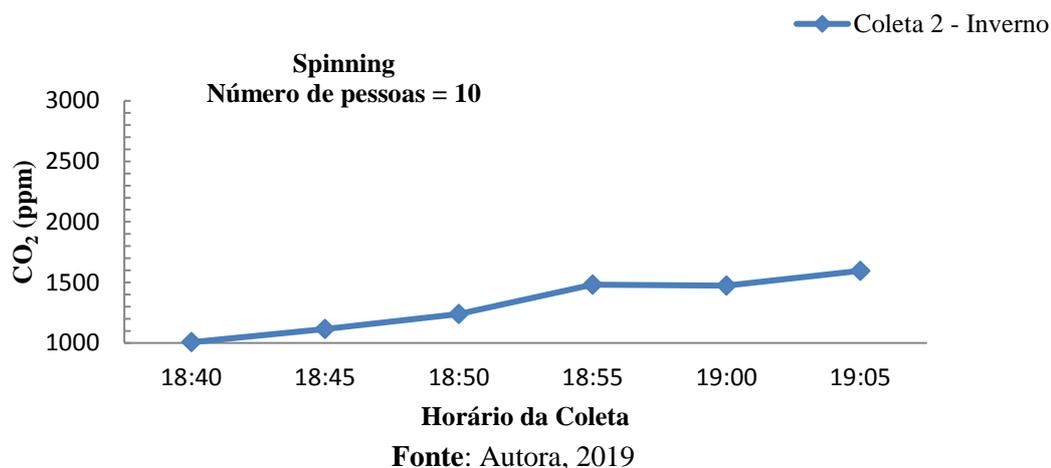
Fonte: Autora, 2019

Os valores apresentados nas Figuras 43, 44 e 45 encontram-se em desconformidade, e com o resultado similar ao da academia A, pois apresentam estabilização de concentração de CO₂, juntamente com algumas quedas de concentrações, que também estão relacionado à oscilação do número de alunos e à intensidade dos exercícios executados. É bem claro que na coleta 2 (Figura 44) o número de alunos levou a um aumento mais significativo da produção e, conseqüentemente, da concentração do CO₂.

As Figuras 46 e 47 representam os valores de CO₂ na sala de *spinning* da academia B na campanha do inverno.

Figura 46: Valores de CO₂ - Sala de *spinning* - Academia B - Coleta 1 - inverno

Fonte: Autora, 2019

Figura 47: Valores de CO₂ - Sala de *spinning* - Academia B - Coleta 2 - inverno

Os resultados do inverno também encontram-se em desconformidade na sala de *spinning* (Figuras 46 e 47), apresentando resultado similar à campanha do verão, com exceção da coleta 1 (Figura 46), que já apresentou valores de 2000 ppm logo no início da aula. Este fato se explica em função da sala já estar ocupada com alunos praticando exercícios físicos antes do horário da aula. Observa-se também, que os valores de concentração de CO₂ nesta coleta apresentaram uma pequena variação de crescimento, devido à baixa intensidade dos exercícios daquela aula.

As Figuras 48 e 49 representam os valores de CO₂ na sala de musculação da academia B na campanha do inverno.

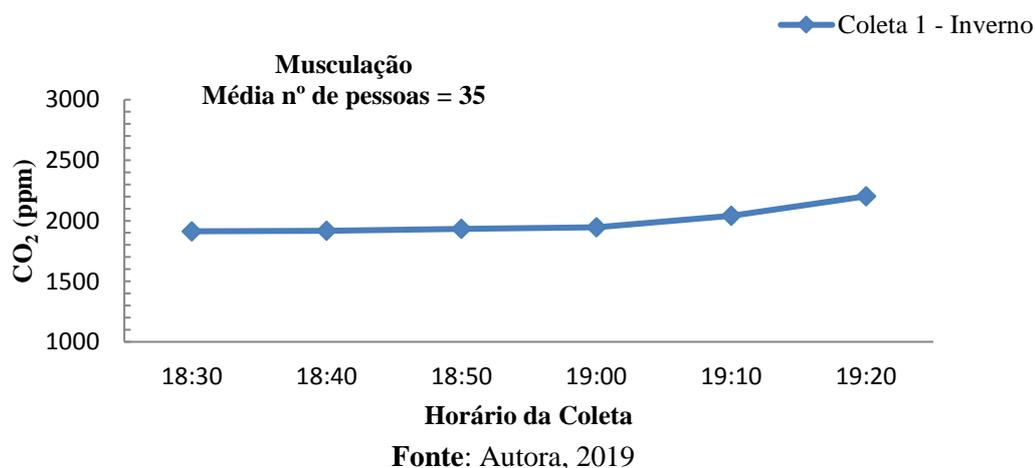
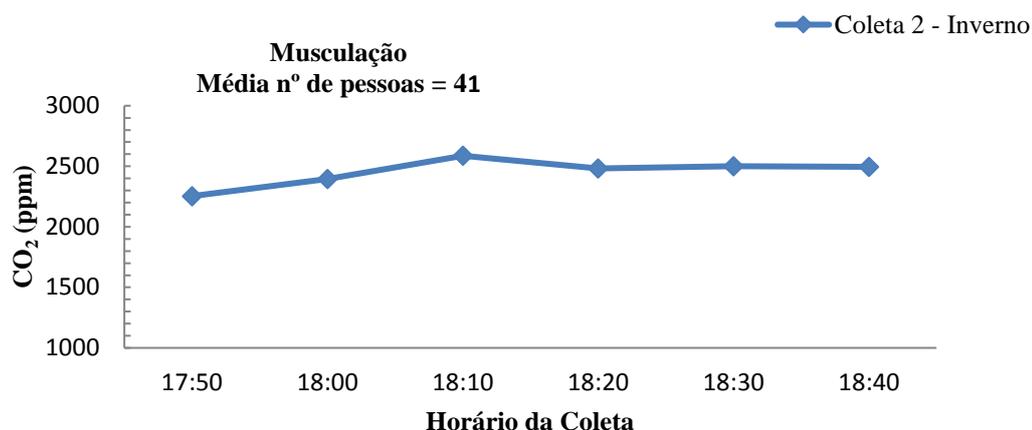
Figura 48: Valores de CO₂ - Sala de musculação - Academia B - Coleta 1 - inverno

Figura 49: Valores de CO₂ - Sala de musculação - Academia B - Coleta 2 - inverno

Fonte: Autora, 2019

Os resultados do inverno também encontram-se em desconformidade na sala de musculação da academia B.

Com relação aos valores revelados de CO₂ nas salas de musculação das academias A e B (Tabela 5), se apresentam em desconformidade e com números próximos em ambas as academias. Nas salas de musculação o fluxo de ocupantes é contínuo. A academia A atende das 6 às 24 horas, e a academia B, das 6 às 22 horas, o que explica valores acima do permitido em todas as medições.

No estudo de Andrade et al (2018), os centros de *fitness* que têm uma área total menor que 400 m², pé-direito baixo e sistema split de ventilação, demonstraram maiores concentrações de CO₂. Este fato deve ser considerado no presente estudo, principalmente nas salas de *spinning* das academias A (142 m²) e B (59,5 m²). Porém, o número de ocupantes presentes no momento da aula foi um fator importante a ser analisado. Segundo Ramos, Wolterbeek e Almeida (2014), a presença de CO₂ no ambiente interno está associada à ocupação humana.

Segundo *European Committee for Standardization* (Comitê Europeu de Normalização) - EN 15251, medições momentâneas em horários críticos podem ser suficiente para indicar a QAI quanto ao parâmetro CO₂ (CES, 2007 a). O presente estudo adotou os horários de picos das academias, representando o final da tarde. Os resultados mostram que as academias que utilizam aparelhos de ar condicionado (A e B), apresentam uma deficiência na realização da troca de ar necessário para a QAI, e excedem os limites recomendados pela legislação brasileira (1000 ppm). Altos níveis de concentração de CO₂ indicam que a ventilação está inadequada para diluir e controlar o acúmulo de poluentes.

As academias C e D que utilizam sistemas de climatizadores evaporativos, o VMR de 1000 ppm nunca foi excedido em nenhuma sala avaliada (Tabela 5), o que indica que os sistemas de climatização são adequados para diluir contaminação gerada no ambiente, favorecendo a troca de ar e, conseqüentemente, levando a uma melhor QAI, quando considerado o parâmetro CO₂.

Alves et al. (2013) em um estudo realizado em duas instalações esportivas (Frontão e Ginásio) pertencentes à Universidade de Léon, Espanha, encontraram baixos níveis de concentração de CO₂ (413 a 468 ppm) e afirmaram que houve ventilação efetiva em ambas as instalações. Por outro lado, Ramos, Wolterbeek e Almeida (2014), investigaram onze centros de *fitness* de Lisboa (G1 a G11) e encontraram em 54% dos centros de *fitness* estudados, o valor limite de CO₂ definido pela legislação portuguesa (2250 mg/m³) alterados em pelo menos um dos espaços pesquisados. A média de CO₂ em todos os espaços foi de 2000 mg/m³, apresentando no G4 concentração média de CO₂ de 4418 mg/m³, e atingindo um valor máximo no G5 de 5619 mg/m³ no estúdio 2, indicando ineficiência na ventilação dos centros de *fitness* citados.

Também, Andrade et al. (2018), realizaram um estudo em três academias de ginásticas (musculação) em Florianópolis - Santa Catarina, Brasil observando níveis de concentração de CO₂ significativamente acima da norma Europeia (750 ppm). As academias A ($\bar{x} = 3752,13$ ppm) e C ($\bar{x} = 1360,89$ ppm) apresentaram níveis de concentração de CO₂ significativamente acima dos parâmetros recomendados pelas normas brasileira e francesa (1000 ppm).

Schirmer, Szymanski e Gauer (2009) afirmam que a baixa renovação de ar pode resultar em sonolência e perda de produtividade até mesmo em indivíduos saudáveis. Porém, Andrade et al. (2018) descrevem que o efeito da concentração de CO₂ no desempenho físico, ainda requer evidências mais consistentes. Contudo, um ambiente poluído pode causar problemas de saúde nos professores e funcionários que trabalham nas academias (BARREIRA; CARVALHO, 2007).

De acordo com os resultados obtidos do presente estudo, há de admitir que as academias A e B necessitam de uma renovação do ar que pode ser obtida através de uma vazão de ar exterior adequada para ventilação. Sendo assim, de acordo com a ABNT NBR 16401-3 de 2008 (Tabela 3) e equação nº 2, citadas na revisão bibliográfica deste estudo, a Tabela 6 apresenta a vazão eficaz de ar exterior para ventilação nas academias que utilizam sistemas de ar condicionado. O valor médio anual de CO₂ externo, detectado no presente estudo, ao redor das academias pesquisadas foi 559,8 ppm.

Tabela 6: Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação com renovação do ar nas academias que utilizam aparelhos de ar condicionado

	Academia	Local	N/Máx.	Área (m ²)	Vazão eficaz m ³ /hora/pessoa		
					Nível 1	Nível 2	Nível 3
VERÃO	A	Spinning	37	142	40,1	50,4	60,8
		Musc.	90	673,4	34,1	43,9	51,1
	B	Spinning	14	59,5	40,5	51,1	61,5
		Musc.	50	351	33,1	42,8	49,7
INVERNO	A	Spinning	23	142	42,4	53,6	64,8
		Musc.	75	673,4	37	48,2	56,1
	B	Spinning	14	59,5	40,5	51,1	61,5
		Musc.	47	351	33,8	43,9	51,1

Fonte: Autora, 2019

Nota: Musc.: Sala de musculação; N/Máx.: Número máximo de pessoas na zona de ventilação.

De acordo com o contexto estudado, pensando em uma pessoa de 70 kg moderadamente treinada, que tem em média o VO₂ máximo relativo = 30 mL/kg/min, com VCO₂ de 80% = 24 mL de CO₂/kg/min, essa pessoa, elimina 1,68 L de CO₂/min/pessoa. Pensando em uma sala de *spinning*, tendo o volume total de 300 m³ (área 10 x 10 x 3,0), com 20 pessoas de 70 kg praticando exercício físico, a eliminação de CO₂ será de 33,6 L/min/20pessoas. Ao calcularmos o tempo de 30 minutos para uma aula de *spinning*, estariam eliminando 1008 L de CO₂ = 3360 ppmv/30 minutos e 6720 ppmv/hora, correspondendo a 336 ppmv/hora/pessoa.

Portanto, a renovação do ar nas academias que utilizam sistemas de ar condicionado se torna imprescindível para a QAI, em se tratando de CO₂.

