

Avaliação da Qualidade do Ar Interior de Ginásios

Avaliação da Qualidade do Ar Interior de Ginásios

CÁTIA FILIPA MAGALHÃES PEIXOTO
Outubro de 2014



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

.....

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

RAMO TECNOLOGIAS DE PROTECÇÃO AMBIENTAL



Avaliação da Qualidade do Ar Interior de Ginásios

Cátia Filipa Magalhães Peixoto

Outubro de 2014

Orientação: Dr^a Simone Morais

Co-Orientação: Klara Slezáková

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO



Avaliação da Qualidade do Ar Interior de Ginásios

Cátia Filipa Magalhães Peixoto

Tese para obtenção do Grau
de Mestre em
Engenharia Química – Tecnologias de Proteção Ambiental

Supervisor: Simone Morais
Co-supervisor: Klara Slezáková

Porto, Outubro 2014

A prática de exercício físico é considerado condição essencial para a manutenção de uma boa saúde. A faixa etária de frequentadores de ginásios inclui utentes desde os 8 aos 80 anos, incluindo assim os grupos mais sensíveis à poluição do ar interior. Embora exista legislação específica para ginásios, nomeadamente para as condições de implementação, a mesma é reduzida e não contempla a qualidade do ar interior (QAI).

O objetivo geral deste estudo consistiu na avaliação da QAI de quatro ginásios existentes na área metropolitana do Porto. O período de amostragem realizou-se entre 2 de Maio e 20 de Junho 2014 e, após a caracterização dos ginásios, foram monitorizados os seguintes parâmetros: partículas ultrafinas (< 100 nm), matéria particulada suspensa no ar de frações PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_4 e PM_{10} , dióxido de carbono, monóxido de carbono, ozono, compostos orgânicos voláteis, formaldeído, temperatura ambiente e humidade relativa durante 24 h/dia em salas com diferentes atividades (sala de musculação e *cardiofitness* e sala de aulas de grupo).

Os resultados da avaliação dos parâmetros físicos e químicos foram comparados com os limiares de proteção e margem de tolerância do Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto, a Portaria nº 353-A/2013 de 4 de Dezembro e o Diploma que regula a construção, instalação e funcionamento dos ginásios. 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.

A localização da instalação dos ginásios é também um fator de extrema importância, sendo recomendado que este se situe em local pouco influenciado pelo tráfego automóvel, assim como, afastado de locais de possível interferência devido às atividades presentes, como é o caso da restauração existente em centros comerciais.

Palavras-chave: Qualidade do ar interior, poluentes interiores, ginásios, limiares de protecção.

The practice of physical exercise is considered an essential condition for the maintenance of good health. The age groups of gymnasiums users include people from 8 to 80 years, which include the individuals of greatest sensitivity to indoor air pollution. Although there is specific legislation for gymnasiums, namely for the conditions of implementation, this information is limited and does not contemplate the indoor air quality (IAQ).

The overall objective of this study consisted in the IAQ evaluation of four gymnasiums from the metropolitan area of Porto. The sampling period was held between 2nd May and 20th June 2014 and, after the characterization of gymnasiums, the following parameters were monitored: ultrafine particles (< 100 nm), suspended particulate matter in the air of fractions PM₁, PM_{2.5}, PM₄ and PM₁₀, carbon dioxide, carbon monoxide, ozone, volatile organic compounds, formaldehyde, temperature and relative humidity, during 24 hours/day in rooms with different activities (weight room and cardio-fitness and group classes).

The results of the evaluation of the physical and chemical parameters were compared with the protection thresholds and margin of tolerance of Decreto-Lei n° 118/2013 of 20th August, Portaria n° 353-A/2013 of 4th December and with the Diploma which regulates the construction, installation and operation of gymnasiums. The pollutants with higher levels of exceedance were carbon dioxide, volatile organic compounds and PM_{2.5}. Exceedances were mainly due to overcrowding of the facilities, excessive physical activity and insufficient ventilation.

The location of the installation of the gymnasiums is also of extreme importance, being recommended that it should be situated in sites with limited influence of traffic, as well as, away from possible interfering activities such as catering that exists in shopping centres.

Keywords: Indoor air quality, indoor pollutants, gymnasiums, protection thresholds.

Agradecimentos

Antes de agradecer pessoal e discriminadamente, tenho de agradecer a todas as forças superiores de luz que permitiram que realizasse este trabalho por vezes com alguns altos e baixos, mas sempre com capacidade de ultrapassar tudo.

Começo por agradecer à Doutora Simone Morais, minha orientadora de tese, e à Klara Slezáková pelo apoio e ajuda prestada durante todo o desenvolvimento da mesma. Ao colega de ERASMUS, Thibaux Michoux, que foi essencial durante o trabalho de campo, permitindo que fosse possível organizar turnos de amostragem e não tornar o trabalho tão cansativo.

Agradeço a todos os proprietários dos ginásios, pela autorização da realização deste estudo, assim como a todos os funcionários desde coordenadores, professores/instrutores, responsáveis de manutenção, empregados de limpeza, rececionistas, entre outros, por toda a disponibilidade e simpatia prestada, durante todos os dias de amostragem e todas as perguntas que fui fazendo ao longo do tempo.

Aos colegas do IDIT – Instituto de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica, meu local de trabalho, que embora tenham aparecido quase no fim, foram também importantes na troca de ideias e desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos, que sempre estiveram presentes, que mostraram interesse em saber mais sobre o assunto e que incentivaram para desenvolver um bom trabalho, não preciso dizer nomes, pois sabem bem quem são.

Por fim, mas sem dúvida os mais importantes e essenciais, agradeço aos meus pais, irmão e avós, porque todos foram importantes, mas sem eles ao longo destes anos de curso nada teria sido possível. Obrigada pelo esforço, para que pudesse chegar até aqui, pelo acompanhamento, presença e ajuda.

1.	Introdução.....	1
2.	Revisão Bibliográfica.....	5
2.1.	Poluição e qualidade do ar interior.....	5
2.2.	Principais poluentes do ar.....	7
2.2.1.	Matéria Particulada.....	7
2.2.2.	Dióxido de Carbono.....	9
2.2.3.	Monóxido de carbono.....	9
2.2.4.	Dióxido de azoto.....	10
2.2.5.	Dióxido de enxofre.....	10
2.2.6.	Compostos orgânicos voláteis.....	11
2.2.7.	Formaldeído.....	11
2.2.8.	Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos.....	12
2.2.9.	Ozono.....	13
2.2.10.	Radão.....	13
2.2.11.	Poluentes de fontes biológicas.....	14
2.3.	Normas e Enquadramento Legal da Qualidade do Ar.....	14
2.3.1.	Qualidade do Ar Interior.....	14
2.3.2.	Ginásios.....	16
2.4.	Sistemas de ventilação.....	17
2.5.	Referências.....	19
3.	Materiais e Métodos.....	25
3.1.	Caracterização dos ginásios.....	25
3.1.1.	Principais características de cada ginásio.....	25
3.2.	Amostragem.....	28
3.3.	Estudo da densidade do tráfego nas ruas envolventes.....	29
3.4.	Equipamento.....	29
3.4.1.	Partículas Ultrafinas.....	29
3.4.2.	Matéria Particulada.....	30
3.4.3.	Poluentes gasosos.....	31

3.4.4.	Formaldeído	32
3.4.5.	Período horário de monitorização	33
3.5.	CrITÉrios de conformidade	33
3.6.	Análise Estatística	33
3.7.	Referências	33
4.	Resultados e discussão.....	35
4.1.	Temperatura e Humidade	35
4.2.	Poluentes do ar interior.....	37
4.2.1.	Dióxido de Carbono.....	38
4.2.2.	Monóxido de Carbono e Ozono	39
4.2.3.	Compostos orgânicos voláteis (totais)	41
4.2.4.	Formaldeído	46
4.2.5.	Matéria Particulada e Partículas Ultrafinas	47
4.2.6.	Partículas Ultrafinas	50
4.3.	Referências:	56
5.	Considerações finais e propostas futuras.....	59
6.	ANEXOS	61

Figura 1 – Representação esquemática da distribuição da matéria particulada com diversos diâmetros no ar	8
Figura 2 – P-Track Ultrafine Particle Counter 8525.....	29
Figura 3 – Esquema do processo de contagem de partículas por condensação (TSI Inc. 2012). 30	
Figura 4 - DustTrak DRX Aerosol Monitor 8533 (TSI Incorporated, 2013)	31
Figura 5 – Sonda Multi-paramétrica (EnviroTechnology Services plc, 2013).....	32
Figura 6 – Formaldemeter htV-M	32
Figura 7 – Perfis representativos da variação da concentração de Monóxido de Carbono nos 4 ginásios.....	40
Figura 8 – Perfis representativos da concentração de ozono no GYM 1 e GYM 3.....	41
Figura 9 – Perfis representativos da concentração de COVs _{TOTAIS} nos ginásios em estudo	46
Figura 10 – Perfil representativo da concentração de matéria particulada de diferentes diâmetros – GYM 1.....	49
Figura 11 – Perfil representativo da concentração de matéria particulada de diferentes diâmetros – GYM 4.....	49
Figura 12 - Gráfico estatística diária de partículas ultrafinas para GYM 1	52
Figura 13 - Gráfico estatística diária de partículas ultrafinas para GYM 2.....	52
Figura 14 - Gráfico estatística diária de partículas ultrafinas para GYM 3.....	53
Figura 15 - Gráfico estatística diária de partículas ultrafinas para GYM 4.....	53
Figura 16 – Perfis exemplificativos de concentração de partículas ultrafinas nos diferentes ginásios.....	54
Figura 17 – Perfil de partículas ultrafinas proveniente da utilização de um aspirador – GYM 1 – 8 e 9 de Maio.....	54
Figura 18 - Perfil com pico de partículas ultrafinas proveniente da limpeza com vassoura – GYM 1 – 6 de Maio.....	55
Figura 19 – Perfis de quantidade de partículas ultrafinas, com valores elevados, no GYM 4	56

Tabela 1 – Odores como indicadores de problemas nos edifícios (APA, 2009).....	6
Tabela 2 – Fatores e fontes que afetam a QAI e o conforto (APA, 2009)	7
Tabela 3 – COV's de maior frequência e principais fontes de poluição (APA,2009).....	11
Tabela 4 – Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos indicados na tabela I.08 da Portaria nº 353-A/2013.....	15
Tabela 5 - Parâmetros, métodos de referência e equivalentes, características técnicas para avaliação da qualidade do ar interior do Anexo III da Nota Técnica NT-SCE-02.....	16
Tabela 6 - Distâncias mínimas a respeitar entre admissões/entrada de ar e os diferentes locais com emissão de poluentes.....	19
Tabela 7 – Caracterização dos ginásios Gym 1 e Gym 2	26
Tabela 8 – Caracterização Gym 3 e Gym 4.....	27
Tabela 9 – Período de amostragem por ginásio.....	28
Tabela 10 – Resultados de Temperatura e Humidade.....	36
Tabela 11 – Critérios de Conformidade (Portaria nº 353-A/2013 de 4 de Dezembro).....	37
Tabela 12 – Resumo dos resultados obtidos para o CO ₂	38
Tabela 13 – Número de excedências do limiar de proteção dos COVs _{TOTAIS}	42
Tabela 14 - Resultados COV's _{TOTAIS} para GYM 1.....	43
Tabela 15 - Resultados COV's _{TOTAIS} para GYM 2.....	43
Tabela 16 - Resultados COV's _{TOTAIS} para GYM 3.....	44
Tabela 17 - Resultados COV's _{TOTAIS} para GYM 4.....	44
Tabela 18 – Resultados globais de PM _{2,5} e PM ₁₀ , nos quatros ginásios	47
Tabela 19 – Dias de amostragem e excedências do limiar de proteção para as PM _{2,5} e PM ₁₀ ...	50
Tabela 20 – Resultados de Matéria Particulado para GYM 1.....	91
Tabela 21 – Resultados de Matéria Particulada para GYM 2.....	92
Tabela 22 – Resultados Matéria Particulada para GYM 2 (Continuação).....	93
Tabela 23 - Resultados Matéria Particulada para GYM 3.....	94
Tabela 24 – Resultados Matéria Particulada para GYM 4.....	95
Tabela-25 – Resultados Matéria Particulada para GYM 4 (Continuação).....	96
Tabela 26 – Resultados Partículas Ultrafinas para GYM 1	97
Tabela 27 – Resultados Partículas Ultrafinas para GYM 2	97
Tabela 28 – Resultados Partículas Ultrafinas para GYM 3	98
Tabela 29 – Resultados Partículas Ultrafinas para GYM 4	98

ASHRAE – Sociedade Americana de Refrigeração e Ar Condicionado

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

COV's_{TOTAIS} – Compostos Orgânicos Voláteis Totais

HCHO – Formaldeído

IARC – Agência Internacional da Pesquisa sobre o Cancro

n.d. – Não detetado

O₃ – Ozono

OMS (WHO) – Organização Mundial de Saúde

PM – Matéria Particulada

[Poluente]_{max} – Concentração máxima das concentrações médias correspondente à média temporal dos valores de concentração medidos no ponto de amostragem

QAI – Qualidade do ar interior

UFP – Partículas Ultrafinas

1. Introdução

São muitos os estudos epidemiológicos que têm sido realizados com o intuito de correlacionar as doenças do sistema respiratório, assim como outras patologias, com a poluição atmosférica. Estes estudos também têm sido alargados ao ar interior de edifícios, de forma a identificar os poluentes existentes assim como as suas fontes e possíveis efeitos na saúde.