Ainda, há de ser destacada a necessidade de revisão da Resolução nº 9 da ANVISA (BRASIL, 2003), que recomenda a taxa mínima de renovação do ar de 27 m³/hora/pessoa, e devido à falta de dados epidemiológicos no Brasil, resultou em um valor recomendado de CO₂ mantido em ≤ 1000 ppm. No entanto, na Europa, as normas EN 15251 e EN 13779 recomendam um limite de 750 ppm (350 ppm acima do nível externo de 400 ppm) (CES, 2007 a e b).

5.2.3 COVT

O Brasil não apresenta legislação específica para COVT em ambientes internos não industriais, sendo assim, este estudo terá como comparação, padrões de referência internacionais que trazem valores máximos de exposição para esses compostos.

Na legislação de Portugal, o limiar de proteção para os COVT é de $0,6 \text{ mg/m}^3$. O limiar de proteção indicado diz respeito a uma média de 8 horas (PORTUGAL, 2013). A Tabela 7 apresenta os resultados de COVT encontrados nas academias A e C

Tabela 7: Média dos resultados de COVT - Academia A e C nos três dias de coleta.

Academia	Coleta	N	COVT (mg/m^3)	T ($^{\circ}\text{C}$)	UR (%)
A	1C	63	$1,008 \pm 0,302^*$	$28 \pm 0,2$	$37,6 \pm 0,5$
	2C	93	$1,822 \pm 0,511^*$	$28,4 \pm 0,5$	$36,1 \pm 0,4$
	3C	96	$1,407 \pm 0,991^*$	$29 \pm 0,4$	$36,1 \pm 0,7$
C	1C	25	$0,251 \pm 0,140$	$28,9 \pm 0,2$	$59 \pm 4,1$
	2C	23	$0,08 \pm 0,101$	27 ± 0	$61 \pm 0,2$
	3C	25	$0,12 \pm 0,083$	$29,4 \pm 0,7$	$50,4 \pm 2,6$

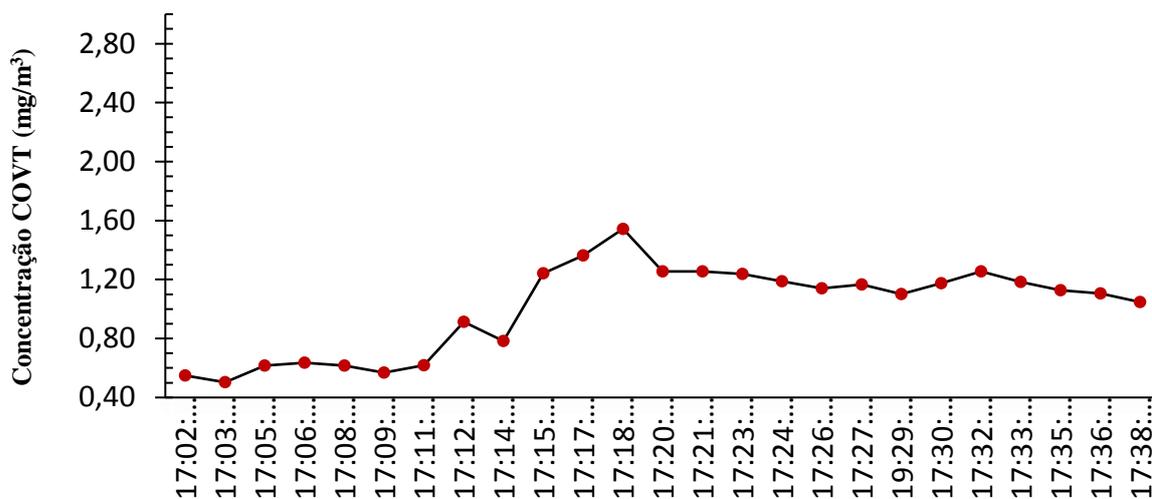
Fonte: Autora, 2019

Nota: 1C/2C/3C: Primeiro, segundo, terceiro dia de coleta; N: média do número de pessoas; T: Temperatura; UR: Umidade relativa. *valores acima do limite de proteção para COVT ($0,6 \text{ mg/m}^3$).

Os resultados mostraram valores excedidos apenas na academia A, em todas as coletas, e é importante ressaltar que os resultados excedidos se apresentavam assim que o equipamento era posicionado e permaneciam alterados ou aumentavam durante todo o tempo de coleta.

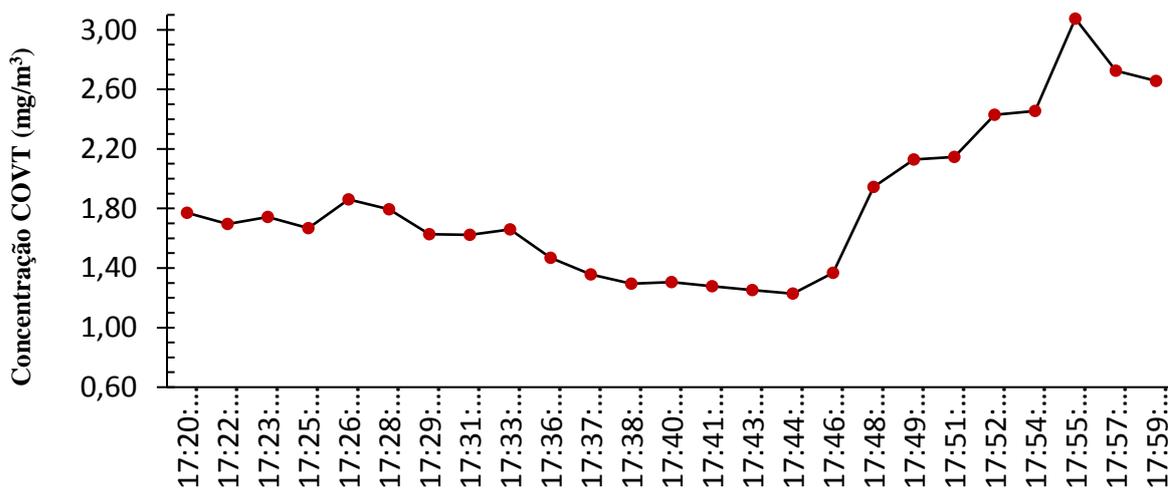
A seguir, as Figuras 50, 51 e 52 mostram os valores excedidos de COVT nos três dias de coleta da academia A.

Figura 50: Resultados de COVT na Academia A - Coleta 1



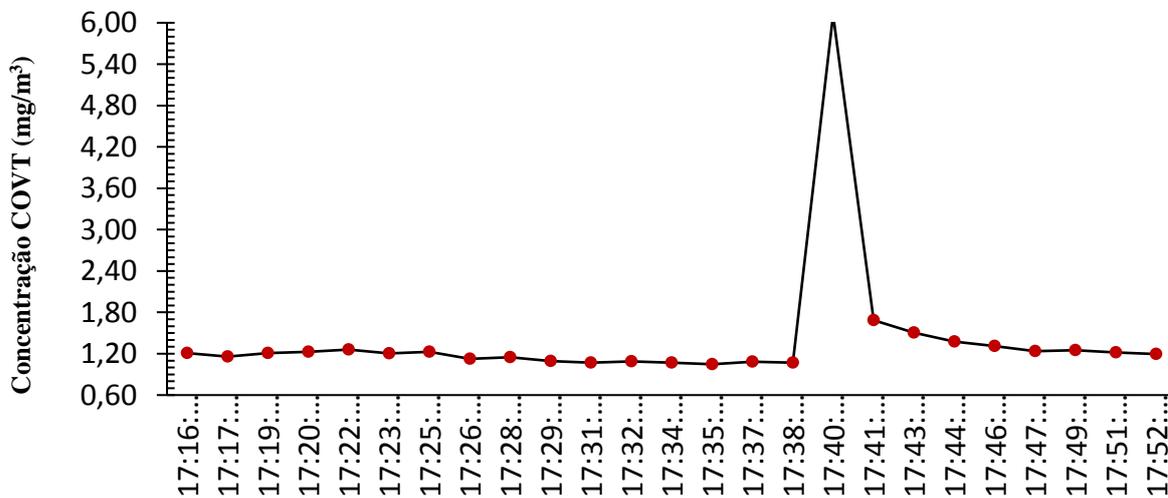
Fonte: Autora, 2019

Figura 51: Resultados de COVT na Academia A - Coleta 2



Fonte: Autora, 2019

Figura 52: Resultados de COVT na Academia A - Coleta 3



Fonte: Autora, 2019

Amostras em concentrações elevadas destes poluentes e a não existência de alguma fonte interior ou exterior, leva à suposição de que a ventilação do local é insuficiente, pois os COV são um bom indicador de qualidade de ventilação. Além do sistema de ventilação ser um fator preponderante, outros fatores contribuem para a emissão de COV, como o uso de desodorantes, perfumes, produtos de limpeza e desinfecção, entre outros produtos ricos em compostos orgânicos, observando em especial na coleta 3 da academia A (Figura 52), que houve um pico de concentração de COV, devido à aproximação de dois alunos ao equipamento medidor, que estavam utilizando um perfume com essência muito forte, chegando a atingir uma concentração de COV de 6,116 mg/m³.

A academia A realiza a limpeza da sala de musculação utilizando para o piso um produto que tem a finalidade de desinfecção, limpeza e aromatização do ambiente (Quadro 12). Para tal é recomendado 1 litro do produto para 40 litros de água. A academia dissolve 25 ml do produto para 5 litros de água.

Quadro 12: Produto de limpeza utilizado no piso da academia A

Princípio Ativo:
Cloreto de Benzalcônio (Quaternário de amônio)
Composição:
Água, Dispersante, Hidrótopo, Tensoativo não iônico, Fragrância, Corante e Conservante. Contém Tensoativos Biodegradáveis.
Dados Técnicos:
Aparência: Líquido
Cor: Verde Fluorescente
Odor: Orvalho
PH: Levemente Alcalino (7,0 a 8,5)
Teor de Ativo: 2%
Densidade: 0,98 – 1,06

Fonte: <https://companhiadamidia.com.br/klinshop/arquivos/523.pdf>. Acesso em 15 set. 2019.

Adaptado pela autora, 2019

A manutenção de limpeza dos equipamentos é diária, sendo intercalado o serviço ao longo da semana, usando um multiuso flutador que recomenda a diluição de 1:2 até 1:10, aplicando a solução sobre as superfícies com um pano úmido e enxugando em seguida (Quadro 13). No decorrer do dia, havendo necessidade, a academia A realiza a manutenção da limpeza com os mesmos produtos.

Quadro 13: Indicações e composição do flotor utilizado na academia A

Indicações:
Utilize na remoção de gordura, fuligem, poeira, marcas de dedos e fórmicas em hipermercados, escolas, condomínios, hotéis, motéis, escritórios, cozinhas, shopping centers, consultórios, clínicas, hospitais, estabelecimentos comerciais e afins.
Composição:
Tensoativo não iônico, Solventes de fonte renovável, Alcalinizantes, Sequestrante, Agente de controle de pH, Fragrância, Conservante e Água.
Classificação da substância ou mistura: Classificado como produto não perigoso.

Fonte: <https://ingleza.com.br/produto/multiuso-flotador-bry-plus/>. Acesso em 15 set. 2019.

Adaptado pela autora, 2019

Por outro lado, a academia C realiza a limpeza das salas no período da manhã diariamente, com pano úmido e álcool nos equipamentos. No decorrer do dia, apenas dão manutenção de limpeza em locais que forem necessários, com pano úmido. Uma vez por semana usa-se detergente neutro para lavar o piso e utiliza-se um limpador flotor de uso geral, para a limpeza dos equipamentos (Quadro 14). É recomendado utilizar o produto aplicando sobre a superfície a ser limpa, pulverizando ou com pano úmido e retirando o resíduo com pano limpo e úmido dispensando o enxágue. Pode ser utilizado diluído até 1:2 (v/v) nas sujidades mais leves. A academia dissolve 50%/50%, ou seja, a mesma quantidade de produto para a mesma quantidade de água.

Quadro 14: Princípio ativo e composição do flotor utilizado na academia C

Princípio Ativo:
Tensoativo aniônico, com ação desengraxante, pH Alcalino e incolor.
Composição:
Nonil fenol etoxilado, sequestrante, alcalinizantes, solvente, neutralizante, fragrância e veículo.
Classificação do produto: Classificado como produto não perigoso de acordo com a ABNT NBR 14725-2.

Fonte: www.perol.com.br. Acesso em 15 set.2019. Adaptado pela autora, 2019

Contudo, na academia C os resultados mostraram que não houve influência para exceder os limites permitidos de COVT (Tabela 7). Um fator a ser destacado é a constante renovação do ar, realizada pelos climatizadores evaporativos.

Assim, com os resultados obtidos no presente estudo da academia A, nota-se que os produtos utilizados na limpeza podem estar associados a altas concentrações de COVT, destacando também, que a limpeza principal da sala de musculação era realizada às 16 horas e a coleta dos dados iniciava por volta das 17 horas, o que provavelmente pode ter influenciado nos resultados, todavia, há de ser considerado novamente, que o sistema de ventilação pode estar insuficiente e o próprio mobiliário (equipamentos de musculação), bem como tapetes

emborrachados na área de peso livro, são fortes indicadores para emissão de COV. Este fato já se encontra solidamente demonstrado nos estudos de Alves et al. (2013); Ramos, Wolterbeek, Almeida (2014) e Ramos (2013).

Alves et al. (2013) monitoraram continuamente duas instalações esportivas (Frontão e Ginásio) pertencentes à Universidade de Léon, Espanha. No Frontão, os COVT alcançaram em torno de 2300 ppm, coincidentes com as atividades de limpeza, decaindo para 30 - 40 ppm durante a noite. Foi observado que as altas concentrações de COV obtidos ao ar livre durante o período de monitoramento podem estar associadas à higienização e limpeza geral. A aplicação de ceras e líquidos clareadores para as superfícies dos pavimentos está entre essas atividades, portanto, a liberação de COV através das saídas de ar do edifício, localizado a poucos metros do ponto de amostragem ao ar livre, é provavelmente a principal causa dos níveis encontrados. Hexano, benzeno e heptano, também presentes em produtos domésticos, foram detectados em concentração ligeiramente maior no ambiente da academia coberta do que ao ar livre.

Ramos, Wolterbeek e Almeida (2014) investigaram onze centros de *fitness* de Lisboa, Portugal, (G1 a G11), e registraram desconformidade em relação a concentração de COV em 82% dos centros de *fitness* e em 64% dos ginásios, apresentando concentrações superiores aos valores limites pela legislação portuguesa ($0,6 \text{ mg/m}^3$). A concentração média mais alta foi registrada no G9 com $3,3 \text{ mg/m}^3$, considerando para tal que o COV é emitido por produtos ou estruturas de consumo, como carpetes, produtos de limpeza para móveis, tintas, perfumes, solventes e a própria edificação.

Ramos (2013) investigou três ginásios da cidade de Lisboa, Portugal, aplicando metodologia de monitorização da QAI, que decorreu durante uma semana em cada ginásio. Quanto aos COV, verificou-se que o limite de proteção indicado pela legislação portuguesa ($0,6 \text{ mg/m}^3$) é ultrapassado relativamente no clube A e no clube C. Nos estúdios do clube A, verifica-se claramente que os aumentos na concentração de COV seguem os períodos em que existiram aulas nesse espaço (E2: $\bar{X} = 0,65$ e G: $\bar{X} = 0,66 \text{ mg/m}^3$). No ginásio, verifica-se que a concentração de COV foi constante durante os dois dias de amostragem, estando sempre acima do valor limite definido por lei, sugerindo que esta variação pode estar relacionada com a aplicação de perfumes ou desodorizantes pelos utilizadores antes de cada aula, ou ainda, pelas atividades de limpeza que decorrem após os períodos de aulas da manhã e da tarde. No estúdio do clube C, nos dois primeiros dias de amostragem, as concentrações de COV encontraram-se abaixo do limite de detecção e nos dois últimos dias, as concentrações não

ultrapassaram o valor limite. No ginásio, o valor limite foi ultrapassado apenas no segundo dia de amostragem, com um pico evidente durante a manhã (6,32 mg/m³).

Monteiro (2011) mostrou em seu estudo as tendências de variações nos valores das concentrações dos poluentes atmosféricos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos) em ambiente interno, especificamente na sala de *spinning* de uma academia de ginástica do Rio de Janeiro, Brasil. Utilizou cartuchos de carvão ativado SKC, acoplado a uma bomba KNF com vazão de 11 minutos. Para a extração de cada amostra foi feita a análise cromatográfica com cromatógrafo a gás modelo 6890, acoplado a um espectrômetro de massa modelo 5973 da marca Agilent. Foram analisadas 34 amostras coletadas na sala de *spinning* durante as aulas. Em contrapartida, também foram coletadas cinco amostras externas, quatro delas pareadas interno/externo para comparação. Dentre os COV analisados, o tolueno foi o BTEX mais abundante obtido, representando 81% destes COV no ambiente interno. Todas as amostras pareadas tiveram concentrações maiores no interior, exceto para o benzeno em uma coleta, concluindo que o ar interno estava mais poluído do que o externo. Afirma também a dificuldade de monitoramento da QAI no Brasil, citando a escassez de trabalhos e ausência de legislação para muitos compostos químicos.

Portanto, há uma acentuada necessidade de inclusão de valores recomendados para COV na legislação brasileira em ambientes internos não industriais, bem como, incluir metodologias adequadas para tal.

5.2.3.1 CH₂O

O Brasil também não apresenta legislação específica para CH₂O em ambientes internos não industriais. Segundo a OMS, a concentração máxima admissível no ar interior de formaldeído é de 0,1 mg/m³ (média 30 minutos), tornando-se preocupante concentrações maiores que o indicado (WHO, 2010).

A Tabela 8 apresenta os resultados de CH₂O encontrados nas academias A e C.

Tabela 8: Média dos resultados de CH₂O - Academia A e C nos três dias de coleta.

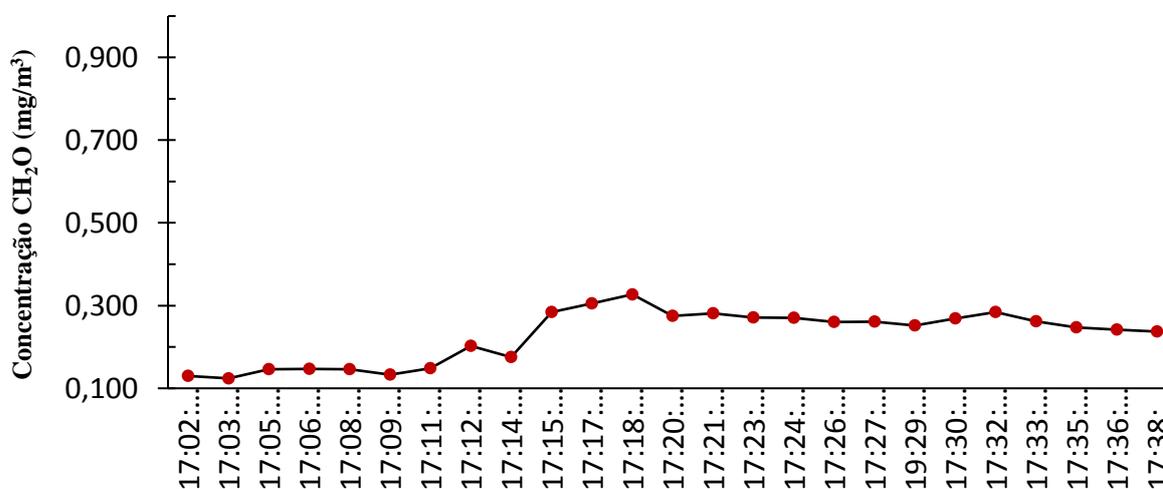
Academia	Coleta	N	CH ₂ O (mg/m ³)	T (°C)	UR (%)
A	1C	63	0,227±0,063*	28±0,2	37,6±0,5
	2C	93	0,386±0,094*	28,4±0,5	36,1±0,4
	3C	96	0,298±0,148*	29±0,4	36,1±0,7
C	1C	25	0,059±0,031	28,9±0,2	59±4,1
	2C	23	0,019±0,024	27±0	61±0,2
	3C	25	0,029±0,020	29,4±0,7	50,4±2,6

Fonte: Autora, 2019

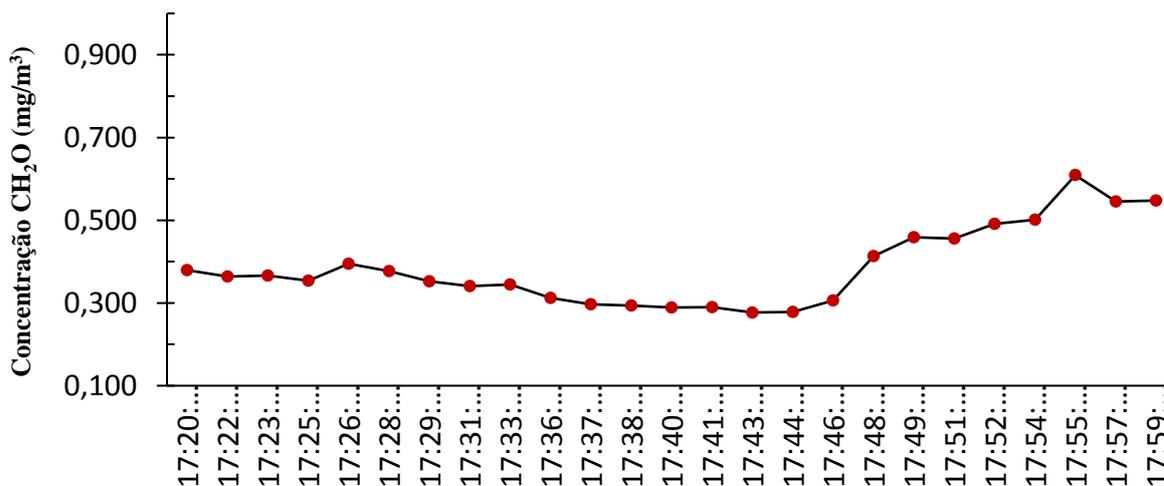
Nota: 1C/2C/3C: Primeiro, segundo, terceiro dia de coleta; N: média do número de pessoas; T: Temperatura; UR: Umidade relativa. * valores acima da concentração máxima admissível para CH₂O (0,1 mg/m³).

A academia A apresentou valores excedidos em todas as medições e na academia C, foram registrados valores detectáveis de formaldeído, nunca excedendo a concentração máxima admissível (Tabela 8).

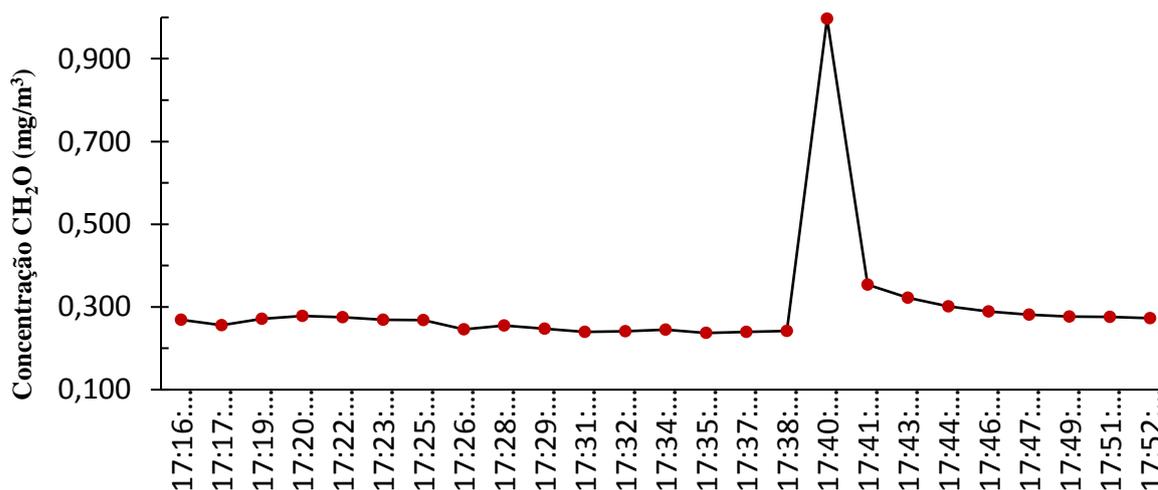
As Figuras 53, 54 e 55 apresentam os valores excedidos na academia A de CH₂O nos três dias de coleta.

Figura 53: Resultados de CH₂O na Academia A - Coleta 1

Fonte: Autora, 2019

Figura 54: Resultados de CH₂O na Academia A - Coleta 2

Fonte: Autora, 2019

Figura 55: Resultados de CH₂O na Academia A - Coleta 3

Fonte: Autora, 2019

Com os resultados apresentados, observam-se valores acima do permitido na academia A que utiliza o sistema de ar condicionado. Este fato possivelmente se deve à falta de renovação do ar que é ineficiente no sistema *split* e também devem ser considerados os produtos de limpeza, colchonetes utilizados para exercícios físicos, tapetes emborrachados posicionados no local de prática de peso livre, equipamentos para a prática de musculação e constante manutenção do serviço de limpeza.