A realização de estudos de qualidade do ar interior em diferentes edifícios tem mostrado que os ocupantes dos mesmos apresentam por vezes sintomas de cansaço, dores de cabeça, tonturas, vômitos, irritação das mucosas, olhos e gargantas, congestão nasal, entre outros. A organização mundial de saúde (OMS) confirma que a poluição do ar interior pode estar associada a efeitos negativos na saúde (OMS, 2009)

Em média 80-90% do tempo é passado em espaços interiores e as concentrações de alguns dos poluentes em ambientes interiores podem ser duas a cinco vezes superiores às presentes nos ambientes exteriores (Slezakova et al, 2012). As principais fontes de poluição presentes no interior dos edifícios estão relacionadas com as características do edifício, materiais de construção e taxa de ocupação e utilização. Assim, as causas da poluição do ar interior são uma combinação de fatores físicos, químicos e biológicos, estando também relacionadas com a ventilação existente.

Nos estudos iniciais da QAI, monitorizavam-se essencialmente os poluentes presentes no ar exterior, como o dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de azoto, ozono e partículas, no entanto no interior das casas e ambientes fechados existe uma gama de poluentes muito maior, capazes de alcançar níveis bastante significativos. Assim sendo, passou a incluir-se também o estudo dos níveis de matéria particulada (PM), dióxido e monóxido de carbono, COVs incluindo o formaldeído e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, ozono, radão e poluentes de fontes biológicas (Weschler et al., 2009; WHO, 2010).

Em Portugal, os requisitos necessários referentes à avaliação da qualidade do ar interior são mencionados no Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, transpondo ainda a Diretiva nº 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Na Portaria nº 353-A/2013 de 4 de Dezembro são estabelecidos os limiares de proteção e a imposição dos valores mínimos de renovação de ar por cada espaço, em função da sua utilização, área e número de ocupantes. Em 2009 foi publicada a Nota Técnica NT-SCE-02 definida no n.º 3 do artigo 12º do Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril (posteriormente revogado, estando em exercício o decreto referido anteriormente) que estabelece a metodologia de auditorias à QAI.

1.1. Relevância e objetivos de estudo

A prática de exercício físico é considerado condição essencial para a manutenção de uma boa saúde. Atualmente, a procura por uma qualidade de vida melhor, e melhor aspeto estético, tem levado a um número crescente de inscrições em ginásios. Embora a grande maioria dos utilizadores realizem apenas curtos treinos diários ou semanais (1 a 2 horas), outras despendem muito tempo do seu tempo nos ginásios, em particular os profissionais e instrutores. A faixa etária de frequentadores de ginásios inclui pessoas desde os 8 aos 80 anos, incluindo assim os grupos de maior sensibilidade à poluição do ar interior. Por um lado a prática de exercício é saudável, mas será sempre assim? O local onde é realizado poderá influenciar a saúde? Terão os ginásios uma boa qualidade do ar interior maximizando os benefícios obtidos da prática de exercício físico?

De facto nem todos os ginásios apresentam as melhores condições, nomeadamente de construção, ventilação, processos de limpeza e lotação de utentes superior ao limite, podendo assim interferir e contribuir para uma fraca QAI. Embora exista legislação específica para ginásios, nomeadamente para as condições de implementação, a mesma é reduzida e não contempla a QAI. Assim sendo, o objetivo geral deste estudo consistiu na avaliação da QAI de ginásios existentes na área metropolitana do Porto.

Para tal, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Monitorização dos principais poluentes interiores, CO₂, CO, O₃, COVs_{Totais}, HCHO, PM₁, PM_{2.5}, PM₄ e PM₁₀, partículas ultrafinas, temperatura ambiente e humidade relativa, durante 24h/dia em salas com diferentes atividades (sala de musculação e *cardiofitness* e sala de aulas de grupo);
- Determinar os principais fatores que influenciam a variação dos parâmetros monitorizados ao longo do dia;
- Caracterizar a influência das diferentes atividades no perfil de variação dos poluentes selecionados;
- Embora seja inexistente a legislação específica referente às concentrações dos poluentes relevantes para a QAI nos ginásios, comparar os resultados obtidos para cada ginásio com as concentrações limiares presentes na Portaria nº 353-A/2013 de 4 de Dezembro, com exceção da temperatura e humidade relativa que tem valores de referência mencionados no diploma relativo à construção, instalação e funcionamento de ginásios;
- Propor, sempre que possível, medidas corretivas e preventivas de forma a poder minimizar ou eliminar a exposição aos poluentes monitorizados.

De forma a concretizar com sucesso os objetivos propostos, realizou-se primeiramente uma revisão bibliográfica sobre o tema QAI e a sua problemática, de forma a mostrar a importância da mesma na saúde pública, conforto e bem-estar de ocupantes. Nesta pesquisa foram identificados os principais poluentes físicos e químicos que afetam o ar interior de edifícios e os efeitos adversos dos mesmos sobre a saúde humana. Desta maneira, foi possível definir quais os parâmetros ambientais a monitorizar, assim como os que terão uma maior relevância durante a prática de exercício físico.

No sentido de caracterizar a QAI em ginásios e estudar as possíveis associações entre parâmetros físicos e químicos e fatores relacionados com a ocupação, foram escolhidos quatro ginásios, dois de pequena dimensão e dois de grande dimensão com piscina integrada, na área do Grande Porto, onde se realizaram campanhas de amostragem de Maio a Junho de 2014.

1.2. Referências

OMS (2009), WHO Guidelines for Indoor Air Quality- Dampness and Mould. Acedido em 3 de Março, 2013, http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf.

WHO (2010), Guidelines for indoor air quality: selected pollutants, World Health Organization, ISBN 978-92-890-0213-4, Regional Office for Europe, Copenhagen.

K. Slezakova, S. Morais e M. C. Pereira, “Chapter 6: *Indoor Air Pollutants: Relevant Aspects and Health Impacts*” in Environmental Health – Emerging Issues and Practice (Ed. Jaques Oosthuizen), ISBN 978-953-307-854-0, In Tech, Rijeka (Croatia), (2012), pp 125-146.

Weschler, C. J. (2009). Changes in indoor pollutants since the 1950s. Atmospheric Environment. 43: 153-169.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Poluição e qualidade do ar interior

A qualidade do ar interior é um fator com grande influência na saúde humana dado que as pessoas passam cerca de 80 a 90% do seu tempo em ambientes fechados. Embora grande parte da população considere que não está sujeita a poluição do ar em ambientes fechados, esta percepção é errada pois o ar interior pode estar mais poluído do que o ar exterior de algumas cidades. A qualidade do ar interior caracteriza-se pelos parâmetros físicos e químicos das emissões assim como as contaminações biológicas, no entanto para compreender a relação entre saúde e qualidade do ar interior, é necessário realizar estudos mais aprofundados sobre os poluentes interiores que têm efeitos mais significativos (WHO, 2006; Franklin, 2007; Slezakova et al, 2012a)

Uma das principais fontes de poluição do ar interior é o fumo do tabaco encontrando-se atualmente devidamente caracterizada (Perfetti & Rodgman, 2008, 2011). Os processos de combustão usados para o aquecimento, iluminação e cozinha, assim como algumas emissões dos materiais de construção, decoração e as atividades dos ocupantes são outras fontes poluidoras. A poluição de origem biológica é proveniente em grande maioria dos animais domésticos, insetos e plantas. Parte da poluição interior, pode também provir do ar exterior como emissões de veículos ou industriais. Devido ao variável tipo de fontes poluidoras, a extensão da poluição interior varia significativamente conforme o local considerado (Slezakova et al, 2012a).

Nas últimas décadas tem havido grandes alterações nos materiais de construção usados, assim como alterações nas técnicas de operação, o que leva a perfis de emissão de poluentes diferentes. O nível de ventilação dos ambientes interiores tem vindo a diminuir, aumentando assim os níveis de poluentes de fontes biológicas (Slezakova et al, 2012a).

Os efeitos da poluição do ar interior na saúde humana podem variar entre efeitos a curto prazo ou agudos e efeitos a longo prazo ou crónicos. Os efeitos a curto prazo são na maioria tratáveis sendo regularmente confundidos com resfriados, como irritação de olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, tonturas e fadiga. Os efeitos a longo prazo ocorrem após repetidos ou longos períodos de exposição ao poluente, como é o caso da doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC), bronquite crónica, cancro de pulmão e ainda problemas de gravidez e de reprodução.

Existem indicadores gerais que ajudam a chamar a atenção para possíveis fontes de poluentes interiores, nomeadamente:

- Odores;
- Sobrelotação;
- Falta de condições sanitárias;
- Pó ou partículas;
- Problemas de humidade e crescimento visível de fungos;
- Presença de substâncias químicas.

Cada um dos indicadores está associado a um poluente, que origina diversos sintomas no ser humano de acordo com a informação apresentada na Tabela 1 (APA, 2009).

Tabela 1 – Odores como indicadores de problemas nos edifícios (APA, 2009)

Descrição	Problema	Queixas
Gases de escape da exaustão (diesel)	Monóxido de carbono	Dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens
Odores corporais	Sobre lotação, baixa taxa de ventilação (elevados níveis de dióxido de carbono)	Dores de cabeça, cansaço, abafamento
Cheiro a mofo (bafio)	Material microbiano	Sintomas de alergia
Cheiro a químicos	Formaldeído, pesticidas, outros químicos	Irritação dos olhos, nariz e garganta
Cheiro a solventes, perfumes, outros	COVs	Odores, sintomas de alergia, vertigens, dores de cabeça
Cheiro a cimento molhado, pó, calcário	Partículas, sistema de humedificação	Olhos secos, problemas respiratórios, irritação do nariz e garganta, irritação na pele, tosse, espirros
Odor de gás de esgoto (efluente)	Sifão de água seco nos drenos do chão de casas de banho e porões	Cheiro a efluente doméstico

Como já descrito, o ar interior de um edifício resulta da relação entre a localização, clima, sistema de ventilação do edifício, fontes de contaminação, actividades

desenvolvidas, poluentes do ar exterior e da capacidade de lotação do edifício. Na tabela 2 é apresentado um resumo dos fatores e fontes que afetam a QAI de acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (2009) sendo descritos com maior pormenor na secção 2.2.

Tabela 2 – Fatores e fontes que afetam a QAI e o conforto (APA, 2009)

Factor	Fonte
Temperatura e valores extremos de humidade	Colocação imprópria dos dispositivos de medição (termostatos), deficiente controlo de humidade, incapacidade do edifício de compensar extremos climáticos, número de equipamentos instalados e a densidade de ocupação.
Dióxido de carbono	Número de pessoas, queima de combustíveis fósseis, (gás, aquecedores, etc.).
Monóxido de carbono	Emissões de veículos (garagens, entradas de ar), combustão, fumo do tabaco.
Formaldeído	Madeira prensada, contraplacado não selado, isolamento de espuma de ureia – formaldeído, tecidos, cola, carpetes, mobiliário, papel químico.
Partículas	Fumo, entradas de ar, papel, isolamento de tubagens, resíduos de água, carpetes, filtros de HVAC, limpezas.
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Fotocopiadoras e impressoras, computadores, carpetes, mobiliário, produtos de limpeza, fumo tintas, adesivos, calafetagem, perfumes, laca, solventes.
Ventilação inadequada (ar exterior insuficiente, deficiente circulação)	Medidas de poupança de energia e manutenção, má concepção do projecto do sistema de HVAC, operação deficiente de funcionamento, alteração do sistema de funcionamento do HVAC pelos ocupantes, concepção desajustada dos espaços em avaliação.
Matéria microbiana	Água estagnada em sistemas de HVAC, materiais molhados e húmidos, desumidificadores, condensadores das torres de arrefecimento (<i>chillers</i>), torres de refrigeração.

2.2. Principais poluentes do ar

2.2.1. Matéria Particulada

Pela definição da Organização Mundial de Saúde (WHO, 2000), partículas em suspensão são misturas de sólidos ou sólido/líquido de partículas suspensas no ar, que variam em tamanho, forma, origem e composição química e são caracterizadas usualmente pelas suas propriedades aerodinâmicas. Estas são classificadas de acordo com a influência sobre o sistema respiratório podendo ser *inaláveis*, entram no sistema respiratório durante a respiração, *respiráveis* que alcançam as regiões alveolares dos pulmões ou *torácicas* que entram no tracto respiratório inferior, incluindo a traqueia e brônquios. As partículas torácicas e respiráveis são equivalentes às PM₁₀ (matéria partícula com diâmetro inferior a 10 µm) e PM_{2,5} (matéria partícula com diâmetro inferior a 2,5 µm) respetivamente (Slezakova et al, 2012a, 2012b).

As principais fontes interiores das partículas são o fumo do tabaco e atividades de combustão como a queima de madeira e combustíveis fósseis. Também atividades de limpeza como aspirar ou varrer, cozinhar e os movimentos de humanos e animais, podem originar partículas no interior de habitações. As emissões de partículas para o ar exterior são relevantes, particularmente para as partículas finas (PM₁₀), pois

contribuem para o aumento destas no ar interior. Em geral, a concentração de partículas aumenta com a diminuição do tamanho das mesmas. A composição química das partículas está relacionada com a origem das emissões (Martinez e Callejo, 2006).

Até ao momento, os estudos epidemiológicos realizados têm demonstrado associações entre o aumento das taxas de morbidade e mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares e o aumento dos níveis de matéria particulada no ar ambiente (Turner et al, 2011). Devido à evidência avassaladora, a Agência Internacional da Pesquisa sobre o Cancro (IARC) classificou a matéria particulada do ar ambiente como cancerígena para os seres humanos, ou seja, grupo 1 (IARC 2013).

Os efeitos adversos das partículas dependem da deposição destas no trato respiratório, que está diretamente relacionada com a granulometria das mesmas. As partículas de maior dimensão, após inalação depositam-se no nariz e na boca, sendo que as partículas com 6-7 μm conseguem passar para as partes inferiores do sistema respiratório. São conhecidos efeitos agudos e crônicos provocados por este poluente, incluindo a asma, bronquite obstrutiva, doenças cardíacas e insuficiência pulmonar (Slezakova et al, 2012a, 2012b).

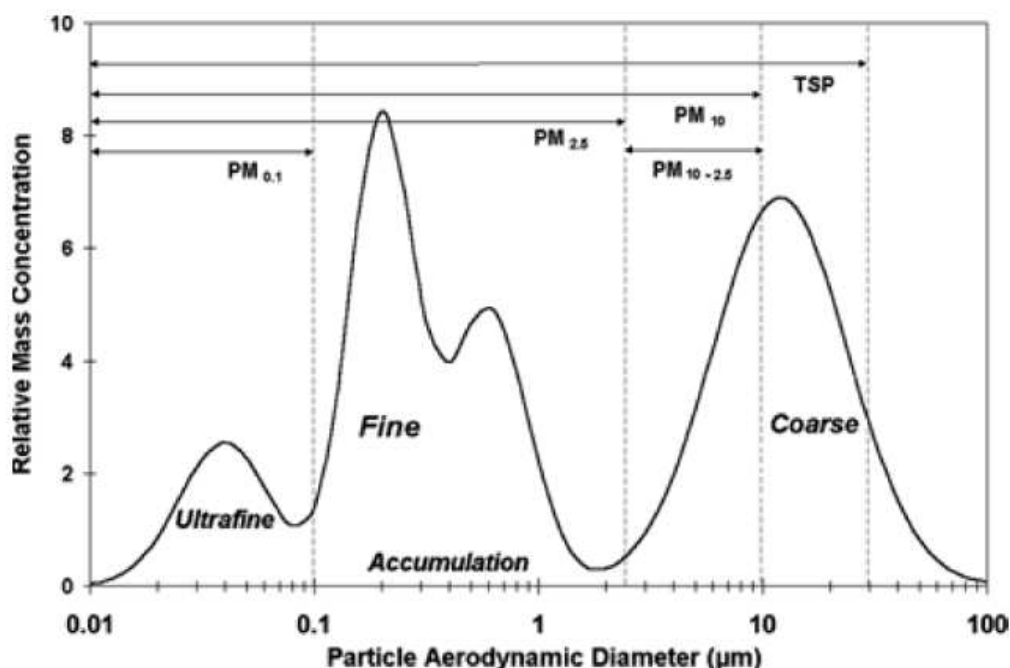


Figura 1 – Representação esquemática da distribuição da matéria particulada com diversos diâmetros no ar

2.2.2. Dióxido de Carbono

Um dos principais constituintes naturais do ar ambiente é o dióxido de carbono. No ar interior, em geral, as concentrações deste gás aumentam essencialmente devido à atividade respiratória dos ocupantes. Não são conhecidos consequências tão negativas para a saúde humana como as originadas por outros poluentes no entanto existem estudos sobre o “síndrome do edifício doente”. Alguns dos sintomas para os ocupantes incluem dores de cabeça, fadiga, problemas de visão, irritações nasais e outros problemas respiratórios. As concentrações interiores deste poluente variam de acordo com o local e hora do dia, apresentando uma tendência para aumentar durante o dia. Níveis elevados de dióxido de carbono no interior dos edifícios em geral também estão associados a uma taxa insuficiente de ventilação (Erdmann et al, 2012).

2.2.3. Monóxido de carbono

O monóxido de carbono é um gás incolor, tóxico, inodoro e insípido produzido através da combustão incompleta de combustíveis como madeira, gasolina, carvão e gás natural. Nos ambientes interiores o monóxido de carbono é originado pelas fontes de combustão, como o aquecimento e as existentes na cozinha, e através da infiltração do ar exterior nas habitações. A inalação excessiva de monóxido de carbono pode ser letal, dado este ser absorvido pelos pulmões e difundido pelos capilares alveolares. No entanto o envenenamento é geralmente causado em espaços confinados por exposição a níveis de monóxido de carbono muito superiores aos existentes no ar ambiente. Quando o CO atinge as células sanguíneas liga-se à hemoglobina formando o carboxihemoglobina, reduzindo assim a capacidade do sangue em transportar oxigénio e interferindo na respiração celular (Tiwaty e Colls, 2009) A consequência da exposição ao monóxido de carbono depende da concentração do mesmo, duração da exposição e do estado geral de saúde do individuo sujeito à exposição. A intoxicação por este gás provoca efeitos bastante graves nos órgãos que necessitam de grande quantidade de oxigénio, como o cérebro e o coração, a curto prazo. A longo prazo o monóxido de carbono provoca sintomas como dor de cabeça, fadiga, tonturas e náuseas, por consequência dos efeitos agudos (Jones 2002, Slezakova et al, 2012a, 2012c).

2.2.4. Dióxido de azoto

O dióxido de azoto faz parte dos poluentes secundários. É um gás de cor avermelhado e caracterizado por um forte odor. As principais fontes interiores deste poluente são o fumo de tabaco, gás, aparelhos de queima de carvão, aquecimentos e lareiras. O nível de dióxido de azoto proveniente das fontes naturais e antropogénicas exteriores também influencia a qualidade do ar interior. Estudos recentes mostram que crianças com asma, bebés com tendência a doenças asmáticas e as mulheres são os grupos mais sensíveis aos efeitos respiratórios da exposição a este gás. (Berstein et al., 2008) Segundo a OMS, um aumento de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no ar interior está associado a um aumento de 20% das doenças do tracto respiratório inferior em crianças (WHO, 2010). Devido à rápida oxidação, o monóxido de azoto é transformado rapidamente em dióxido de azoto, sendo este muito mais tóxico para os seres humanos. Este gás é associado a efeitos nefastos na saúde, mesmo quando presente em concentrações mais baixas. A exposição a elevadas concentrações pode provocar edema pulmonar e os indivíduos mais afetados são geralmente asmáticos (Berstein et al., 2008; Slezakova et al, 2012a, 2012c).

2.2.5. Dióxido de enxofre

A principal fonte poluente do dióxido de enxofre é o sector industrial, como é o caso das indústrias químicas, pasta de papel, refinarias e caldeiras que usem como combustível elevados teores de enxofre (APA-QualAr)

A concentração do dióxido de enxofre no ar interior é geralmente mais baixa do que as concentrações presentes no ar exterior. Este é um gás inflamável, não explosivo, incolor, com um odor forte e a principal via de exposição é a inalação. Os estudos demonstram que a exposição ao dióxido de enxofre pode provocar broncoconstrição em adultos saudáveis, sintomas de falta de ar, pieira no peito e insuficiência pulmonar (Berstein et al., 2008; Jones, 2002) Estes efeitos também se verificam para baixos níveis de dióxido de enxofre quando associados a exercício moderado estando em maior risco os adultos e crianças asmáticas. A exposição excessiva a este gás nas áreas urbanas não é uma causa de mortalidade específica (Brunekreef et al., 2009).

2.2.6. Compostos orgânicos voláteis

Os COVs são produtos químicos orgânicos que possuem uma pressão de vapor igual ou superior a 0,01 kPa à temperatura de 293,15 K ou uma volatilidade equivalente nas condições de utilização específicas. Em ambientes interiores foram identificados mais de 300 compostos individuais, tais como o benzeno, diclorometano e tetraclorometano, considerados como cancerígenos (IARC, 2011). Os COVs são moléculas que além de possuírem átomos de carbono e hidrogénio, também podem possuir elementos como oxigénio, azoto, cloro, fluor, fósforo, enxofre e alguns metais ou metalóides. As principais fontes de COVs são produtos como tintas ou outros solventes, produtos de limpeza e desinfetantes, ambientadores, entre outros. Os principais sintomas associados á saúde incluem irritação, sintomas neurológicos e respiratórios. Embora os estudos não sejam completamente consistentes, os COVs estão associados à fraca saúde respiratória em lactentes e crianças em idade pré-escolar (Franklin, 2007). Na tabela 3 são mencionados os COV's encontrados com maior frequência e a sua fonte de poluição de acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2009).

Tabela 3 – COV's de maior frequência e principais fontes de poluição (APA,2009)

Substâncias	Fontes
Acetona	Tintas, revestimentos, acabamentos, solvente de tintas, diluidor, calafetagem
Hidrocarbonetos alifáticos (octano, decano, ndecano, hexano, i-decano, misturas, etc.)	Tintas, adesivos, gasolina, fontes de combustão, fotocopiadoras com processo líquido, carpetes, linóleo, componentes de calafetagem
Hidrocarbonetos aromáticos (tolueno, xileno, etilbenzeno, benzeno)	Fontes de combustão, tintas, adesivos, gasolina, linóleo, revestimento da parede
Solventes clorados	Artigos de limpeza ou de protecção de tapeçarias e carpetes, tintas, solvente de tintas, lacam, solventes, fluido de correcção, roupas limpas a seco
Acetato de n-butil	Telha acústica do tecto, linóleo, compostos de calafetagem
Diclorobenzeno	Carpetes, cristais de naftalina, refrescante de ar
4-fenil ciclohexano (4-PC)	Carpetes, tintas
Terpenos (limoneno, α -pineno)	Desodorizantes, agentes de limpeza, polidores, tecido/decoração, tecido/decoração emoliente, cigarros

2.2.7. Formaldeído

O formaldeído é um COV associado com grande frequência á poluição do ar interior, sendo um gás incolor e odor irritativo. Este composto é um produto químico amplamente usado nos materiais e produtos auxiliares de construção civil. As principais fontes interiores são os processos de combustão provenientes do aquecimento e cozinha, velas, incensos, fumo de tabaco e materiais de construção com grande humidade relativa. No ar interior, as fontes de formaldeído incluem o mobiliário e produtos de madeira, isolantes materiais, têxteis, produtos como tintas,

papéis de parede, colas, adesivos, vernizes e lacas, produtos de limpeza e equipamentos eletrônicos. Exposições elevadas são consideradas como risco elevado para o cancro da nasofaringe, sendo o formaldeído classificado como um carcinogéneo humano (IARC, 2011). Irritação ocular, do nariz e vias respiratórias, fadiga e náuseas são habitualmente os sintomas associados a concentrações superiores de formaldeído. A exposição ao formaldeído em casas e escolas tem sido associada a asma, alergias e inflamação das vias respiratórias em crianças (Franklin, 2007; Slezakova et al, 2012a).

2.2.8. Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) são compostos orgânicos com dois ou mais anéis aromáticos. São poluentes do ar (interior e exterior) e estão sempre presentes como misturas complexas que normalmente se encontram ligados a fase particulada e/ou gasosa. Os PAHs com baixo peso molecular geralmente são encontrados mais na fase de vapor, no entanto a maioria dos compostos com quatro ou mais anéis são principalmente ligados a partículas. A sua origem provém de uma grande variedade de fontes naturais e antropogénicas, sendo a combustão incompleta de matéria orgânica, como carvão, petróleo e gás, as principais fontes de emissão. Embora nem todos os PAHs sejam carcinogénicos e mutagénicos, estes representam um dos maiores grupos de agentes cancerígenos (IARC, 2010). Segundo a organização mundial de saúde (WHO, 2010), o cancro de pulmão tem sido a consequência mais grave para a saúde resultante da exposição aos PAHs no ar interior. Até agora a evidência entre exposição a PAHs e carcinogenicidade em humanos é conhecida para exposição a longo prazo e para um ar poluído com concentrações bastante superiores às normalmente existentes no ar ambiente.