Ao contrário do presente estudo, Peixoto (2014), em sua pesquisa que teve como objetivo a avaliação da QAI de quatro ginásios existentes na área metropolitana do Porto, Portugal, no período de amostragem entre 2 de Maio e 20 de Junho 2014, durante 24 horas/dia, em salas com diferentes atividades (sala de musculação e *cardio-fitness* e sala de aulas de grupo), mostrou que em nenhum ginásio a concentração do limiar de proteção de

CH₂O presente na Portaria nº 353-A de 2013 (PORTUGAL, 2013) de 0,08 ppm foi excedido. Para o Ginásio 1, durante a parte da manhã, obteve-se valores de concentração entre 0,03 e 0,04 ppm, relatando que estes resultados são a consequência do ginásio permanecer fechado durante o período noturno, sem ventilação, e o chão das salas de amostragem (sala de aulas de grupo) estar protegidos por carpetes de borracha que podem libertar este poluente. Relata que apenas concentrações na gama média dos 0,5 ppm podem estar associados a efeitos de irritações, com exceção de indivíduos mais sensíveis, que têm apresentado alguns sintomas com concentrações inferiores a 0,01 ppm.

Alves et al. (2013) monitoraram continuamente duas instalações esportivas (Frontão e Ginásio) pertencentes à Universidade de Léon, Espanha, e encontraram baixas concentrações de CH₂O nas duas instalações esportivas. Citam que em uma grande revisão em todo o mundo em diversos locais, foram detectadas concentrações que variam de valores próximos a zero a níveis superiores a 2000 µg/m³. No entanto, afirmam que nenhuma medida foi instaurada para instalações esportivas.

Ramos, Wolterbeek e Almeida (2014) investigaram onze centros de *fitness* de Lisboa, Portugal, (G1 a G11), e na maioria dos casos, as concentrações internas de CH₂O foram maiores que no ambiente exterior, exceto os casos de G7, G8, G9 e G10. A maior concentração de CH₂O foram encontradas nos estúdios G4 (0,25 mg/m³ em S1 e 0,21 mg/m³ em S2, juntamente com altas concentrações de COV, que pode ser originada pela presença de desinfetante para as mãos à base de álcool, distribuídos por todo o G4 e no G5 (1,4 mg/m³ em S2 e 1,5 mg/m³ em Bb), relatando que o G5 está localizado no térreo de um edifício, indicando uma inadequada localização das admissões de ar do sistema HVAC, que são colocadas perto da estrada e da calçada.

Alves e Aciole (2012) relatam que presença de formaldeído está em diversos materiais de construção e produtos de uso corrente, afirmando que é um dos COV com emissões mais elevadas em ambientes interiores, sendo frequentemente associado à SED. Dada a sua importância, normalmente o CH₂O é avaliado de uma forma individualizada (HOSKINS, 2003). Portanto, é imprescindível a inclusão de valores recomendáveis na legislação brasileira.

5.3 MATERIAL PARTICULADO: PM 1,0; PM 2,5; PM 10

A Tabela 9 mostra os resultados obtidos nas academia A e C, sendo a coleta feita em tempo real, medindo a concentração a cada 1 minuto e 30 segundos aproximadamente, totalizando 25 medições por dia em cada academia.

Tabela 9: Média dos resultados de PM 1.0, PM 2.5, PM 10 das Academias A e C nos três dias de coleta.

Academia	Coleta	PM 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	T ($^{\circ}\text{C}$)	UR (%)
A	1C	4,3 \pm 0,7	6,3 \pm 0,7	6,6 \pm 1,2	28 \pm 0,2	37,6 \pm 0,5
	2C	3,8 \pm 0,8	5,8 \pm 0,8	6,0 \pm 1,2	28,4 \pm 0,5	36,1 \pm 0,4
	3C	4,0 \pm 0,3	6,0 \pm 0,3	6,1 \pm 0,6	29 \pm 0,4	36,1 \pm 0,7
C	1C	1,3 \pm 0,5	2,3 \pm 0,5	2,3 \pm 0,5	28,9 \pm 0,3	59 \pm 4,1
	2C	1,9 \pm 0,5	2,9 \pm 0,5	2,9 \pm 0,5	27 \pm 0,0	61 \pm 0,2
	3C	3,1 \pm 0,3	4,6 \pm 0,7	4,6 \pm 0,6	29,5 \pm 0,7	50,4 \pm 2,7

Fonte: Autora, 2019

Nota: 1C/2C/3C: primeiro, segundo e terceiro dia de coleta; PM (*particulate matter*)

Em todas as medições, o valor de material particulado em suspensão não ultrapassou os limites determinados, em nenhuma academia.

A RE/ANVISA nº 9 traz como VMR, quantidade menor ou igual a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado total no ar interior como indicador de grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado (BRASIL, 2003). A OMS visa atingir as menores concentrações possíveis de PM, tendo valores de referência para PM 2,5 de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média anual e 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média de 24 horas, e para PM 10, média anual de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ média de 24 horas (WHO, 2005).

Há evidências nos resultados encontrados por Branis e Safránek (2011), Alves et al. (2013), Ward et al. (2013), Ramos (2013) e Peixoto (2014), porém o presente estudo não detectou problemas em relação ao material particulado em suspensão.

Branis e Safránek (2011) investigaram a concentração de massa, a composição mineral e a morfologia das partículas ressuspensas pelas crianças durante a Educação Física em ginásios de três escolas (urbana, suburbana e rural) de Praga, República Tcheca. Concentrações mais baixas de material particulado grosso foram registradas ao ar livre (média de PM 10 - 2,5 = 4,1 - 7,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e média de PM 2,5 - 1,0 = 2,0 - 3,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), do que no ambiente interno dos ginásios (média de PM 10 - 2,5 = 13,6 - 26,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e PM 2,5 - 1,0 = 3,7 - 7,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mostrando que o principal fator das concentrações de PM grossa na área interna é o número de estudantes no local.

Alves et al. (2013) monitoraram duas instalações esportivas (Frontão e Ginásio) pertencentes à Universidade de Léon, Espanha. No Fronton as concentrações de PM 10 obtidas durante o período de ocupação variaram entre 38 e 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e no ginásio, as concentrações situaram entre 154 e 198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A principal razão para os altos níveis de partículas no ginásio é o giz de escalada (carbonato de magnésio hidratado hidróxido ou magnésia alba) utilizado pelos atletas como secagem para as mãos.

Ward et al. (2013) investigaram duas escolas, sendo uma do Ensino Fundamental e outra do Ensino Médio antes, durante e após a troca do fogão a lenha, por um período de quatro anos. As escolas pertenciam à cidade de Libby, localizada no estado americano de Montanha, Condado de Lincoln. Esta cidade, devido a inversões de temperatura e ao amplo uso residencial de fogões a lenha, experimentou níveis elevados de PM 2,5 ao longo dos meses de inverno. Com o intuito de reduzir PM 2,5 no inverno, foi realizada uma grande troca de fogões a lenha em toda a comunidade, entre 2005 e 2007. Com a preocupação da QAI, foi realizada a amostragem de PM 2,5 nas escolas. Os resultados mostraram concentrações médias de $31,0 \pm 14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no Ensino Fundamental, variando de 11,0 a 79,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, independentemente do ano ou estação do ano, e no Ensino Médio a média foi de $12,2 \pm 11,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sem diferenças por estação.

Ramos (2013) em seus resultados obtidos nos três ginásios da cidade de Lisboa, Portugal, indica a existência de duas fontes principais de emissão que contribuem para a alteração da QAI, que são a ocupação humana, promovendo o aumento de partículas, de material microbiano e de dióxido de carbono, e o ar proveniente do exterior. Quanto aos referenciais da OMS, o valor limite para PM 10 é ultrapassado no estúdio 1 do clube A, em todos os espaços do clube B e no ginásio do clube C; para PM 2,5 o clube B ultrapassa pontualmente o limite de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em todos os espaços, bem como o ginásio do clube C.

Peixoto (2014), em sua pesquisa relata que os poluentes com maiores níveis de excedência são o dióxido de carbono, compostos orgânicos voláteis e as partículas PM 2,5. As excedências devem-se essencialmente à sobrelotação das salas, excesso de atividade física e ventilação insuficiente nos quatro ginásios pesquisados na área metropolitana do Porto, Portugal.

Estudos epidemiológicos e toxicológicos mostraram fortes ligações entre material particulado e efeitos na saúde, porém, há divergências em relação às propriedades das partículas, em termos de tamanho, forma e composição química que têm o pior impacto. As crianças têm maior suscetibilidade quando expostas ao ar poluído, principalmente por causa

de sua maior taxa metabólica e maiores níveis de atividade física, que causam um aumento da ventilação pulmonar por minuto (BUONANNO et al., 2012).

Sabe-se que as partículas transportadas pelo ar estão ligadas a um aumento de mortalidade. Percebe-se também, que a maioria dos estudos se concentra em PM 2,5. Desta forma, o presente estudo sugere a inclusão de valores recomendados de PM 2,5 e PM 1,0 na legislação brasileira, podendo assim, contribuir com a saúde, segurança, bem-estar e conforto dos ocupantes dos ambientes internos climatizados.

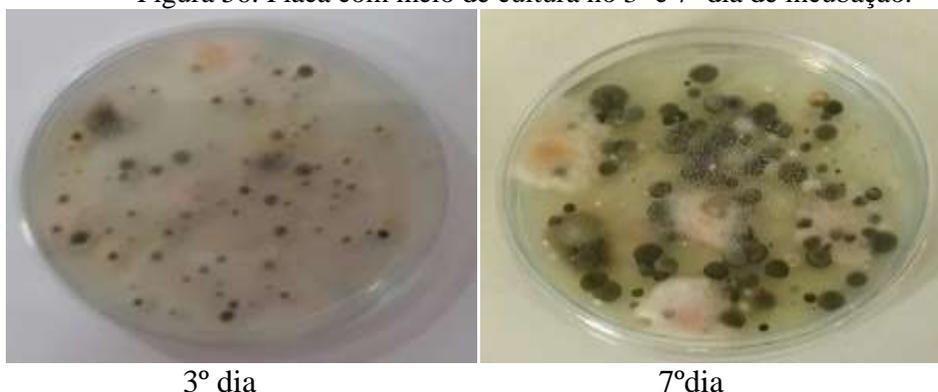
5.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Os parâmetros biológicos analisados no presente estudo referem-se a fungos. 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. Quando o VMR for ultrapassado ou a relação I/E for $> 1,5$, é necessário fazer um diagnóstico de fontes poluentes para uma intervenção corretiva (BRASIL, 2003).

A contagem das colônias de fungos presentes nas placas com meio de cultura foi acompanhada após três, cinco e sete dias de incubação a 25°C. Para efeito do cálculo, utilizou-se a contagem de ufc/m³ do 7º dia de incubação.

A Figura 56 mostra a sequência de incubação de uma placa com a adoção de leitura no 3º e 7º dia.

Figura 56: Placa com meio de cultura no 3º e 7º dia de incubação.



3º dia

7º dia

Fonte: Autora, 2019

Nas Tabelas 10 e 11 são apresentados os resultados para os critérios de conformidade aplicáveis a fungos na campanha do verão e inverno das quatro academias pesquisadas segundo a RE/ANVISA nº 9 (BRASIL, 2003).

Tabela 10: Média da temperatura, umidade relativa (interna, externa) ufc/ m³ das coletas internas e externas, e relação I/E na campanha do verão das quatro academias.