A persistência de PAHs na atmosfera é influenciada pelas condições atmosféricas, como a intensidade solar, temperatura, humidade relativa do ar e a precipitação. A temperatura é considerada o parâmetro físico mais influente na distribuição de PAHs entre as fases vapor e particulada. Quando expostos à luz solar, os PAHs podem sofrer reações de foto-oxidação, sendo este um processo reconhecido de remoção destes compostos na atmosfera. Os níveis de outros poluentes também podem influenciar a transformação de PAHs na atmosfera, nomeadamente as reações com o ozono (Slezakova et al, 2012a, 2012b; M. Oliveira, 2013).

2.2.9. Ozono

O ozono é formado na atmosfera através de uma série de reações complexas envolvendo a radiação solar e os poluentes antropogénicos como os COVs não metanos, monóxido de carbono e dióxido de azoto. A intensidade da luz solar, a convecção atmosférica, a altura da camada de ozono, as inversões térmicas e as concentrações de óxidos de azoto são alguns dos fatores que influenciam a concentração deste poluente na atmosfera.

O aumento da concentração de ozono é também uma consequência das atividades antropogénicas. Os níveis de ozono em áreas densamente povoadas da Europa e E.U.A podem atingir até 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em média sendo muito mais elevado nos países em desenvolvimento podendo atingir 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante vários dias (WHO, 2006). As principais fontes interiores geradoras de ozono são os purificadores de ar electrostáticos, fotocopiadoras e impressoras a laser, podendo ser responsáveis por elevadas concentrações de ozono em espaços confinados, no entanto, o ozono presente no ar exterior é a maior fonte de ozono interior.

A inalação é a forma de exposição ao ozono e é associada a efeitos agudos na saúde humana, como problemas nos sistemas cardiovasculares e pulmonares, podendo provocar a morte. A exposição prolongada, mesmo a níveis de concentração baixos, provoca efeitos crónicos como o desenvolvimento de arteriosclerose e asma, redução da função pulmonar e diminuição da expectativa de vida (Sousa et al., 2009; WHO, 2006)

2.2.10. Radão

O Radão é um gás por si só inerte. Devido ao decaimento radioativo produz radioisótopos, sendo o mais estável o radão-222 que é carcinogénico. Alguns dos isótopos são carregados eletricamente podendo ser inalados individualmente ou agregados com as partículas. Quando ocorre inalação dos isótopos de radão, estes depositam-se nos pulmões causando efeito graves na saúde, como o cancro de pulmão, leucemia e cancros das vias respiratórias extra torácicas (WHO, 2010).

A principal fonte interior deve-se ao decaimento do rádio no solo onde é realizada a construção do edifício, no entanto atualmente devido aos novos métodos de construção, as concentrações de radão tornam-se inferiores no interior dos edifícios, comparativamente com os métodos de construção mais antigos (Slezakova et al, 2012a).

2.2.11. Poluentes de fontes biológicas

Os impactos dos poluentes biológicos não devem ser desprezados, pois são vários os materiais biológicos encontrados no interior dos edifícios e habitações, como o mofo, leveduras, fungos, bactérias e vírus (Dales et al., 2008). Estes agentes podem causar doenças através de mecanismos atópicos, infeções e toxicidade direta. Vários estudos associam a presença destes agentes a efeitos de saúde adversos como a rinite e outros sintomas respiratórios das vias superiores, asma, alveolite alérgica extrínseca, dermatites e hipertensão arterial em adultos (Bernstein et al., 2008; Srikanth et al., 2008).

2.3. Normas e Enquadramento Legal da Qualidade do Ar

2.3.1. Qualidade do Ar Interior

Com o objetivo de proteger a saúde pública, a União Europeia tem vindo desde a década de 70 a estabelecer e implementar diversas diretrizes de forma a melhorar a qualidade do ar, controlar as emissões de substâncias nocivas para a atmosfera, melhorar os combustíveis e integrar os requisitos de proteção ambiental nos sectores dos transportes, energia e indústrias.

Em Portugal, o Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Este diploma transpõe para ordem jurídica nacional a Diretiva nº 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Relativamente à QAI, este diploma dá relevância à manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e aos limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior, de forma a salvaguardar os níveis de saúde e bem-estar dos ocupantes dos edifícios. Como já mencionado, é cada vez mais importante o controlo e avaliação da qualidade do ar interior, dado que hoje em dia o tempo que as pessoas passam em locais confinados é cada vez maior. No entanto as auditorias de QAI foram eliminadas, mantendo-se contudo a necessidade de se proceder ao controlo das fontes de poluição e à adoção de medidas preventivas de forma a cumprir os requisitos legais e reduzir possíveis riscos para a saúde pública.

Foram estabelecidas algumas regras através da Nota Técnica NT-SCE-02 elaborada de acordo com o sistema nacional de certificação energética da qualidade do ar interior nos edifícios, onde foi estabelecida a metodologia a aplicar para a medição e monitorização dos poluentes. Ao abrigo do disposto no artigo 36º do DL nº 118/2013, de 20 de Agosto foi elaborada a Portaria nº 353-A/2013 de 4 de Dezembro que estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços e a metodologia de avaliação.

Na tabela 4 são apresentados os poluentes, o limiar de proteção e a margem de tolerância que devem ser objeto de verificação de conformidade na avaliação da QAI.

Tabela 4 – Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos indicados na tabela I.08 da Portaria nº 353-A/2013

Poluentes	Unidade	Limiar de proteção	Margem de tolerância (MT) [%]
Partículas em suspensão (fração PM ₁₀)	[µg/m ³]	50	100
Partículas em suspensão (fração PM _{2,5})	[µg/m ³]	25	100
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVs)	[µg/m ³]	600	100
Monóxido de carbono (CO)	[mg/m ³]	10	-
Formaldeído (CH ₂ O)	[ppmv]	9	-
	[µg/m ³]	100	-
Dióxido de carbono (CO ₂)	[ppmv]	0,08	-
	[mg/m ³]	2250	30
Radão	[ppmv]	1250	-
	[Bq/m ³]	400	-

Os métodos de referência, métodos equivalentes e requisitos mínimos para monitores portáteis de leitura em tempo real dos parâmetros poluentes nos termos de RSECE são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros, métodos de referência e equivalentes, características técnicas para avaliação da qualidade do ar interior do Anexo III da Nota Técnica NT-SCE-02

Parâmetro	Método/Princípio de Referência	Métodos/Princípios Equivalentes	Características Técnicas	
			Erro Máximo Admissível ³	Resolução
Dióxido de carbono (CO ₂)	Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR)	Método electroquímico; Infra Vermelho (FTIR ⁴), PAS -Sensor Foto Acústico	±10% da concentração máxima de referência	1ppm
Monóxido de carbono (CO)	Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR)	Método electroquímico; Infra Vermelho (FTIR), PAS -Sensor Foto Acústico	±10% da concentração máxima de referência	0,1ppm
Partículas atmosféricas (PM ₁₀)	Método gravimétrico com cabeça de amostragem selectiva PM ₁₀ (Recolha e pesagem do filtro)	Dispersão óptica (UV; Laser); Absorção por Radiação Beta; Micro balança de oscilação de peso (TEOM); Ressonância piezoeléctrica	±10% da concentração máxima de referência	1 µg/m ³
Formaldeído (HCHO)	Recolha e análise por cromatografia (ISO 16000-2:2006, ISO 16000-3:2001 e ISO 16000-4:2004)	Amostradores passivos impregnados com DNPH ⁵ ; Tubos de difusão; Método electroquímico; Método do borbujador; Método de fotometria	±20% da concentração máxima de referência	0,01ppm
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV _{Totais})	Recolha e análise por cromatografia (ISO 16000 - Parte V:2007, Parte VI:2004)	Amostradores passivos (Tenax, carvão activado, etc); Canisters; FID - Detector de Foto Ionização de Chama; PID - Detector de Foto Ionização; PAS -Sensor Foto Acústico; Infra Vermelho (FTIR)	±10% da concentração máxima de referência	0,01 ppm
Ozono (O ₃)	Absorção Ultra Violeta (UV)	Quimiluminiscência do etileno; Quimiluminiscência do NO; Método electroquímico	±10% da concentração máxima de referência	0,01 ppm
Radão (Rn)	Detectores de estado sólido	Detectores passivos;	±10% da concentração máxima de referência	1 Bq/m ³

2.3.2. Ginásios

A legislação portuguesa contempla um diploma, relativo à construção, instalação e funcionamento de ginásios, elaborado pela Presidência do Conselho de Ministros - Secretaria de Estado da Juventude e do Desporto. O diploma descrito tem como objeto a regulação da construção, instalação e funcionamento dos ginásios e define ginásios como sendo *“estabelecimentos abertos ao público ou a uma categoria determinada de utentes que integram uma ou mais salas destinadas à prática de atividades físicas e desportivas e respectivas instalações de apoio, podendo ainda comportar instalações complementares e equipamentos específicos, designadamente saunas e outros dispositivos de hidroterapia, que se destinam à prática individual ou coletiva de atividades físicas ou desportivas, em regime supervisionado ou livre, e dirigidas para a manutenção ou desenvolvimento da aptidão física, da saúde, da qualidade de vida ou treino das qualidades físicas.”*

Entre outros, são mencionados como requisitos técnicos mínimos no diploma citado (SEJD, 2008) os seguintes:

- Requisitos das áreas de atividade física ou desportiva:
 - Área mínima: 5 m² / praticante (recomendado: 8 m² / praticante);
 - Pé direito mínimo: 2,70 m (recomendado: superior a 3,50 m);

- Ventilação natural através de vãos de abertura controlável e com secção total correspondente a cerca de 12% da área por praticante ou ventilação mecânica que garanta um caudal de ar correspondente, no mínimo, a 20 m³/hora por utente, com a velocidade do ar inferior a 2,0m/s e um nível de ruído não superior a 20 dB;
 - Temperatura ambiente (temperatura de bolbo seco):
 - 16°C a 21°C (Inverno)
 - 18°C a 25°C (Verão)
 - Humidade relativa do ar: 55 a 75%.
- Requisitos gerais para as instalações de apoio dos praticantes:
- Pavimentos planos e regulares, constituídos por *materiais* impermeáveis, com revestimento anti-derrapante e resistente ao desgaste e às ações dos desinfetantes comuns, e com disposições de drenagem que evitem a formação de zonas encharcadas e facilitem a evacuação das águas de lavagens;
 - Interdição do uso de estrados de madeira e de revestimentos porosos como tapetes ou alcatifas;

Do diploma referido, os parâmetros a ter em conta na realização do estudo referem-se essencialmente à temperatura do ambiente interno e à humidade, assim com a alguns aspetos da construção.

2.4. Sistemas de ventilação

Praticamente todos os locais fechados possuem algum sistema de ventilação, ou seja, um processo de renovação do ar através de meios naturais ou mecânicos. Na ventilação mecânica, a renovação do ar interior é realizada através de sistemas de condutas e ventiladores, como é o caso dos propulsores do ar. Na ventilação natural, a renovação do ar interior por ar novo atmosférico exterior é realizada por mecanismos naturais. Dado serem vários os tipos de ventilação, assim como o seu funcionamento, é importante ter em conta algumas definições (Definições presentes no Anexo I, do Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril).

Ar condicionado — forma de climatização que permite controlar a temperatura, a humidade, a qualidade e a velocidade do ar num local. Pode também designar, por simplificação corrente, um sistema de arrefecimento servindo apenas um espaço.

Ar de extração — ar que é extraído do local pelo sistema de climatização.

Ar de infiltração — ar exterior que penetra no local climatizado de forma «natural» através de frinchas ou outras aberturas informais nas diferentes componentes da envolvente, por força das diferenças de pressão que se estabelecem entre o exterior e o interior nas diferentes faces da envolvente em função da sua orientação relativa à direção do vento. Também designado apenas por infiltrações.

Ar de insuflação — ar que é introduzido pelo sistema de climatização no local climatizado.

Ar de rejeição ou ar de exaustão — ar que é extraído do local pelo sistema de climatização e que é lançado no exterior. Pode ser todo ou apenas parte do ar de extração.

Ar exterior — ar exterior ao espaço ou local climatizado e que se identifica em geral com o ar ambiente.

Ar novo — ar exterior que é introduzido no sistema de climatização para renovação do ar do local com fins de higiene e saúde. Identifica-se no todo ou em parte com o ar de insuflação.

Climatização — termo genérico para designar o processo de tratamento do ar ou forma de fazer alterar individual ou conjuntamente a sua temperatura, humidade, qualidade ou velocidade no local. Identifica-se, assim, respectivamente, com as funções aquecimento ou arrefecimento, humidificação ou desumidificação e ventilação. No caso de todas as funções serem passíveis de ser ativadas de forma conjugada, tem-se o ar condicionado.

Para garantir as condições adequadas de captação de ar novo, é necessário assegurar distâncias mínimas entre os locais de emissão dos poluentes, presentes na tabela seguinte e dispostos na legislação portuguesa, Portaria nº 353-A/2013 de 4 de Dezembro.