VERÃO									
ACAD.	LOCAL	COLETAS	T. EXT. (°C)	U. EXT. (%)	T. INT. (°C)	U. INT. (%)	COL. INT. (ufc/m³)	COL. EXT. (ufc/m³)	I/E
A	MUSC.	1 C	24,1	72,8	22,1	55,2	179	308	0,58
		2 C	27,1	66	24,2	58,4	98	251,3	0,39
		3 C	25	73,1	23,8	54,8	165	266,7	0,62
	SPIN.	1 C	24,1	72,8	20,5	56,5	63,7	308	0,21
		2 C	27,1	66	22,3	64,4	105	251,3	0,42
		3 C	25	73,1	20,8	47,1	156,7	266,7	0,59
B	MUSC.	1 C	29,7	50,9	25,7	68,9	79,3	111,3	0,71
		2 C	23,5	90	22,6	66,4	88,3	233	0,38
		3 C	25	55	22,3	66,3	78,6	107,3	0,73
	SPIN.	1 C	29,7	50,9	25,4	49,3	111	111,3	1,00
		2 C	23,5	90	19,3	55,1	81,3	233	0,35
		3 C	25	55	19,5	56,1	78,3	107,3	0,73
C	MUSC.	1 C	23,7	77,3	24,3	79,4	230,3	201	1,15
		2 C	26,6	68,7	26,7	76,3	148,7	174,7	0,85
		3 C	30	48,8	28	55,5	87,3	93	0,94
	SPIN.	1 C	23,7	77,3	23,4	84,2	293,3	201	1,46
		2 C	26,6	68,7	24,4	86,5	178,3	174,7	1,02
		3 C	30	48,8	24	76,6	79,7	93	0,86
D	MUSC.	1 C	29,3	60,4	26,8	73,3	159	151	1,05
		2 C	34,8	42,7	27,2	70,9	100,7	93	1,08
		3 C	29,5	60	25,6	73,6	141,7	273,3	0,52
	SPIN.	1 C	29,3	60,4	29,7	58,1	156,7	151	1,04
		2 C	34,8	42,7	27,7	70,5	78	93	0,84
		3 C	29,5	60	26	73,4	166,3	273,3	0,61

Fonte: Autora, 2019

Nota: ACAD: academia; MUSC: sala de musculação; SPIN: sala de spinning. 1C/2C/3C: primeiro, segundo e terceiro dia de coleta; T.EXT: temperatura externa; U.EXT: umidade externa; T.INT: temperatura interna; U.INT: umidade interna; COL.INT.: coleta interna; COL.EXT.: coleta externa; I: interno; E: externo.

Tabela 11: Média da temperatura, umidade relativa (interna, externa) ufc/ m³ das coletas internas e externas, e relação I/E na campanha do inverno das quatro academias.

INVERNO									
ACAD.	LOCAL	COLETAS	T. EXT. (°C)	U. EXT. (%)	T. INT. (°C)	U. INT. (%)	COL. INT. (ufc/m ³)	COL. EXT. (ufc/m ³)	I/E
A	MUSC.	1 C	27,2	52,2	22,5	51,8	83,3	326,7	0,25
		2 C	22,1	70,9	24,4	55,5	296,3	294,3	1,01
	SPIN.	1 C	27,2	52,2	20,9	57,9	101,3	326,7	0,31
		2 C	22,1	70,9	22,9	61,7	298,7	294,3	1,01
B	MUSC.	1 C	22,7	31,1	23,5	57,6	69,7	167,7	0,42
		2 C	24,5	60,8	24	63,1	65,3	285	0,23
	SPIN.	1 C	22,7	31,1	20,9	43,1	68,3	167,7	0,41
		2 C	24,5	60,8	23,7	47,2	161,7	285	0,57
C	MUSC.	1 C	18,6	69,6	20,7	74,5	228,7	250	0,91
		2 C	19,8	69,9	20,2	69,4	215,3	293,3	0,73
	SPIN.	1 C	18,6	69,6	19,8	75,9	260,7	250	1,04
		2 C	19,8	69,9	20	72,2	188,3	293,3	0,64
D	MUSC.	1 C	23,3	45,5	21,9	65,6	346,7	333,3	1,04
		2 C	23,1	48,4	21,3	67,7	363,7	336,7	1,08
	SPIN.	1 C	23,3	45,5	22	66	279,3	333,3	0,84
		2 C	23,1	48,4	20,7	69,8	377	336,7	1,12

Fonte: Autora, 2019

Nota: ACAD: academia; MUSC: sala de musculação; SPIN: sala de spinning. 1C/2C/3C: primeiro, segundo e terceiro dia de coleta; T.EXT: temperatura externa; U.EXT: umidade externa; T.INT: temperatura interna; U.INT: umidade interna; COL.INT.: coleta interna; COL.EXT.: coleta externa; I: interno; E: externo.

Os resultados mostram que não há desconformidade quanto à contaminação biológica dos ambientes pesquisados das quatro academias nas duas estações do ano. Todavia, revelam a presença de fungos contaminantes no ar das quatro academias analisadas, podendo ser prejudicial à saúde humana. Sendo assim, o presente estudo identificou os principais gêneros de fungos presentes no ar.

Os fungos dispersados pelo ar atmosférico são denominados fungos anemófilos, e a microbiota fúngica anemófila pode variar em cada cidade ou região. Os elementos fúngicos encontrados no ar atmosférico são os esporos (propágulos) (MEZZARI et al., 2003).

Outro fator a ser considerado é que há uma variação muito grande na concentração e diversidade de fungos em vários pontos do mesmo ambiente interior, pois a distribuição de propágulos não é uniforme no ar ambiente, apresentando assim uma limitação em relação à técnica de coleta (DEGOBBI; GAMBALE, 2008).

Portanto, o presente estudo embora tivesse como objeto de pesquisa duas salas de cada academia, apresenta a identificação dos fungos filamentosos anemófilos isolados das academias analisadas na campanha do verão e inverno, expressando-os somente por ambiente

interior e exterior, visto que as duas salas estão inseridas no mesmo edifício. No Quadro 15 estão apresentados os fungos isolados nas academias A e B que possuem sistema de ar condicionado. Já o Quadro 16 apresenta os fungos isolados nas academias C e D que possuem sistemas de climatizadores evaporativos.

Quadro 15: Identificação fúngica das áreas externas e internas das duas academias com aparelho de ar condicionado nas coletas realizadas no verão e no inverno

Academia				
	A		B	
	Fungos Identificados			
Verão	Interno	Externo	Interno	Externo
	Geotrichum sp	Cladosporium sp	Aspergillus sp	Rhizopus sp
	Rhizopus sp	Byssochlamys sp	Penicillium sp	Fusarium sp
	Mycelia sterilia	Aspergillus sp	Cladosporium sp	Cladosporium sp
	Aspergillus sp		Microsporium sp	Aspergillus sp
	Penicillium sp		Rhizopus sp	
	Cladosporium sp		Absidia sp	
			Geotrichum sp	
Inverno	Penicillium sp	Penicillium sp	Penicillium sp	Aspergillus sp
	Aspergillus sp	Bipolaris sp	Aspergillus sp	
	Mycellia sterilia			

Fonte: Autora, 2019

Quadro 16: Identificação fúngica das áreas externas e internas das duas academia com climatizadores nas coletas realizadas no verão e no inverno

Academia				
	C		D	
	Fungos Identificados			
Verão	Interno	Externo	Interno	Externo
	Cladosporium sp	Cladosporium sp	Cladosporium sp	Rhizopus sp
	Trichophyton sp	Penicillium sp	Fusarium sp	Cladosporium sp
	Aspergillus sp	Absidia sp	Penicillium sp	Mycelia sterilia
	Scedosporium sp	Scedosporium sp	Acremonium sp	Fusarium sp
	Penicillium sp		Rhizopus sp	Acremonium sp
	Fusarium sp			
Inverno	Penicillium sp	Aspergillus sp	Mycellia sterilia	Penicillium sp
	Aspergillus sp	Penicillium sp	Mucor sp	
	Mucor sp	Mucor sp	Cladophialophora sp	
	Rhizopus sp		Aspergillus sp	

Fonte: Autora, 2019

Os gêneros identificados pela expressão "sp", não foram submetidos a identificação em nível de espécie.

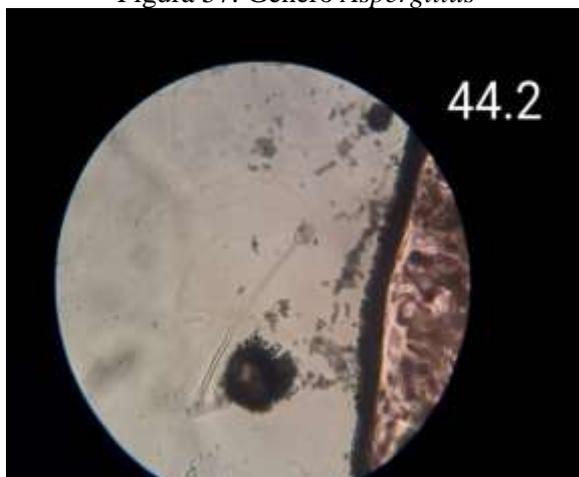
De acordo com o relatório do Laboratório de Microbiologia Aplicada a Doenças Infecciosas (LAMADI) da Universidade de Ribeirão Preto, percebe-se a incidência de alguns gêneros nas duas estações do ano, como *Aspergillus sp*, *Penicillium sp* e *Rhizopus sp*.

Observa-se também, alguns gêneros presentes somente na estação do ano verão: *Geotrichum sp*, *Cladosporium sp*, *Microsporium sp*, *Trichophyton sp*, *Scedosporium sp*, *Acremonium sp*, *Byssochlamys sp*, *Fusarium sp*. E alguns presentes somente na estação do ano inverno: *Bipolaris sp*, *Mucor sp*, *Cladophialophora sp*.

Os gêneros *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, embora tenham sido identificados nas duas estações do ano, foram mais presentes na estação do ano inverno. Segundo Clark et al. (2004), os mesmos produzem um grande número de esporos, são facilmente liberados no ar e comumente encontrados em amostras de ar.

O gênero *Aspergillus* (Figura 57) é constituído por mais de 300 espécies e pode ser encontrado em diversas partes do ecossistema, como no solo, restos orgânicos, residências, aparelhos de ar condicionado, entre outros locais. A principal via de penetração no homem é a respiratória. Os fungos de gênero *Aspergillus* dão origem a uma grande quantidade de conídios medindo de 2 a 3 µm, veiculados muito facilmente pelo ar, ocasionando no homem manifestações respiratórias. O quadro de aspergilose grave e invasiva aparece, principalmente, em indivíduos com graves imunossupressões (SIDRIN; CORDEIRO; ROCHA, 2012).

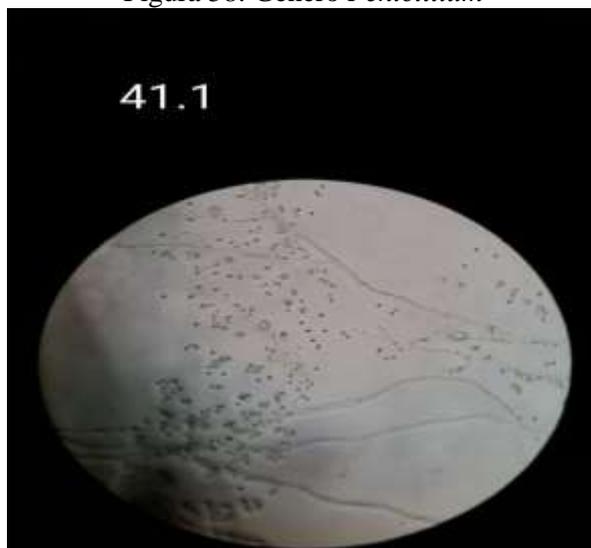
Figura 57: Gênero *Aspergillus*



Fonte: Autora, 2019

O gênero *Penicillium* (Figura 58) pode ser encontrado sobre todos os tipos de substrato, é contaminante por via aérea e provavelmente é o gênero mais isolado em laboratório de microbiologia devido a seus conídios alcançarem elevadas concentrações atmosféricas dependendo da região geográfica. Clinicamente estão envolvidos em casos de ceratites, otites, sinusites, infecções urinárias, infecções pulmonares, quadros alérgicos entre outros. E o gênero *Rhizopus* pode estar clinicamente envolvido em quadros de mucormicose (SIDRIN; ROCHA; CORDEIRO, 2012).

Figura 58: Gênero *Penicillium*



Fonte: Autora, 2019

Um total de 15 gêneros de fungos foi encontrado no presente estudo, que também são citados pela literatura, porém, não foram quantificados como nos estudos de Ramos (2013), Xie, Gan e Ma (2009), Ramos et al. (2016) e Viegas et al. (2010).

Ramos (2013) identificou em sua investigação realizada em três clubes da cidade de Lisboa, Portugal, que o clube A, apresenta duas situações de não conformidade, uma no período da noite no estúdio 1 e a outra no primeiro dia de amostragem no ginásio. Na primeira não conformidade, apesar de a concentração ser muito elevada, o microrganismo encontrado corresponde a leveduras. O clube B apresenta cinco situações de não conformidade, sendo quatro delas no estúdio e uma no ginásio. Foram também identificadas duas situações de perigo pela presença de espécies fúngicas pouco comuns superiores a 50 UFC/m³: *Chrysonilia* a 60 UFC/m³ e *Crysosporium* a 148 UFC/m³. E o clube C apresenta-se em conformidade com a legislação em vigor do país.