Tabela 6 - Distâncias mínimas a respeitar entre admissões/entrada de ar e os diferentes locais com emissão de poluentes

Local	Valor mínimo [m]
Pavimento (superfície abaixo da admissão de ar, telhado inclinado, etc)	0,3
Solo	2
Grelha de extração e exaustão de ar interior	5
Entradas de garagens	5
Respiradouros de colunas da rede de esgotos, chaminés e exaustões de equipamentos de combustão	5
Exaustões de torres de arrefecimento	7,5
Exaustões tóxicas ou perigosas	10

É ainda importante ter presente os seguintes conceitos:

Sistemas de Co-Geração – Sistemas onde há a produção combinada de calor e electricidade utilizando motores de combustão interna, de turbinas a gás ou combustível.

Torres de arrefecimento – São utilizadas para processos de arrefecimento de água, aquecida num condensador de unidade de produção de frio. São geralmente unidades de arrefecimento de circuito aberto, existindo também em circuito fechado quando possuem condensadores em circuito fechado. Nas torres de circuito aberto é a água do circuito do condensador que evapora, enquanto que nas de arrefecimento fechado, a água evaporada é exterior ao circuito de condensação.

2.5. Referências

APA, 2009. Agência Portuguesa do Ambiente, “Qualidade do ar em espaços interiores – Um guia técnico”, Janeiro 2009.

APA-QualAr. Agência Portuguesa do Ambiente, QualAr – Base de Dados Online sobre Qualidade do Ar. Acedido em Dezembro 2012. (<http://www.qualar.org/?page=5&subpage=6>)

J.A. Bernstein, N. Alexis, H. Bacchus, I.L. Bernstein, P. Fritz, E. Horner, N. Li, S. Mason, A. Nel, J. Oullette, K. Reijula, T. Reponen, J. Seltzer, S. Smith e S.M. Tarlo,

(2008). "The Health Effects of Non-Industrial Indoor Air Pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*", Vol. 121, No. 3, (January 2008), pp. 585-591, ISSN 0091-6749.

B. Brunekreef, R. Beelen, G. Hoek, L. Schouten, S. Bausch-Goldbohm, P. Fischer, B. Armstrong, E. Hughes, M. Jerrett e P. van den Brandt, (2009). Effects of Longterm Exposure to Traffic-related Air Pollution on Respiratory and Cardiovascular Mortality in the Netherlands: the NLCS-AIR Study. *Research Report (Health Effects Institute)*, Vol. 139, (March 2009), pp. 5-71.

R. Dales, L. Liu, A.J. Wheeler e N.L. Gilbert, (2008). "Quality of Indoor Residential Air and Health". *Canadian Medical Association Journal*, Vol. 179, No. 2 (July 2008), pp.147-52, ISSN 0820-3946

C. A. Erdmann, K.C. Steiner e M.G. Apte, "*Indoor Carbon Dioxide Concentrations and Sick Building Syndrome Symptoms in the Base Study Revisited: Analyses of the 100 Building Dataset*", Lawrence Berkeley National Laboratory (2012). (<http://escholarship.org/uc/item/1mf005ws>).

P.J. Franklin, (2007). "Indoor Air Quality and Respiratory Health of Children". *Pediatric Respiratory Reviews*, Vol. 8, No. 4, (October 2007), pp. 281-2866, ISSN 1526-0542.

International Agency for Research on Cancer (IARC), "*The carcinogenicity of outdoor air pollution*", *Lancet Oncol.*, doi:10.1016/S1470-2045(13)70487 (2013).

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2011). "Agents Classified by the IARC Monographs", [acedido em: \(http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf\)](http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf)

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2010). Some non-Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 92, (October 2010), pp. 773, ISSN 1017-1606.

J. C. dos Santos, Avaliação da qualidade do ar interior em jardins-de-infância, Tese de Mestrado, FEUP 2010.

A.P. Jones, (2002). Indoor Air Quality and Health, In: Air Pollution Science for the 21 st Century, J. Austin, P. Brimblecombe, W. Sturges, (Eds.), pp. 57-116, Elsevier Science Ltd., ISBN 0-08-044119-X, Oxford, United Kingdom.

Slezakova et al, 2012a. K. Slezakova, S. Morais e M. C. Pereira, “Chapter 6: *Indoor Air Pollutants: Relevant Aspects and Health Impacts*” in Environmental Health – Emerging Issues and Practice (Ed. Jaques Oosthuizen), ISBN 978-953-307-854-0, In Tech, Rijeka (Croatia), (2012), pp 125-146.

Slezakova et al, 2012b. K. Slezakova, S. Morais e M. C. Pereira, “*Air Pollution: Particulate Matter*” in Encyclopedia of Environmental Management (Ed. S. E. Jorgensen), ISBN 1-4398-2927-6, Taylor and Francis Group LLC (T&F), CRC Press, Boca Raton (USA) (2013), pp. 1-15. DOI:10.1081/E-EEM-120 047 689.

Slezakova et al, 2012c. K. Slezakova, S. Morais e M. C. Pereira, “*Chapter 5: Traffic-Related Air Pollution: Legislation Versus Health and Environmental Effects*” in Environmental Health – Emerging Issues and Practice (Ed. Jaques Oosthuizen), ISBN 978-953-307-854-0, In Tech, Rijeka (Croatia), (2012), pp 103-124.

L. Roriz, Redes e Instalações, 2008-2009. (http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/Equips_08.pdf - Pesquisa em Agosto 2014).

M. C. Turner, D. Krewski, C. A. Pope III, Y. Chen, S. M. Gapstur, M. J. Thun, “*Long-term ambient fine particulate matter air pollution and lung cancer in a large cohort of never-smokers*” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 184: 1374–1381 (2011).

M. Oliveira, K. Slezakova, C. Delerue-Matos, M. C. Pereira e S. Morais, “*Chapter 11 – Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and the associated health risks in schoolchildren: A review*” in Handbook of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Chemistry, Occurrence and Health Issues (Eds. Guilherme C. Bandeira and Henrique E. Meneses), ISBN 978-1-62257-473-5, Nova Science Publishers, Inc., New York (USA), (2012), pp. 289-308.

M. J. R. Teixeira, Avaliação da qualidade do ar interior e estudos CFD em espaços do ISEP, Tese de mestrado, ISEP 2010.

F.J.R. Martínez e R.C.Callejo, (2006). "Edifícios saudáveis para trabalhadores sanos: qualidade de ambientes interiores." Acedido em: http://www.google.com/search?hl=ptPT&q=Edifícios+saludables+para+trabajadores+sanos%3Acalidad+de+ambientes+interiores&btnG=Pesquisar&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=

Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicação, Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril.

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.

Ministério Economia e do Emprego, Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto.

Nota Técnica NT-SCE-02, Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE.

T.A. Perfetti e A. Rodgman, (2011). The Complexity of Tobacco and Tobacco Smoke. *Beiträge zur Tabakforschung International*, Vol. 24, No. 5, (May 2011), pp. 215-232, ISSN 0173-783X

SEJD, 2008. Presidência do Conselho de Ministro, Secretaria de Estado da Juventude e do Desporto, Ginásios - Diploma relativo à construção, instalação e funcionamento. (www.sejd.gov.pt)

P. Srikanth, S. Sudharsanam e R. Steinberg, (2008). Bio-aerosols in Indoor Environment: Composition, Health Effects and Analysis. *Indian Journal of Medical Biology*, Vol. 26, No. 4, (October-December 2008), pp. 302-312, ISSN 1998-3646.

A. Tiwary e J. Colls, (2009). *Air Pollution* (3 rd ed.), Taylor & Francis, ISBN 978-04-1547-933-2, London, United Kingdom.

World Health Organization (WHO). (2000). Particulate Matter, Chapter 7.3, WHO Regional Publications, Copenhagen, Denmark.

World Health Organization (WHO). (2006). *Air Quality Guidelines, Global Update 2005*. WHO Regional Office for Europe, ISBN 92-890-2192-6, Copenhagen, Denmark

World Health Organization (WHO), (2010). WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants. WHO Regional Office for Europe, ISBN 978-92-890-0213-4, Copenhagen, Denmark.

3. Materiais e Métodos

3.1. Caracterização dos ginásios

Para a realização deste trabalho foram selecionados 4 ginásios localizados no Grande Porto, com características semelhantes dois a dois. Os ginásios 1 e 2 (gym 1 e gym 2) são considerados de pequena dimensão, enquanto os ginásios 3 e 4 (gym 3 e gym 4) são de grande dimensão e incluem piscina.

A caracterização dos ginásios torna-se imprescindível num estudo deste género, dado que existem vários fatores que direta ou indiretamente podem influenciar a qualidade do ar interior.

3.1.1. Principais características de cada ginásio

Nas tabelas 8 e 9 são apresentadas as principais características dos ginásios em estudo. No anexo A encontram-se as tabelas de caracterização de cada ginásio integralmente, assim como as fotografias dos mesmos. Além da apresentação geral de cada ginásio, também são apresentadas as principais características de cada sala de amostragem. Para alguns locais de amostragem, não foi determinado o volume total devido à irregularidade geométrica das salas e à falta de informação nas plantas de construção fornecidas pelos gerentes.

Tabela 7 – Caracterização dos ginásios Gym 1 e Gym 2

Propriedades		Gym 1	Gym 2
Construção	Ano	2008 + Aumento de pré-fabricado em 2012	2007
	Principais materiais	Tijolo, betão e material de pré-fabricado	Tijolo e betão
	Nº de pisos	1	1
Tipo de ginásio		Ginásio de pequena dimensão sem piscina. Inclui sala de aulas de grupo, sala de cycling, sala de musculação e cardiofitness, balneários, receção e 2 pequenas salas de arrumos.	Ginásio de pequena dimensão sem piscina. Inclui sala de aulas de grupo, sala de musculação, sala de cardiofitness, sauna, balneários, receção e 1 salas de arrumos.
Ambiente envolvente		Zona urbana (localizado no R/C de prédio habitacional)	Zona urbana (Inserido em edifício universitário)
Ventilação (Natural/Forçada)		Natural + Ar insuflado	Ar condicionado (Última limpeza em Março de 2014)
Sistemas de aquecimento (Existe/Não existe)		Não existe	Não existe
Sala de Musculação	Volume total (m ³)	Dimensões irregulares	---
	Área total (m ²)	Dimensões irregulares	91
	Altura da sala (m)	3,0	3,7
	Período de amostras	De 7 a 10 de Maio	De 12 a 15 de Maio
Sala de Cardiofitness	Volume total (m ³)	Igual à sala de musculação, dado ser a mesma	159,81
	Área total (m ²)		43,31
	Altura da sala (m)		3,69
	Período de amostras		De 15 a 20 Maio
Sala Aulas de Grupo	Volume total (m ³)	142	---
	Área total (m ²)	47	74
	Altura da sala (m)	3,0	3,5
	Período de amostras	De 2 a 7 de Maio	De 20 a 22 de Maio

Tabela 8 – Caracterização Gym 3 e Gym 4

Propriedades		Gym 3	Gym 4
Construção	Ano	2006 (Instalação do ginásio em 2008)	2007
	Principais materiais	Tijolo, Betão, Azulejo, Madeira	Tijolo, Betão, Azulejo, Madeira
	Nº de pisos	1	1
Tipo de ginásio		Ginásio com piscina, constituído por sala de chicle, 3 estúdios de aulas de grupo, 3 balneários, 2 gabinetes de estética, gabinete médico e receção.	Ginásio com piscina, constituído por 2 balneários, 3 estúdios interiores de aulas de grupo, gabinetes de saúde e beleza, SPA e receção.
Ambiente envolvente		Zona urbana (inserido na cave de um prédio habitacional)	Zona urbana, industrial e comercial (inserido num shopping center)
Ventilação (Natural/Forçada)		Ventilação forçada de extração com ventilador centrífugo e ar condicionado com máquinas de condutas in/out (Última limpeza a 23 de Maio de 2014)	Ventilação forçada de extração com ventilador centrífugo e ar condicionado com máquinas de condutas in/out (Última limpeza dos filtros primário em 5 de Maio de 2014)
Sistemas de aquecimento (Existe/Não existe)		Não existe	Não existe
Sala de musculação e Cardiofitness	Volume total (m ³)	698	---
	Área total (m ²)	162	626
	Altura da sala (m)	4,30	4,00
	Período de amostras	De 26 a 30 de Maio	De 5 a 12 de Junho
Sala de aulas de grupo	Volume total (m ³)	265	231
	Área total (m ²)	88	58
	Altura da sala (m)	3,0	4,0
	Período de amostras	De 30 de Maio a 2 de Junho	De 12 a 14 e 18 a 20 de Junho

3.2. Amostragem

O período de amostragem deste estudo realizou-se de 2 de Maio a 20 de Junho, durante os dias e horários de funcionamento de cada ginásio incluindo feriados e fins-de-semana. Consistiu num total de 41 dias sendo excluídos os períodos de transição de ginásio para ginásio. O período de amostragem específicos para cada ginásio são apresentados na tabela. A amostragem no Gym 1 foi realizada numa sala de aulas de grupo e na sala de musculação e cardiofitness, sala comum às duas modalidades. No Gym 2, a amostragem realizou-se em 3 salas independentes, aulas de grupo, musculação e cardiofitness. Tanto o Gym 1 como o Gym 2, localizam-se numa zona urbana. O Gym 1 fica No R/C de um prédio habitacional e o Gym 2 num edifício universitário. Em ambos os ginásios 3 e 4 a amostragem foi realizada numa sala de aulas de grupo e na sala de musculação e cardiofitness, sala comum às duas modalidades. O Gym 3 localiza-se na cave de um prédio habitacional numa zona urbana. O Gym 4 está localizado num centro comercial (acima do piso da restauração) que se encontra rodeado por uma zona habitacional, comercial e industrial.