No estudo de Ramos et al. (2016) em ambientes fechados dos três ginásios de Lisboa, Portugal, *Chrysosporium* sp representou 56% dos gêneros encontrados no ar no período da

manhã, sendo reduzida a presença na amostra coletada a noite. Na amostra noturna 51% foi identificada como *Cladosporium* sp e foi amplamente encontrado como o gênero dominante dentro dos ginásios. O *Penicillium* sp foi identificado no ambiente interno com 1,9%, aumentando em 10% entre os dois períodos estudados, e *Acremonim* sp foi identificado no final do dia com 7,5% no interior.

Na China, os fungos internos mais frequentemente encontrados em ginásios foram: *Cladosporium* sp, *Penicillium* sp, *Aspergillus* sp e *Alternaria* sp, constituindo mais de 95% do total de fungos no ar (XIE; GAN; MA, 2009).

E no estudo de Viegas et al. (2010) em dez academias com piscinas em Lisboa, Portugal, cerca de 25 espécies diferentes de fungos foram identificadas. Os seis gêneros mais comumente isolados foram: *Cladosporium* sp (36,6%), *Penicillium* sp (19,0%), *Aspergillus* sp (10,2%), *Mucor* sp (7%), *Phoma* sp e *Chrysomilia* sp (3,3%).

A maioria das espécies de fungos é proveniente de ambientes externos, onde habitam o solo. Eles também vivem nos vegetais e alguns fazem parte da microbiota normal do homem e de animais. Uma vez inseridos em ambientes internos, podem se reproduzir ininterruptamente, desde que encontrem condições ambientais e nutrientes adequados (DEGOBBI; GAMBALE, 2008).

Frankel et al. (2012) encontraram em seus estudos realizados ao longo das quatro estações do ano em residências dinamarquesas, uma concentração significativamente mais elevada em ambientes externos do que ambientes fechados no verão e outono, e também relatam que a origem dos fungos varia consoante a estação do ano, sendo que no verão têm como origem principal o ar exterior e o durante o inverno, provêm do ar interior.

No presente estudo, embora a concentração de fungos seja maior no ar exterior em algumas coletas nas duas estações do ano (Tabelas 10 e 11), não provocou uma desconformidade na concentração de fungos no ar interior.

A umidade relativa do ambiente influencia a liberação de esporos e outros propágulos fúngicos dispersíveis no ar. Por sua vez, tais esporos se desenvolvem em forma vegetativa, na superfície de vários substratos, assimilando nutrientes e se reproduzindo, produzindo e liberando mais esporos e propágulos (FRANKEL et al., 2012). O fato das academias C e D apresentarem valores excedidos de umidade relativa, tanto no verão quanto no inverno (acima de 65%), não influenciou no VMR para contaminação microbiológica.

Um quarto do total de partículas transportadas pelo ar pode ser constituído por material biológico na forma de pólen, esporos de fungos, bactérias, vírus nas superfícies terrestres, tendo grande influência das variáveis meteorológicas que afetam a liberação desse

material e dispersão no ar (JONES; HARRISON, 2004).

As regiões geográficas influenciam na diversidade de fungos por diversos fatores peculiares de cada região, refletindo nas várias vias de dispersão (ar atmosférico, água, homem, insetos), além de concentrações variáveis em função da região, época sazonal, período do dia e outros fatores. Essas variações limitam as tentativas de estabelecer um índice de âmbito geral, baseado em concentração de fungos como controle da QAI (DEGOBBI; GAMBALE, 2008).

Assim, quanto mais estudos epidemiológicos forem realizados, contribuirão para a comunidade acadêmica, no entanto, não é uma tarefa fácil analisar o ambiente para possíveis soluções buscando à QAI. Mas, dependendo do gênero de microrganismo identificado, pode-se relacionar a reação inflamatória que poderá surgir no indivíduo. Sendo assim, medidas mitigadoras poderão ser tomadas com o objetivo de minimizar impactos ambientais adversos à saúde. Destaca-se também, a necessidade de que o tema seja revisado e discutido pelos setores pertinentes à legislação brasileira, com o intuito de reduzir o número de UFC/m³ recomendado pela RE nº 09 de 2003 (BRASIL, 2003), bem como, o prazo de incubação das placas.

5.5 AR CONDICIONADO X CLIMATIZADOR

Ao analisar dois tipos de equipamentos no presente estudo, notam-se os prós e contras de cada sistema (Quadro 17). Os dois tipos de climatização, não agradam a todos, cabendo a cada proprietário e ou gestor, saber escolher o melhor sistema para cada tipo de construção e usuário.

Quadro 17: Quadro comparativo entre sistema de ar condicionado e climatizador evaporativo

Ar Condicionado	Climatizador Evaporativo
Ar ressecado	Ar mais úmido
Não renova o ar	Renova o ar
Alto consumo de energia elétrica	Consumo reduzido de energia
Fornecer ambiente confortável - Temperatura	Fornecer temperatura e umidade mais alta
Limpeza mensal do filtro de ar	Limpeza mensal do reservatório de água
Limpeza interna - semestral ou anual	Limpeza das colméias - trimestral

Fonte: Autora, 2019

Um fator a ser destacado na academia com climatizador evaporativo, é a constante renovação do ar.

Outro fator a ser destacado são os serviços de limpeza terceirizados pelas academias. As academias de ar condicionado executam a limpeza mensal dos filtros, e a cada seis meses executam uma limpeza mais profunda dos aparelhos, no entanto, os dados obtidos nas academias de ar condicionado sugerem a necessidade de um acompanhamento mais rígido. Os serviços de limpeza dos climatizadores das academias, também são terceirizados e realizados a cada seis meses, mostrando com os dados obtidos, eficiência no sistema.

6 CONCLUSÃO

Este estudo aborda a QAI, permitindo obter informações em quatro academias de ginásticas que utilizam sistemas de climatização diferentes, sendo duas com utilização de climatizadores evaporativos e duas com utilização de sistema de ar condicionado tipo *split*, com a intenção de estudar a exposição a poluentes do ar interior durante a prática do exercício físico, sendo imprescindível a relação com a saúde humana, revelando um importante estudo no país que ainda apresenta pouca base de dados comparativos, representando assim, uma expressiva contribuição para academias de ginásticas no Brasil. Indica os poluentes que excederam o valor limite recomendado pela legislação brasileira e internacional em situações pontuais (CO₂, COVT e CH₂O). Esses poluentes são excelentes indicadores da QAI, podendo gerar desconforto térmico ou sensação de ar poluído.

Para os parâmetros físicos, as academias que utilizam sistemas de ar condicionado apresentaram valores pontuais de desconformidade em relação à temperatura e umidade, em contrapartida, as academias com climatizadores evaporativos, apresentaram valores acima do permitido de umidade relativa e velocidade do ar nas duas estações do ano.

Quanto ao CO₂, nas academias com ar condicionado, o valor limite de 1000 ppm proposto pela legislação brasileira excedeu em todos os dias de coleta nas duas salas pesquisadas, devido à falta de renovação do ar. As academias com climatizadores, em nenhum momento apresentaram valores excedidos.

Para os COVT, na academia com ar condicionado, os valores médios de $1,008 \pm 0,302$ a $1,822 \pm 0,511$ mg/m³ excederam com frequência o valor limite de 0,6 mg/m³ proposto pela legislação portuguesa e valores médios de CH₂O ($0,227 \pm 0,063$ a $0,386 \pm 0,094$ mg/m³) também excederam o valor proposto pela OMS no ambiente pesquisado. Os resultados indicam a necessidade de investigar as espécies de COVT que estão originando os valores excedidos de forma a identificar suas fontes e propor medidas mitigadoras. Na academia com uso de climatizador evaporativo, os resultados não excedem limites permitidos de COVT, e não foram registrados valores excedidos de concentração máxima admissível de CH₂O.

Para os microrganismos, as coletas realizadas revelaram que não há desconformidade quanto à contaminação biológica dos ambientes pesquisados das quatro academias nas duas estações do ano. Apesar de estar atendendo à legislação, o presente estudo identificou a presença de alguns gêneros de fungos presentes no ar, mostrando a incidência de alguns nas duas estações do ano, como *Aspergillus sp*, *Penicillium sp* e *Rhizopus sp*. Ao todo, foram identificados 15 gêneros de fungos anemófilos.

Quanto ao material particulado, o presente estudo não detectou problemas em nenhuma academia e identificou-se que o método gravimétrico não é adequado para ambientes não industriais.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, as academias com ar condicionado apresentam deficiência no sistema de ventilação, revelando alterações significativas quanto aos parâmetros químicos. Ao contrário, as academias que utilizam climatizadores evaporativos, devido a 100% de renovação do ar, não apresentaram em nenhuma coleta valores excedidos dos parâmetros químicos, mostrando eficiência na eliminação de poluentes interiores. Um ponto observado é que, apesar das vantagens quanto a poluentes interiores, o uso de climatizadores evaporativos ainda é pouco utilizado em academias de ginásticas, devendo este estudo, propiciar a reflexão e análise de tipos de climatização mais eficiente quanto à QAI.

Portanto, para ter QAI, em academias com ar condicionado, é necessário implementar a troca de ar do ambiente através de uma vazão mínima de ar exterior para ventilação, com média de $40,8 \pm 1$ e $34,5 \pm 1,7$ m³/hora/pessoa na sala de *spinning* e sala de musculação, respectivamente. Já as academias com climatizadores necessitam controlar valores de umidade relativa e velocidade do ar.

Desta forma, o presente estudo aponta algumas diretrizes para melhoria da QAI em academias de ginásticas:

- a) Adequar filtro estipulado para ar condicionado (unidades *split*) de acordo com a NBR 16401-3, 2008.
- b) Nas academias com ar condicionado, ao término da aula de *spinning*, ter como procedimento, desligar os aparelhos de ar condicionado e abrir portas e janelas, com o propósito de reduzir a concentração de CO₂.
- c) Verificar a ficha técnica dos produtos de limpeza utilizados, para que possa garantir a baixa ou ausência de concentração de COV no ambiente analisado.
- d) Selecionar equipamentos e/ou mobiliários que não apresentem alta taxa de volatilização e toxicidade.
- e) Informar aos funcionários e professores os padrões referenciais da QAI em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, de acordo com a legislação brasileira, para que possam administrar a faixa de operação adequada para o local, a fim de evitar desconformidades e desconforto térmico aos ocupantes.

f) Explicar aos gestores, professores e funcionários sobre as principais fontes geradoras dessas contaminações e, dessa forma contar com ações dos mesmos para evitar exposição a ambientes insalubres.

Entende-se pelos resultados obtidos que o tipo de ventilação, produtos de limpeza, materiais esportivos, equipamentos de musculação, e a ocupação humana, influenciam e condicionam seguramente a concentração de poluentes interiores.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE - APA. **Qualidade do Ar em Espaços Interiores: Um Guia Técnico**. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente, 2009.

ALVES, C. A; ACIOLE, S. D. G. Formaldeído em escolas: uma revisão. **Quím. Nova**. São Paulo, v. 35, n. 10, p. 2025-2039, 2012.

ALVES, C. A; CALVO, A. I; CASTRO, A; FRAILE, R; EVTYUGINA, M; BATE-EPEY, E. F. Air Quality in Sports Venues with Distinct Characteristics. World Academy of Science. **International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering**. Turquia, v.7, n.6, p.298-302, 2013.

ANDRADE, A; DOMINSKI, F. H; COIMBRA, D. R. Scientific production on indoor air quality of environments used for physical exercise and sports practice: Bibliometric analysis. **Journal of Environmental Management**. Inglaterra, v.196, n.1, p.188-200, July, 2017.

ANDRADE, A; DOMINSKI, F. H. Indoor air quality of environments used for physical exercise and sports practice: Systematic review. **Journal of Environmental Management**. Inglaterra, v.206, n.15, p.577-586, 2018.

ANDRADE, A; DOMINSKI, F. H; PEREIRA, M. L; LIZ, C. M; BUONANNO, G. Fitness centers demonstrate CO₂ concentration levels above recommended Standards. **Acta Scientiarum. Health Sciences**. Maringá, v. 40, p. 1-7, 2018.

ARAÚJO, E. P. **Apostila de ar condicionado e exaustão**. Curso de Arquitetura e Urbanismo. Centro Universitário de Brasília. Brasília, DF, 2011.

ARBEX, M. A.; SANTOS, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. A poluição do ar e o sistema respiratório. **J Bras Pneumol**. Brasília, v.38, n.5, p.643-655, 2012.