Tabela 9 – Período de amostragem por ginásio

Ginásio	Período de Amostragem
Gym 1	2 a 10 de Maio
Gym 2	12 a 22 de Maio
Gym 3	26 de Maio a 2 de Junho
Gym 4	5 a 14 de Junho e 18 a 20 de Junho

Os parâmetros ambientais avaliados foram: partículas ultrafinas, matéria particulada suspensa no ar de frações PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_4 , PM_{10} , dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3), compostos orgânicos voláteis totais (COV's), formaldeído, temperatura ambiente e humidade relativa.

Dado que muitos dos produtos utilizados e os próprios métodos de limpeza podem libertar poluentes foi criado um diário para cada ginásio onde todas as actividades foram registadas.

3.3. Estudo da densidade do tráfego nas ruas envolventes

Devido à localização dos Gym 1 e Gym 2, foi realizado um breve estudo para avaliar o fluxo de tráfego existente. Este estudo consistiu na contagem do número de veículos (carros, motociclos e autocarros) que passaram na rua envolvente dos edifícios, durante intervalos de 10 minutos em cada hora, entre as 8h e 22h. A contagem foi realizada em dois dias da mesma semana. Os resultados da contagem de tráfego nos períodos avaliados (Anexo B) indicam um fluxo de tráfego similar e significativo, entre 30 a 60 carros por cada período de 10 minutos para as ruas envolventes do GYM 1 e entre os 130 a 160 carros por cada período para o GYM 2, não havendo grandes alterações de um dia para o outro, concluindo assim que a influência o ar envolvente dos ginásios, caso afecte o ar interior será de maneira semelhante de dia para dia. Os GYM 3 e GYM 4, não foram submetidos ao estudo de densidade do tráfego, porque devido à sua localização não há ruas envolventes.

3.4. Equipamento

3.4.1. Partículas Ultrafinas

A medição da concentração do número de partículas ultrafinas foi realizada com o auxílio do equipamento P-Trak® Ultrafine Particle Counter (UPC) 8525 da TSI (figura 2). Este equipamento é um contador de partículas através de condensação e é considerado o mais adequado para este tipo de medição.



Figura 2 – P-Track Ultrafine Particle Counter 8525

O contador de partículas de condensação tem por base de funcionamento um método fotométrico que, através de um feixe de laser específico, conta as partículas

que são extraídas por uma bomba. Como as partículas são de pequena dimensão, para serem detetadas, são submetidas a um processo de aumento através de vapor de álcool que condensa em torno delas, formando gotículas de tamanho maior. Este processo é realizado através da passagem das partículas por um tubo com álcool isopropílico, que em forma de vapor reage com as mesmas, originando uma mistura que de seguida entra num condensador, ocorrendo a condensação em gotículas. Após este processo, tendo adquirido uma dimensão maior, as gotículas passam por um feixe de laser, permitindo a contagem das partículas por uma célula fotoelétrica (figura 3). Para que o funcionamento do processo de amostragem ocorra sem dificuldade de deteção das partículas, é necessário imergir o cilindro em álcool isopropílico de forma a ser reabastecido.

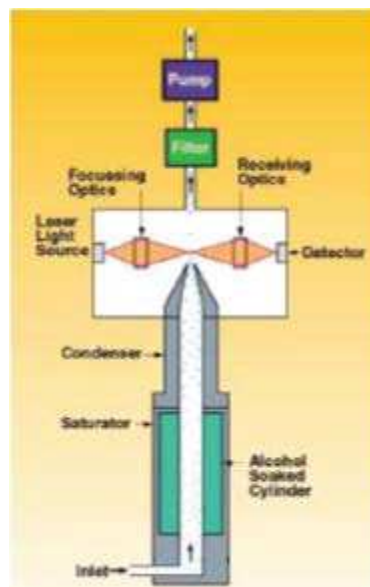


Figura 3 – Esquema do processo de contagem de partículas por condensação (TSI Inc. 2012)

3.4.2. Matéria Particulada

A amostragem da matéria particulada (excluindo partículas ultrafinas) foi realizada com o equipamento DustTrak™ DRX Aerosol Monitor 8533 da TSI (figura 4). Este equipamento fornece simultaneamente a medição da fração mássica e tamanho das partículas, registando os dados do espalhamento de luz laser, a partir de fotómetros, permitindo assim fornecer as leituras em massa de partículas em tempo real. É utilizado um sistema de ar que isola o aerossol na câmara óptica, de forma a manter a lente limpa e aumentar a confiabilidade dos resultados. São medidos

simultaneamente as frações de massa de tamanho PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_4 , PM_{10} e PM_{Total} . (TSI Incorporated, 2013).



Figura 4 - DustTrak DRX Aerosol Monitor 8533 (TSI Incorporated, 2013)

3.4.3. Poluentes gasosos

A medição dos poluentes gasosos tem de obedecer aos métodos de referência ou aos métodos equivalentes como o mencionado na NT-SCE-02. O equipamento utilizado nesta amostragem foi uma sonda multi-paramétrica, modelo CA-HD2 da marca Graywolf (figura 5). Esta sonda permite medir os seguintes compostos:

- CO_2 – gama de 0 a 10000 ppm – sensor Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR) com precisão $\pm 3\%$;
- CO – gama de 0 a 500 ppm – sensor eletroquímico, com precisão ± 2 ppm < 50 ppm, $\pm 3\%$;
- COV's totais - gama de 5 a 20000 ppb - sensor PID (Detector de Foto Ionização);
- Ozono - gama de 0 a 1,00 ppm - sensor eletroquímico;
- Temperatura – gama $-15^\circ C$ a $70^\circ C$ – precisão $\pm 0,3^\circ C$;
- Humidade relativa – gama de 0 a 100% - precisão $\pm 2\% RH$ < $80\% RH$, $\pm 3\% RH$ > $80\% RH$. (EnviroTechnology Services plc, 2013)



Figura 5 – Sonda Multi-paramétrica (EnviroTechnology Services plc, 2013)

A calibração da sonda multi-paramétrica foi realizada antes das medições efetuadas, para os parâmetros de CO₂ e COV's totais, utilizando gases padrão de concentrações conhecidas (100% ar, CO₂ a 0,1% e 300 ppm e isobutileno a 8 ppm).

3.4.4. Formaldeído

Para a medição de formaldeído foi utilizado o equipamento Formalmeter HTV-M Kit da marca PPM Technology com sensor eletroquímico (figura 6). A medição do formaldeído foi realizada 3 a 4 vezes por dia, em três pontos predefinidos para cada local.



Figura 6 – Formaldemeter htV-M

3.4.5. Período horário de monitorização

Os parâmetros CO₂, CO, O₃, humidade relativa do ar e matéria particulada foram monitorizados durante 24 h. A amostragem foi apenas interrompida para a mudança de local do equipamento, mudança de baterias ou transferência dos dados obtidos. As partículas ultrafinas foram monitorizadas desde a hora de abertura até ao fecho, prolongando-se durante a noite até ao esgotamento do álcool isopropílico, variando a hora de fim conforme cada ginásio.

3.5. Critérios de conformidade

Devido à escassa legislação portuguesa de QAI referente a ginásios, os resultados obtidos na avaliação dos parâmetros físicos e químicos avaliados foram comparados com os limiares de proteção e margem de tolerância do Decreto-Lei nº 118/2013 e a Portaria nº 353-A/2013. Os critérios de conformidade foram verificados seguindo os critérios estabelecidos no anexo da Portaria nº 353- A/2013 secção 4.2. Os parâmetros de temperatura e humidade foram analisados com base nos valores referência no diploma dos ginásios, mencionado anteriormente.

3.6. Análise Estatística

O tratamento e análise dos dados foi realizado através da estatística descritiva, com análise das médias aritméticas, máximos, mínimos, medianas e percentis. Para o efeito foi utilizado o programa Microsoft Excel.

3.7. Referências

EnviroTechnology Services plc (2013). AdvancedSense Directsense IAQ, Indoor Air Quality Meters.

PPM Technology Ltd (2008). PPM Formaldemeter™ htV, Operation Manual.

TSI Incorporated (1999). P-TRAK™ Ultrafine Particle Counter. TSI Incorporated Health and Safety Instruments. USA, TSI Inc.

TSI Incorporated (2012). P-Trak® Ultrafine Particle Counter Theory of Operation. Application Note ITI-071. TSI Incorporated Health and Safety Instruments. USA, TSI Inc.

TSI Incorporated (2013). Monitor de aerosoles DustTrack™ DRX Modelos 8533, 8533EP y 8534, Monitorización de Aerosol y Polvo a Tiempo Real para Cualquier Entorno y Aplicación. USA, TSI Inc.

4. Resultados e discussão

No presente capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos na monitorização da QAI dos quatro ginásios estudados. Todos os agentes químicos, parâmetros térmicos e matéria particulada, foram monitorizados continuamente. Os resultados globais por ginásio dizem respeito à monitorização efetuada nas salas de cardiofitness e musculação, em conjunto com as salas de aulas de grupo.

4.1. Temperatura e Humidade

A temperatura e a humidade relativa são dois dos vários parâmetros que afetam o conforto térmico. Como referido no diploma relativo à construção, instalação e funcionamento de ginásios, elaborado pela Presidência do Conselho de Ministros - Secretaria de Estado da Juventude e do Desporto, a temperatura ambiente para o interior de ginásios deve manter-se entre os 16°C e 21°C no Inverno e os 18°C e 25°C no Verão. O controlo das temperaturas deve ser mantido num intervalo confortável, recorrendo a instrumentos mecânicos como ar condicionados, ventiladores, entre outros meios de manutenção de temperatura. A humidade relativa do ar, para ambas as estações, deve manter-se entre os 55 e 75%.

Segundo a Sociedade Americana de Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE), a humidade relativa no Verão, deve situar-se entre 25 a 60% para intervalos de temperatura de 24,5°C a 28°C e 30 a 60% para 23°C a 25,5°C, respectivamente (Alves et al, 2013).

Na tabela 10, são apresentados os resultados de temperatura e humidade obtidos para os ginásios em estudo.

Tabela 10 – Resultados de Temperatura e Humidade

		Temperatura e Humidade							
		GYM 1		GYM 2		GYM 3		GYM 4	
		Temperatura (°C)	Humidade Relativa (%)	Temperatura (°C)	Humidade Relativa (%)	Temperatura (°C)	Humidade Relativa (%)	Temperatura (°C)	Humidade Relativa (%)
Média	Média	21,3	61,6	22,1	46,9	24,3	53,1	20,9	67,0
	Mínimo	17,9	44,6	17,1	23,3	21,0	40,4	18,3	50,2
	Máximo	25,0	92,8	32,7	70,4	26,2	72,0	23,6	85,9
	Mediana	21,1	62,3	21,7	43,7	23,7	51,7	20,9	64,8
Percentil	0,75	21,7	65,1	23,7	54,7	25,5	58,0	22,6	70,4
	0,25	20,8	54,5	20,5	38,7	23,3	47,5	19,9	59,7

Analisando os dados da tabela 10 e comparando com os valores referência, verifica-se para o parâmetro da temperatura que os ginásios globalmente, se encontram dentro dos limites estabelecidos, com exceção da temperatura máxima obtida no Gym 2 (32,7 °C) que é superior ao máximo recomendado e aceite como confortável para a prática de exercício físico durante o Verão (25°C). As temperaturas mais elevadas do Gym 2 registaram-se nos dias de amostragem na sala de musculação (12, 13 e 14 de Maio) e sempre ao fim da tarde entre as 17h e 18h. Dado que o sistema de ar condicionado se encontrava em funcionamento com uma temperatura constante, este facto deve-se muito provavelmente à maior afluência de pessoas neste horário.

Relativamente à humidade, apenas os máximo obtidos para o Gym 2 e Gym 3, se encontram dentro dos limites estabelecidos como confortavelmente aceites, 55 a 75%. Analisando os valores que ficam fora dos limites referenciados, verifica-se que de ginásio para ginásio são registados em salas de amostragem diferentes. Os valores máximos obtidos registaram-se em horário de maior afluência e em alguns casos coincidindo com a prática mais intensa de atividade física. Analisando os perfis de humidade nota-se que os valores começam a aumentar na abertura dos ginásios, atingindo o ponto máximo entra as 18h e 20h, e diminuindo novamente até restabelecer os valores mínimos, normais de cada ginásio, provenientes das condições das instalações e construção dos edifícios, durante o período noturno e quando os ginásios se encontram vazios.

Estes resultados permitem concluir que os equipamentos de ventilação estão a funcionar em boas condições com exceção do Gym 2. As altas temperaturas durante a prática de exercício físico podem causar doenças de stress de calor sendo recomendada a correção da temperatura nos horários de maior afluência. Também é

necessário ter em atenção a percentagem de humidade mínima, pois a humidade relativa inferior a 25%, associa-se a um aumento do desconforto, levando à secagem das membranas mucosas e pele.

4.2. Poluentes do ar interior

Devido à falta de legislação específica para a concentração de poluentes na QAI em ginásios, os resultados obtidos serão, sempre que possível, comparados com os critérios de conformidade, presentes no Anexo da Portaria nº 353-A/2013 de 4 de Dezembro, como mostra a tabela seguinte.

Tabela 11 – Critérios de Conformidade (Portaria nº 353-A/2013 de 4 de Dezembro)

Poluentes físico-químicos:	<p>$[Poluente]_{Max} \leq [Poluente]_{LP}$</p> <p>em que</p> <p>$[Poluente]_{LP}$ corresponde ao limiar de proteção do poluente;</p> <p>$[Poluente]_{Max}$ corresponde ao valor máximo das concentrações médias</p> <p>$[Poluente]_{Med}$ obtidas em todos os pontos de amostragem;</p> <p>$[Poluente]_{Med}$ é a concentração média do poluente em cada ponto de amostragem correspondendo à média temporal dos valores de concentração medidos no ponto de amostragem.</p> <p>No caso de edifícios existentes e de edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação, assim como nas situações de grande intervenção, previstas na alínea b), do número 3 do artigoº 44 do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 agosto, poderá ser considerada uma margem de tolerância (MT), sendo o critério de conformidade verificado quando:</p> <p>$[Poluente]_{Max} \leq [Poluente]_{LP} \times (1 + MT)$</p> <p>em que a MT é expressa como percentagem estabelecida na presente portaria para cada poluente, conforme tabela I.08</p>
Poluentes microbiológicos:	Cumprimento das condições de referência previstas no RSECE constantes da tabela I.09

Foi obtida uma concentração média de cada poluente para uma média horária de 8h. Assim, a média 1 corresponde ao período das 00h00 às 07h59, a média 2 ao período das 08h00 às 15h59 e a média 3 ao período das 16h00 às 23h59.

4.2.1. Dióxido de Carbono

O limiar de proteção para o dióxido de carbono existente na legislação é de 1250 ppm. Os resultados detalhados são apresentados no anexo C.1. Pela análise dos resultados apresentados na tabela 12, verifica-se que a concentração média máxima foi detectada maioritariamente entre as 16h00 e as 23h59 em todos os ginásios. Este período do dia corresponde também à maior ocupação de cada ginásio. Em 41 dias de amostragem, obteve-se a $[\text{Poluente}]_{\text{max}}$ durante 26 dias o que corresponde a 63,4% dos dias totais.

Tabela 12 – Resumo dos resultados obtidos para o CO₂

Ginásio	nº dias de amostragem	nº dias $[\text{Poluente}]_{\text{max}}$ corresponde a*:			nº excedências do limiar de proteção
		Média 1	Média 2	Média 3	
GYM 1	9	1	2	6	3 (33%)
GYM 2	11	0	3	8	2 (18%)
GYM 3	8	0	4	4	6 (75%)
GYM 4	13	1	4	8	0
TOTAL	41	2	13	26	

*média 1- período das 00h00 às 07h59; média 2- período das 08h00 às 15h59; média 3- período das 16h00 às 23h59.

À exceção do GYM 4, que não excedeu o valor limiar de proteção em nenhum dia, todos os outros o excederam. No GYM 1 ocorreu uma excedência de 33%, no GYM 2 de 18% e no GYM 3 de 75% relativamente ao número total de dias de amostragem em cada ginásio.

A concentração de CO₂ no ar interior dos espaços avaliados fornece quase sempre a indicação sobre uma boa ou má taxa de ventilação. A fonte principal deste composto é o metabolismo humano. Tal como verificado neste estudo, as concentrações deste poluente interior variam conforme o local, ocorrência e hora do dia, tendo tendência a aumentar ao longo do mesmo. Embora se considere este parâmetro um bom indicador da QAI, é preciso ter em conta se os sistemas de ventilação estão a funcionar nas condições ótimas, pois pode haver uma boa remoção deste poluente, o que origina níveis de concentração baixos, mas podem existir fontes de contaminação interior que passam despercebidas. Para tal, é conveniente comparar os picos elevados com a concentração de outros poluentes, pois caso a interferência seja apenas a remoção

pelos equipamentos mecânicos, outros poluentes irão também acumular-se no mesmo período de tempo e na mesma proporção.

No GYM 4 nunca foi excedido o valor limiar de proteção. Nos restantes ginásios, o grau de risco de exposição aumenta do GYM 2 (18% de excedências do limiar de proteção) para o GYM 1 (33%) e atinge o maior risco no GYM 3 (75%).

4.2.2. Monóxido de Carbono e Ozono

O limiar de proteção para o monóxido de carbono presente na Portaria nº 353-A/2013 é de 9 ppm. O Decreto-Lei vigente não contempla um limite máximo para a concentração de ozono em ambientes interiores, assim sendo os resultados obtidos para este poluente foram comparados com o limite máximo estabelecido no Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril e atualmente revogado. Considera-se como valor de referência admissível para o ozono $0,2 \text{ mg/m}^3$ correspondendo a 0,102 ppm.

As concentrações de monóxido de carbono provêm de processos de combustão incompleta, o que faz com que exista poluição interior por este composto quando os gases de combustão não são ventilados corretamente para o exterior dos edifícios, ou quando existe retorno dos mesmos.

Durante o período de amostragem, por cada média horária de 8 horas, o valor limite de exposição nunca foi ultrapassado em nenhum dos ginásios. Para o GYM 1 e GYM 2 a $[\text{Poluente}]_{\text{max}}$ foi obtida maioritariamente durante o período das 16h00 às 23h59, enquanto que para o GYM 3 e GYM 4 obteve-se maioritariamente para o período das 00h00 às 7h59 (figura 7). Esta diferença deve-se à localização dos ginásios ser distinta, ou seja, a existência de monóxido de carbono no GYM 1 e GYM 2 é essencialmente originada pela concentração deste poluente no ar exterior, devido ao tráfego existente nas ruas envolventes dos ginásios. Mesmo com equipamentos de ventilação a funcionar correctamente é normal existirem pequenas concentrações deste poluente em ambientes interiores pois existem entradas de ar localizadas ao nível do piso da rua que transportam este poluente para o interior. No caso do GYM 3 (numa cave) e GYM 4 (no centro comercial), o ar exterior não influencia da mesma forma, pois não existe tráfego nas zonas envolventes. No entanto, como a ventilação se encontra desligada durante a noite, que como referido é o período em que a concentração é mais elevada, registam-se estes valores devido essencialmente às fontes de combustão existentes nos edifícios, que se encontram ligadas entre si por

corredores e escadas ocorrendo o transporte e circulação dos poluentes para o interior dos ginásios.

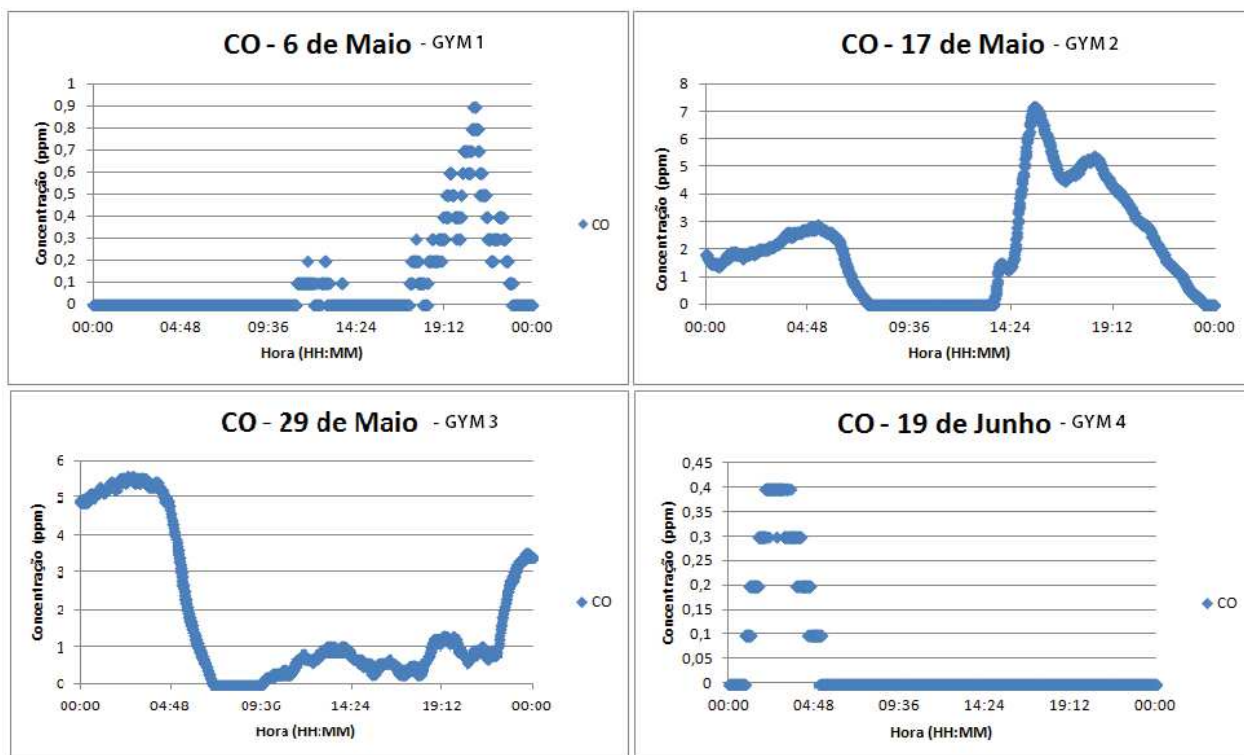


Figura 7 – Perfis representativos da variação da concentração de Monóxido de Carbono nos 4 ginásios

Na monitorização do poluente ozono, verificou-se que apenas no GYM 1 não ocorreu nenhuma excedência do limiar de protecção existente para o ar interior. Verifica-se que a $[Poluente]_{max}$, obtém-se maioritariamente para o período das 16h00 às 23h59 em todos os ginásios. As excedências ao valor limite são de 18%; 25% e 23% relativo ao número total de dias de amostragem no GYM 2, GYM 3 e GYM 4, respectivamente. A maior fonte de ozono interior é o ozono proveniente do ar exterior, no entanto fontes interiores como por exemplo, purificadores de ar, fotocopiadoras ou impressoras, também contribuem para elevadas concentrações deste poluente. Embora só exceda o limiar em 25% dos dias de amostragem, os resultados obtidos no GYM 3 são muito superiores aos dos restantes ginásios, estando sempre muito perto do limite considerado saudável para a exposição humana. Este facto deve-se principalmente à existência de uma impressora na sala de musculação e cardiofitness. Na figura 8 são apresentados dois gráficos, o primeiro é referente ao GYM 1 que nunca excedeu o limite das concentrações, embora se tenha verificado um pequeno aumento nas concentrações quando se alterou o ponto de amostragem para a sala de

musculação e cardiofitness devido à existência de 3 janelas abertas continuamente durante 24h, e o segundo ao GYM 3, que se manteve sempre com concentrações elevadas, muito perto do limiar de proteção e excedendo o mesmo em alguns dias de amostragem.

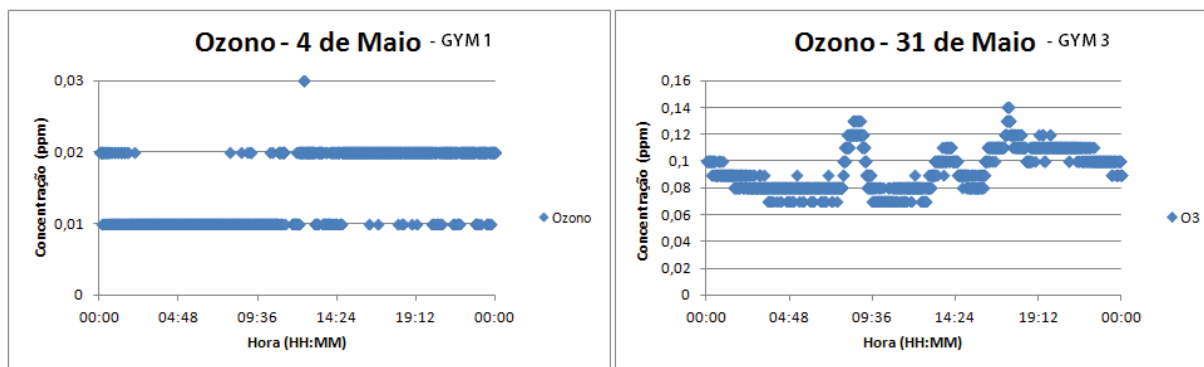


Figura 8 – Perfis representativos da concentração de ozono no GYM 1 e GYM 3

4.2.3. Compostos orgânicos voláteis (totais)

Na legislação, o valor do limiar de proteção para os COVs totais é de $0,6 \text{ mg/m}^3$ correspondendo a 260 ppb tendo o isobutileno como padrão.