ASHRAE Standard 62.1. **Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta, 2007. Disponível em: <https://aws.state.ak.us/OnlinePublicNotices/Notices/Attachment.aspx?id=113385>. Acesso em: 17 mai. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ACADEMIA - ACAD. Mercado mundial de fitness em números. **ACAD – Brasil**. Rio de Janeiro, 3.ed., n.78, ago/dez, 2017. Disponível em: <http://www.acadbrasil.com.br/revista/revista78/index.html>. Acesso em: 22 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ACADEMIA - ACAD. ACAD reúne lideranças do fitness em debate sobre o futuro do setor. **ACAD – Brasil**. Rio de Janeiro, 4. ed, n. 83, p.1-50, nov. 2018. Disponível em: <https://www.acadbrasil.com.br/wp-content/uploads/2019/04/edicao-83.pdf>. Acesso em 08 set. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12085. Agentes químicos no ar – Coleta de aerodispersóides por filtração**. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 14.679: Sistemas de condicionamento de ar e ventilação – Execução de serviços de higienização**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 16.401-1: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projetos das instalações**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 16.401-2: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parte 2: Parâmetros de conforto térmico**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 16.401-3: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários. Parte 3: Qualidade do ar interior**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 6401: Instalações centrais de ar-condicionado para conforto. Parâmetros básicos de projeto**. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO - ABRAVA. **Cuidando da qualidade do ar em edificações**. 2019 . Disponível em: <https://abrava.com.br/departamentos-nacionais/dn-qualindoor-qualidade-do-ar-interno/15125-2/>. Acesso em: 26 mai. 2019.

BARREIRA, C. C. S; CARVALHO, A. P. O. A realidade portuguesa do conforto em instalações de fitness. O que mudar? **Motricidade**. Portugal, v.3, n.2, p.69-80, 2007.

BRANIS, M; SAFRÁNEK, J. Characterization of coarse particulate matter in school gyms. **Environmental Research**. Amsterdam, v.111, n.4, p.485- 491, 2011.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Microbiologia clínica para o controle de infecção relacionada à assistência à saúde : Detecção e Identificação de Fungos de Importância Médica. Módulo 8**, 2013. Disponível em: <https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/publicacoes/item/deteccao-e-identificacao-de-fungos-de-importancia-medica>. Acesso em: 29 mai. 2019.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Detecção e Identificação dos Fungos de Importância Médica. Módulo VII**, 2004. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/microbiologia/mod_7_2004.pdf. Acesso em: 29 mai. 2019.

_____. **Nota Técnica nº 6/2018/SEI/CSIPS/GGTES/DSNVS/ANVISA**. Disponível em: <https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/noticias/140-ggtes-lanca-nota-orientativa-para-visas-sobre-estabelecimentos-de-prestadores-de-atividade-fisica-e-afins>. Acesso em 06 set. 2019.

BRASIL. Resolução RE nº 9, de 16 jan. 2003. Brasília: **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**. Brasília, DF, 20 jan. 2003.

_____. Resolução n. 176 de 24 de outubro de 2000. Brasília: **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**. Brasília, DF, 24 out 2000.

_____. Casa Civil. Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977. Lex: Configura infrações à legislação sanitária federal, estabelece as sanções respectivas, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 20 ago. 1977. Seção I, p. 11145 (Publicação Original).

_____. Conselho Federal de Educação Física - Resolução CONFEF nº 052 de 10 de dezembro de 2002. Brasília: **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**. Brasília, DF, 27 dez. 2002.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente [CONAMA], Resolução nº 5, de 25 de agosto de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 25 ago. 1989. Seção I, p. 14713-14714.

_____. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 21 nov. 2018. Seção I, p. 155-156.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Mortes devido à poluição aumentam 14% em dez anos no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/45500-mortes-devido-a-poluicao-aumentam-14-em-dez-anos-no-brasil>. Acesso em: 11 set. 2019.

_____. Portaria n.3523, de 28 de agosto de 1998. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**. Brasília, DF, 31 ago. 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Lex: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 31 ago. 1981. p. 16509.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora, NR 17: Ergonomia**. Disponível em https://www.pncq.org.br/uploads/2016/NR_MTE/NR%2017%20-%20ERGONOMIA.pdf. Acesso em 22 de maio de 2019.

_____. Secretaria de Trabalho. Ministério da Economia. **Norma Regulamentadora, NR 15: Atividades e operações insalubres**, 2017. Disponível em <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>. Acesso em: 26 mai 2019.

BRICKUS, L. S. R; AQUINO NETO, F. R. A qualidade do ar de interiores e a Química. **Química Nova**. São Paulo, v. 22, n.1, p. 65 - 74, 1999.

BUONANNO, G; FUOCO, F. C; MARINI, S; STABILE, L. Particle Resuspension in School Gyms during Physical Activities G. **Aerosol and Air Quality Research**. Taoyuan, Taiwan, v.12, n.5, p. 803-813, 2012.

BUONANNO, G; FUOCO, F. C; MORAWSKA, L; STABILE, L. Airborne particle concentrations at schools measured at different spatial scales. **Atmos. Environ.** Amsterdam, v.67, p.38-45, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231012010308>. Acesso em: 19 mar 2018.

CARLISLE, A. J.; SHARP, N. C. C. Exercise and outdoor ambient air pollution. **Br J Sports Med**. University of British Columbia (UBC), Canadá, v.35, n. 4, p.214–222, 2001.

CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS - CGE. Prefeitura de São Paulo. 2019. Disponível em: <https://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>. Acesso em: 19 mai. 2019.

CLARK, M. N; AMMANN, H. M; BRUNEKREEF, B; EGGLESTON, B; FISK, W. J; FULLILOVE, R. E; GUERNSEY, J; NEVALAINEN, A; VON ESSEN, S. G. **Damp Indoor Spaces and Health**. Institute of Medicine of the National Academies. Washington, 2004.

CLIMABRISA. **Diferença entre ar condicionado e climatizador evaporativo**. 2019. Disponível em: <https://blog.climabrisa.com.br/diferenca-ar-condicionado-e-climatizador/>. Acesso em: 22 mai., 2019.

DEGOBBI, C. M; GAMBALE, W. Síndrome dos Edifícios doentes: Aspectos microbiológicos, qualidade de ar em ambientes interiores e legislação brasileira. **Microbiologia in Foco**. São Paulo, informativo sbm, ano 2, n. 4, p.19-32, abr-jun, 2008.

ECOBRIISA. **Como funciona o Ecobrisa. 2019**. Disponível em: <https://www.ecobrisa.com.br/blog/como-funciona-o-ecobrisa>. Acesso em: 22 mai. 2019.

Environmental Protection Agency. - EPA. Introduction to Indoor Air Quality. 2019 a. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>. Acesso em: 14 mai. 2019.

_____. Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality. 2019 b. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>. Acesso em: 15 mai. 2019.

Environmental Protection Agency. - EPA. Facts About Formaldehyde. 2019 c. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq>. Acesso em: 14 mai. 2019.

_____. Overview of Greenhouse Gases- Carbon Dioxide Emissions. 2019 d. Disponível em: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>. Acesso em: 17 mai. 2019.

_____. Particulate Matter (PM) Pollution. 2019 e. Disponível em: <https://www.epa.gov/pm-pollution>. Acesso em: 17 mai. 2019.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CES. EN 15251. **Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics**. European standard. Brussels, BE: CES, 2007 a.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - CES. EN 13779. **Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and roomconditioning systems**. European standard. Brussels, BE: CES, 2007 b.

FERREIRA, P. A. S. V. M. **Sistemas de ventilação híbridos em edifícios: Análise Energética Resultante da Implementação de Sistemas de Ventilação Inovativos**. 2006. 291 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto, 2006.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIODA, A; AQUINO NETO, F. R. de. Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não industriais no Brasil: uma abordagem comparativa. **Cad. Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v.19, n.5, p.1389-1397, set-out, 2003.

HOSKINS, J. Health Effects due to Indoor Air Pollution. **Indoor and Built Environment**. Califórnia, v.12, n. 6, p.427-433, 2003. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1420326X03037109>. Acesso em: 14 mai 2019.

HUANG, C; SHAN, W; XIAO, H. Recent Advances in Passive Air Sampling of Volatile Organic Compounds. **Aerosol and Air Quality Research**. Taoyuan, Taiwan, v. 18, n. 3, p. 602–622, 2018. Disponível em: http://www.aaqr.org/files/article/6649/4_AAQR-17-12-OA-0556_602-622.pdf. Acesso em: 17 mai. 2019.

INMETRO. **Qualidade do ar em estabelecimentos de uso público e coletivo**. 2018. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/qualidadedoAr.asp>. Acesso em: 26 mai. 2018.

JONES, A. M; HARRISON, R. M. The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations – a review. **Science of the Total Environment**. Amsterdam, v.326, n.1-3, p.151-180, 2004. Disponível em: https://www.academia.edu/686450/The_effects_of_meteorological_factors_on_atmospheric_bioaerosol_concentrations--a_review. Acesso em: 31 mai. 2019.

LOPES, A. O. R.; GABARRA, G. R. C.; LIMA, B. W. F. Ar condicionado versus climatizadores por evaporação. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**. Campinas, v.2, n.2, p. 1-15, ago., 2006.

MARQUES, L. R. D. **Qualidade do ar interior em instalações desportivas**. 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado). Engenharia do Ambiente. Universidade de Aveiro, Portugal, 2013.

MCARDLE, W. D; KATCH, F. I; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício: Nutrição, Energia e Desempenho Humano**. 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

MEZZARI, A; PERIN, C; JÚNIOR, S. A. S.; BERN, L. A. G.; GESU, G. D. Os Fungos e sensibilização em indivíduos atópicos em Porto Alegre, RS. **Revista Brasileira de Associação Médica**. São Paulo, v. 49, n 3, p. 270-273, 2003.

MONTEIRO, M. D. **Avaliação das concentrações de BTEX em Ambiente Indoor: Estudo de Caso da Sala de Spinning de uma Academia de Ginástica – Rio de Janeiro/RJ**. 2011. 128 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental e do Trabalho) - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MORAES, A. M. L.; PAES, R. A.; HOLANDA, V. L. Micologia. In: MOLINARI, E. M.; CAPUTO, L. F.G.; AMENDOEIRA, M. R. R. (orgs). **Conceitos e métodos para formação de profissionais em laboratórios de saúde**. v.1. Rio de Janeiro: EPSJV; IOC, 2009.

MORAES, A. P de. **Qualidade do ar interno com ênfase na concentração de aerodispersóides nos edifícios**. 2006. 159 f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 2006.

MUDARRI, D. **Public Health Consequences and Cost of Climate Change Impacts on Indoor Environments**. The Indoor Environments Division Office of Radiation and Indoor Air U.S. Environmental Protection Agency. 2010. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/mudarri.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL: MÉTODO DE ENSAIO - NHO 03. **Análise gravimétrica de aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membrana**. Ministério do Trabalho e Emprego. FUNDACENTRO, 2001.

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES - OHSAS 18001. Saúde e Segurança Ocupacional. 2018. Disponível em: <https://certificacaoiso.com.br/ohsas-18001/>. Acesso em: 14 mai. 2018.

OLIVEIRA, J. C. de. **Tópicos em Micologia Médica**. 4.ed. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://controllab.com/pdf/topicos_micologia_4ed.pdf. Acesso em: 31 mai. 2019.

PEIXOTO, C. F. M. **Avaliação da Qualidade do Ar Interior de Ginásios**. 2014. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, Portugal, 2014.

PEREIRA, T. M.; JAYASINGHE, C.; PERERA, S. A. S.; RAJAPAKSA, S. W. **Indoor Air quality and human activities in buildings**. Civil Engineering Research Exchange. Symposium Faculty of Engineering. University of Ruhuna. 2012. Disponível em: www.researchgate.net/publication/290168459_Indoor_Air_quality_and_human_activities_in_buildings. Acesso em: 23 jan. 2019.

PIRANI, M. J. **Apostila de refrigeração e ar condicionado**. Departamento de Engenharia Mecânica. 2016. Universidade Federal da Bahia. Disponível em: http://daem.ufba.br/paginas/refrigeracao_ar_condicionado.htm. Acesso em: 24 abr. 2018.

PORTUGAL. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social. **Portaria nº 353-A/2013** de 4 de Dezembro de 2013.

POWERS, S. K; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício**: Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 5.ed. Barueri: Manole, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO. **Clima**. 2019. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/crp/dados/local/i01clima.php>. Acesso em: 30 mai. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Centro de Gerenciamento de Emergências - CGE. **Umidade Relativa do Ar**. 2019. Disponível em: <https://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>. Acesso em: 19 mai. 2019.

RAMOS, C. A. A. M. C. **Qualidade do ar interior em ginásios Exposição a poluentes do ar interior durante a atividade física**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada da Qualidade, Ambiente e Segurança) - Instituto Superior de Educação e Ciências. Unidade Científico - Pedagógica de Ciências e Tecnologia. Lisboa, Portugal, 2013.

RAMOS, C. A; WOLTERBEEK, H. T.; ALMEIDA, S. M. Exposure to indoor air pollutants during physical activity in fitness centers. **Build. Environ.** Amsterdam, v.82, p.349-360, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.08.026>. Acesso em 04 de junho de 2019.

RAMOS, C. R; VIEGAS, C; CABO VERDE, S; WOLTERBEEK, H. T; ALMEIDA, S. M. Characterizing the fungal and bacterial microflora and concentrations in fitness centres. **Indoor and Built Environment**. Califórnia, v.25, n.6, p.872-882, 2016.

SALTHAMMER, T; MENTESE, S; MARUTZKY, R. Formaldehyde in the indoor environment. **Chem. Rev.** EUA, v. 110, n. 4, p. 2536-2572, 2010.

SANTOS, U. P; RUMEL, D; MARTARELLO, N. A; FERREIRA, C. S. W; MATOS, M. P. Síndrome dos edifícios doentes. **Rev. Saúde pública**. São Paulo, v.26, n.6, p. 400-404, 1992.

SCHIRMER, W. N, et al. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência & Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, v. 16, n. 8, p. 3583-3590, 2011.

SCHIRMER, W. N; SZYMANSKI, M. S. E; GAUER, M. A. Qualidade do ar interno em ambientes climatizados - Verificação dos parâmetros físicos e concentração de dióxido de carbono em agência bancária. **Tecno-Lógica**. Santa Cruz do Sul, v.13, n.1, p. 41-45, 2009.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. **Ideias de Negócios: Como montar uma academia de ginástica**. 2019. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-academia-de-ginastica,80387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em 06 set. 2019.

SIDRIN, J. J. C.; BRILHANTE, R. S. N.; ROCHA, M. F. G. Aspectos gerais de fungos filamentosos e dimórficos na apresentação filamentosa. In: SIDRIN, J. J. C.; ROCHA, M. F. G. **Micologia médica à luz de autores contemporâneos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

SIDRIN, J. J. C.; PAIXÃO, R. S. N.; BRILHANTE, R. S. N.; ROCHA, M. F. G. Principais fungos contaminantes em rotina de micologia médica. In: SIDRIN, J. J. C.; ROCHA, M. F. G. **Micologia médica à luz de autores contemporâneos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

SIDRIN, J. J. C.; CORDEIRO, R. A.; ROCHA, M. F. G. Aspergilose e Fusariose. In: SIDRIN, J. J. C.; ROCHA, M. F. G. **Micologia médica à luz de autores contemporâneos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

SIDRIN, J. J. C.; ROCHA, M. F. G.; CORDEIRO, R. A. Biologia dos Fungos. In: SIDRIN, J. J. C.; ROCHA, M. F. G. **Micologia médica à luz de autores contemporâneos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

SLEZAKOVA, K.; PEIXOTO, C.; OLIVEIRA, M.; DELERUE-MATOS, C.; PEREIRA, M. C.; MORAIS, S. Indoor particulate pollution in fitness centres with emphasis on ultrafine particles. **Environmental Pollution**. Amsterdam, v.233, p.180-193, 2018.

STRAUZ, M. C. **Análise de um acidente fúngico na Biblioteca Central de Manginhos: um caso de síndrome do edifício doente**. 2001. 79 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001.

TEIXEIRA, D. B.; BRIONIZIO, J. D.; PEREIRA, L. J. R.; MAINIER, F. B. Síndrome dos edifícios doentes em recintos com ventilação e climatização artificiais: revisão de literatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 8, 2005, Rio de Janeiro. **Anais do 8º Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: CREA – RJ, 2005. 11 f. Disponível em: <http://repositorios.inmetro.gov.br/handle/10926/347>. Acesso 03 set. 2019.

VERCRUYSSSEN, M; KAMON, E; HANCOCK, P. A. Effects of carbon dioxide inhalation on psychomotor and mental performance during exercise and recovery. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**. Varsóvia, v.13, n.1, p.15-27, 2007.
Disponível em:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.616.5428&rep=rep1&type=pdf>.
Acesso em: 03 set. 2019.

VIEGAS, C; ALVES, C; CAROLINO, E; ROSADO, L; SANTOS, C. S. Prevalence of fungi in indoor air with reference to gymnasiums with swimming pools. **Indoor Built Environ**. Califórnia, v.19, n.5, p. 555–561, 2010.

WARD, T. J; PALMER, C. P; HOOPER, K; BERGAUFF, M; NOONAN, E. C. W. The impact of a community–wide woodstove changeout intervention on air quality within two schools. **Atmospheric Pollution Research**. Amsterdam, v.4, n.2, p 238-244, 2013.

WEB AR CONDICIONADO. **O papel dos filtros no ar condicionado**. 2019. Disponível em: <https://www.webarcondicionado.com.br/o-papel-dos-filtros-no-ar-condicionado>. Acesso em: 22 mai. 2019.

WEST, J.B. **Fisiologia Respiratória: Princípios básicos**. 9.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Air quality and health**. 2018. Disponível em [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Acesso em: 17 mai. 2019.

_____. **Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide . Summary of risk assessment**. Global update, Genebra, Suíça, 2005. Disponível em:
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?sequence=1. Acesso em: 26 mai. 2019.

_____. **Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2009. Disponível em:
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/164348/E92645.pdf;jsessionid=CEC562102C3A1B8D0098081C676DB112?sequence=1>. Acesso em: 20 mai. 2018.

_____. **Indoor Air Quality: Organic Pollutants**. EURO Reports and Studies n. 111. Copenhagen; 1989.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Particulate matter. Air Quality Guidelines** - Chapter 7.3 .Second Edition. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000. Disponível em: http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0019/123085/AQG2ndEd_7_3Particulate-matter.pdf?ua=1. Acesso em: 26 mai. 2019.

_____. **Selected Pollutant. Guidelines for Indoor Air Quality**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2010.

_____. **The Right to Health Indoor Air**. 2000. Bilthoven: WHO. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000128&pid=S0102-311X200300050001700048&lng=en. Acesso em: 10 mai. 2018.

Xie, H; Gan, X; Ma, F. **Characteristics of bacterial and fungal aerosol in gymnasia in China**. International Conference on Energy and Environment Technology. China, v.3, p.19 - 23, out., 2009.

Zhang, Y; Mo, J ; Xu, Q; Xiong, J; Zhang, Ge. Indoor VOCs: Source characteristics and air cleaning. **Indoor Air Journal**. Copenhagen, Denmark, p.17-22, august, 2008. Disponível em: <https://www.isiaq.org/docs/Keynote%20papers/Fr9K2.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2019.

APÊNDICE A - Planilha para cálculo das UFC/ m³

Local	Vazão (L/min)	Tempo (min)	Volume (m ³)	Colônias			Colônias
				P1	P2	P3	P médio
Musc.	30	10	0,300				
Spin.	30	10	0,300				
Externo	30	10	0,300				

Fonte: Autora, 2019

Nota: UFC/m³: Unidade Formadora de Colônias por metro cúbico; Musc.: Musculação; Spin.: Spinning; P1: Placa 1; P2: Placa 2; P3: Placa 3; P médio: Média das placas.

APÊNDICE B - Planilha de dados

Local	Nº pessoas	Nº	Bio/Hor	Nº	Bio ext/hor	Nº	Hora	CO2≤1000	Temperatura	Umidade	Vel.Ar	Obs.
			1º:			1						
			2º:			2						
			3º:			3						
						4						
						5						
						6						
Local	Nº pessoas	Nº	Bio/Hor	Nº	Bio ext/hor	Nº	Hora	CO2≤1000	Temperatura	Umidade	Vel.Ar	Obs.
			1º:			1						
			2º:			2						
			3º:			3						
						4						
						5						
						6						

Fonte: Autora, 2019

Anexo A - Ficha Técnica - Anemômetro portátil, marca Testo, modelo 405 - V1

Range de medição Velocidade do ar	0.0... +10 m/s
Precisão	$\pm(0.1 \text{ m/s} + 5\% \text{ do v.m.})$ (0 ... +2 m/s) $\pm(0.3 \text{ m/s} + 5\% \text{ do v.m.})$ (Gama de medição restante)
Resolução	0.01 m/s
Range de medição – Temperatura (NTC)	-20 +50 °C
Precisão	$\pm 0.5 \text{ °C}$
Resolução	0.1 °C
Range de medição – Vazão do AR	0 ... +99990 m ³ /h
Temperatura de operação	0 ... +50°C

Fonte: <https://www.highmed.com.br/testo-405-v1-anemometro/p>. Acesso em: 05 de jun. 2019.

Adaptado pela autora, 2019

ANEXO B – Ficha Técnica – Termo-higrômetro portátil, marca Testo, modelo 605 - H1

Sensor NTC	
Faixa de medição	0 a +50 °C / -20 a +50 °Ctd
Exatidão	±0,5 °C
Resolução	0,1 °C
Sensor capacitivo de umidade	
Faixa de medição	5 a 95 %rF
Exatidão	±3 %rF
Resolução	0,1 %rF
Temperatura de operação	0 a +50 °C
Temperatura de armazenagem	-20 a +70 °C

Fonte: <https://www.highmed.com.br/texto-605-h1-termo-higrometro-digital-portatil/p>. Acesso em 12 set. 2019. Adaptado pela autora, 2019

ANEXO C – Ficha Técnica - Analisador de CO₂ ambiente, Marca Testo, modelo 535

Faixa de medição	0 a 9999 ppm t3; 0 a 0,999 vol.%
Exatidão	0 a 5000 ppm: $\pm(75 \text{ ppm} + 3 \% \text{ do vm})$; 5000 a 9999 ppm: $\pm(150 \text{ ppm} + 5 \% \text{ do vm})$
Resolução	1 ppm ; 0,001 vol.%
Temperatura de operação	0 a +50 °C
Temperatura de armazenagem	-20 a +70 °C

Fonte: <https://www.highmed.com.br/testo-535-analisador-de-co2-ambiente/p>. Acesso em 12 set. 2019. Adaptado pela autora, 2019

ANEXO D – Ficha técnica – Detector da QAI, marca IGERES, modelo WP6930S

Ambiente de Trabalho	5~45°C, <90% RH
Temperatura de armazenamento	0~50°C, <90% RH
Faixa de teste: CH ₂ O	0-1.999 mg/ m ³
Faixa de teste: COVT	0-9.999 mg/ m ³
Faixa de teste: PM 1,0/ PM 2,5/ PM 10	0~999µg/ m ³

Fonte: https://www.amazon.com/IGERESS-Detector-Formaldehyde-Pollution-Recording/dp/B07B7KLMVW/ref=pd_lpo_sbs_469_img_1?encoding=UTF8&psc=1&refRID=TWPKPFQ9FXA7318VHQR3. Acesso em 12 set. 2019. Adaptado pela autora, 2019

ANEXO E – Ficha Técnica - BDX II - Bomba de amostragem de poeira

Faixa de vazão	500~3000 cc/min
Controle do fluxo	±5% do ponto definido por um período de 8 horas, com não mais de 2 reajustes durante a operação com 2 LPM
Indicador de fluxo	Rotâmetro incorporado com escala de 500 a 4000cc/min, com 500 cc/div em ±20% da precisão da escala completa
Tempo de execução	14-16 horas
Duração da bateria (carga completa)	10 horas a 2 LPM com pressão de entrada de até 20 pol. de água a 21°C
Temperatura e umidade de operação	-20 a 45°C / 5-85% UR
Tensão	127V, bateria recarregável de NiCd 4,8V

Fonte: <https://www.highmed.com.br/bdx-ii-bomba-de-amostragem-de-poeira/p>. Acesso em 18 set. 2019. Adaptado pela autora, 2019

ANEXO F – Ficha Técnica - Impactador bioaerosol de um estágio, modelo CF-6

Características técnicas
Bomba de amostragem
Escala de fluxo: 28,3 L/min
Alimentação: 110V
Compensação da pressão de retorno
Dimensões: 241 x 139 x 114mm
Peso: 3.880g
Bomba de amostragem
Impactador
Tipo Andersen de um estágio, permite realizar amostragem de bioaerosol por meio da coleta, em placas de Petri padrão (100mm), de bactérias e fungos de 0,6 a 22 micrômetros suspensos no ar ambiente.
Dimensões: 105 x 73mm
Peso: 570g

Fonte: <https://www.criffer.com.br/qualidade-do-ar-interior/cf-6-kit-impactador-bioaerosol>. Acesso em 12 set. 2019. Adaptado pela autora, 2019