À semelhança do dióxido de carbono, os compostos orgânicos voláteis são um bom indicador de ventilação suficiente ou insuficiente. Quando se registam concentrações elevadas deste poluente, e não se verifica a existência de alguma fonte interior ou exterior, então poderá afirmar-se que a ventilação do local de amostragem é insuficiente. Como medidas preventivas para a redução de COVs, deverá proceder-se ao controlo das fontes de emissão ou então à melhoria da ventilação.

Nos casos em estudo (resultados globais apresentados nas Tabelas 14-16), verificou-se que em todos os ginásios e praticamente em todos os períodos (cada média de 8h) o valor limite legislado foi ultrapassado. No GYM 1 e no GYM 2 obteve-se apenas 1 dia inferior ao limite, e é importante referir que o resultado obtido no GYM 2 foi no dia em que o mesmo não se encontrava em funcionamento. No GYM 3 em todos os dias foi ultrapassado o limiar de proteção; no GYM 4 observaram-se 6 dias de amostragem com valores inferiores ao considerado saudável para o homem, como se pode ver na tabela 13.

Tabela 13 – Número de excedências do limiar de proteção dos COVs TOTAIS

Ginásio	nº dias de amostragem	nº excedências do limiar de proteção
GYM 1	9	8 (89%)
GYM 2	11	10 (91%)
GYM 3	8	8 (100%)
GYM 4	13	7 (54%)
TOTAL	41	33 (81%)

Tabela 14 - Resultados COV's TOTAIS para GYM 1

		COV's Totais (ppb)										
		2 de Maio	3 de Maio	4 de Maio	5 de Maio	6 de Maio	7 de Maio	8 de Maio	9 de Maio	10 de Maio	Global	
	Média 1	---	---	588	217	510	---	473	1309	257	559	GYM 1
	Média 2	---	574	587	916	881	764	1165	828	153	734	
	Média 3	1254	732	446	746	846	2889	1064	1481	---	1182	
	Mínimo	511	213	133	0	49	412	231	227	121	0	
	Máximo	5602	3329	3068	3572	3022	9411	6769	5903	423	9411	
	Mediana	1064	626	459	502	666	874	533	995	235	626	
Percentil	0,75	1374	791	592	903	906	2333	1084	1557	283	986	
	0,25	863	419	296	213	517	684	381	552	178	389	

Tabela 15 - Resultados COV's TOTAIS para GYM 2

		COV's Totais (ppb)												
		12 de Maio	13 de Maio	14 de Maio	15 de Maio	16 de Maio	17 de Maio	18 de Maio	19 de Maio	20 de Maio	21 de Maio	22 de Maio	Global	
	Média 1	---	430	402	539	700	261	37	0	1087	438	1064	496	GYM 2
	Média 2	---	546	927	325	904	1308	2	488	444	282	274	550	
	Média 3	733	646	913	589	475	2325	0	706	312	359	---	706	
	Mínimo	189	14	113	0	0	0	0	0	0	7	155	0	
	Máximo	2689	1509	2717	2994	5720	8898	151	4082	3624	1547	1719	8898	
	Mediana	676	522	624	425	576	364	0	85	445	312	1015	445	
Percentil	0,75	836	705	1048	596	925	2448	16	544	904	464	1120	769	
	0,25	571	362	308	218	302	45	0	0	205	180	317	167	

Tabela 16 - Resultados COV's TOTAIS para GYM 3

		COV's Totais (ppb)								
		26 de Maio	27 de Maio	28 de Maio	29 de Maio	30 de Maio	31 de Maio	1 de Junho	2 de Junho	Global
	Média 1	---	2016	2670	1707	1157	1482	1532	165	1533
	Média 2	1204	1247	1200	977	912	1117	1131	480	1033
	Média 3	2093	1730	1418	1290	1449	1666	815	---	1495
	Mínimo	555	431	519	352	270	110	133	32	32
	Máximo	4648	4390	4733	3450	3236	4135	5426	2371	5426
	Mediana	1663	1495	1389	1136	1085	1477	1150	203	1269
	Percentil	0,75	2303	2032	2528	1969	1449	1969	1606	492
0,25		1253	1151	1090	815	804	779	494	90	827

GYM3

Tabela 17 - Resultados COV's TOTAIS para GYM 4

		COV's Totais (ppb)													
		5 de Junho	6 de Junho	7 de Junho	8 de Junho	9 de Junho	10 de Junho	11 de Junho	12 de Junho	13 de Junho	14 de Junho	18 de Junho	19 de Junho	20 de Junho	Global
	Média 1	---	336	---	230	114	134	9	198	473	754	---	481	365	309
	Média 2	0	19	0	26	3	41	18	202	300	161	---	163	317	104
	Média 3	34	---	49	105	35	2	195	304	159	---	545	411	---	184
	Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	280	54	40	0
	Máximo	690	2169	183	425	528	1103	3464	1539	1618	2606	931	2330	955	3464
	Mediana	0	297	0	122	67	26	0	233	325	506	526	373	344	233
Percentil	0,75	0	341	43	359	117	115	10	302	437	586	695	515	492	310
	0,25	0	81	0	0	0	0	0	162	71	4	400	178	226	0

GYM 4

Os ginásios são locais propícios para a emissão de COVs dado que além da influência do ar externo são também influenciados pelos fumos provenientes dos balneários onde são usados desodorizantes, perfumes, produtos de limpeza e desinfecção, entre outros produtos químicos ricos em COVs. Estas atividades podem ter grande influência nos níveis de COV's sendo a acroleína um dos compostos mais abundantes, fazendo com que ocorram, por vezes, concentrações acima do limite recomendado, tal como se verificou neste estudo (Alves et al, 2013).

Tal como o poluente monóxido de carbono, no GYM 1 e GYM 2 a $[Poluente]_{max}$, foi obtida maioritariamente durante o período das 16h00 às 23h59, enquanto que para o GYM 3 e GYM 4 obteve-se maioritariamente para o período das 00h00 às 7h59 (figura 9). Esta observação permite colocar a hipótese de fontes de emissão internas/externas, e um sistema de ventilação menos eficaz para o GYM 1 e GYM 2 do que para os outros dois. Ou seja, para os dois últimos ginásios (GYM 3 e GYM 4), embora quase sempre se apresentem concentrações superiores, a concentração máxima regista-se durante o período noturno onde a ventilação não se encontra em funcionamento, concluindo que durante o dia há emissão deste poluente e devido à ausência de ventilação não tem capacidade de libertação dos mesmos, de forma a restabelecer a menor concentração possível. No GYM 3, as concentrações são superiores às do GYM 4, embora o número de pessoas seja semelhante e o tipo de ventilação também, o facto de ser usada com frequência uma solução desinfetante/bactericida, pode levar a este acontecimento. No GYM 1, embora se obtenham valores de concentração elevados durante o dia, como as janelas se encontram abertas durante toda a noite, há libertação para o exterior permitindo o decréscimo dos níveis de poluente no interior. Para o GYM 2, embora não exista nenhuma forma de ventilação no período noturno, devido à paragem de emissão de COVs, acaba por existir uma pequena diminuição das concentrações em alguns dias, mas não se verifica sempre, o que não permite concluir exatamente qual é a causa das variações observadas. Ao longo do dia e a horas aleatórias, neste ginásio era pulverizado spray ambientador no ar, uma grande fonte do poluente em estudo.

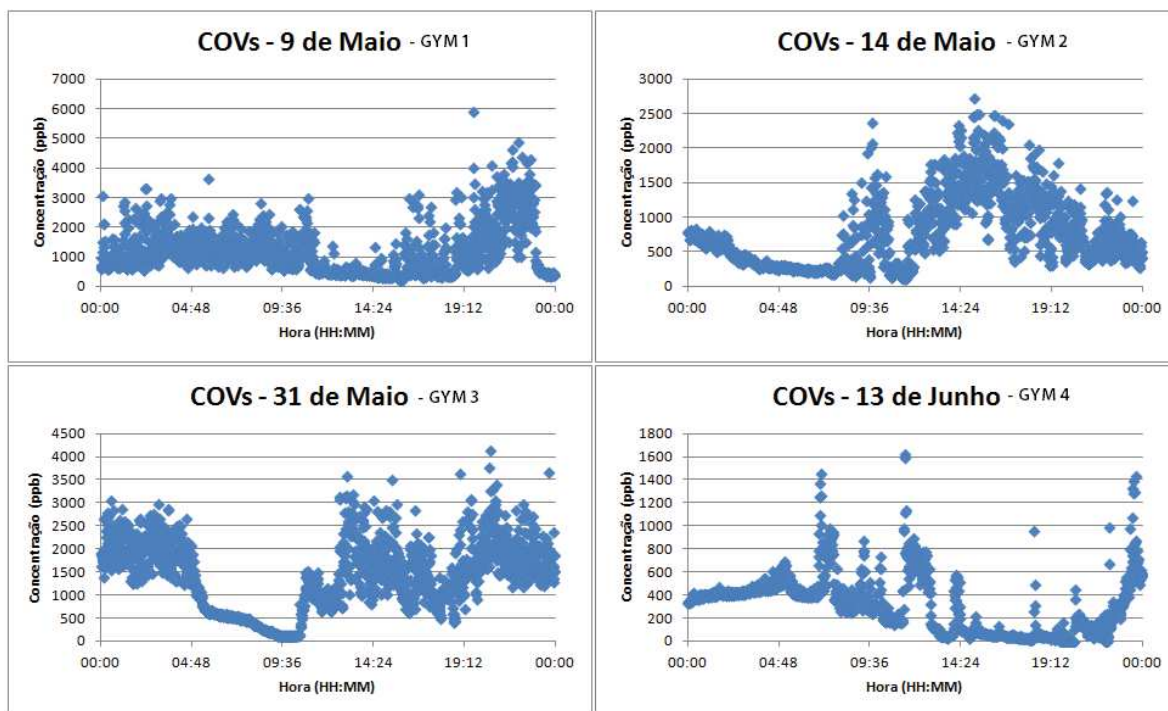


Figura 9 – Perfis representativos da concentração de COVs _{TOTAIS} nos ginásios em estudo

É importante melhorar o controlo das fontes de poluição de COVs de forma a diminuir a poluição do ambiente interno e manter os níveis de concentração o mais baixo quanto o possível. Caso os parâmetros como a temperatura, humidade e ventilação se encontrem fora dos valores normais, também podem influenciar o valor de COVs_{totais}, devendo-se usar este indicador com precaução.

4.2.4. Formaldeído

A concentração do limiar de proteção presente na Portaria nº 353-A/2013 para o formaldeído é de 0,08 ppm. A fonte principal deste poluente no ar interior corresponde aos materiais dos edifícios, contraplacados, tecidos de decoração, assim como alguns líquidos de limpeza e adesivos. No entanto o aumento da sua concentração depende da ventilação existente, da temperatura e da humidade.

No GYM 3, nunca foi detetado o formaldeído. Para o GYM 1, durante a parte da manhã, correspondente ao período da média 2, obtiveram-se valores de concentração entre 0,03 e 0,04 ppm. Estes resultados são a consequência do ginásio ter-se encontrado fechado durante o período noturno, sem ventilação, e o chão das salas de amostragem (sala de aulas de grupo) estarem protegidos por tapetes de borracha que podem libertar este poluente. Ao longo do dia, já com a ventilação ligada, as

concentrações estabilizaram, tornando-se inferiores ao limite de deteção do equipamento. No GYM 2, na amostragem efetuada na sala de aulas de grupo também se registaram valores detetáveis de formaldeído, mas nunca excedendo o limiar de proteção. A explicação para este caso relaciona-se com a menor ventilação da sala de aula, dado que o sistema de ar condicionado apenas era ligado para o horário específico, não se encontrando em funcionamento contínuo.

Os efeitos de irritação associados a este poluente, só costumam ser sentidos com concentrações na gama média dos 0,5 ppm, no entanto os indivíduos mais sensíveis têm apresentado alguns sintomas com concentrações inferiores a 0,01 ppm.

4.2.5. Matéria Particulada e Partículas Ultrafinas

Relativamente à matéria particulada, a legislação contempla valores limiares de proteção para as partículas $PM_{2,5}$ e PM_{10} sendo de 25 e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respetivamente. Neste estudo, além destas partículas foram monitorizadas as PM_1 , PM_4 e ainda partículas ultrafinas que são analisadas independentemente mais à frente.

Os resultados globais obtidos para as partículas $PM_{2,5}$ e PM_{10} são apresentados na tabela 18.

Tabela 18 – Resultados globais de $PM_{2,5}$ e PM_{10} , nos quatro ginásios

		Matéria Particulada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
		GYM 1		GYM 2		GYM 3		GYM 4	
		PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10
Média 1		35,1	36,6	22,6	24,3	16,6	19,5	25,1	26,8
Média 2		41,6	46,0	32,1	38,5	19,5	25,8	14,1	14,7
Média 3		40,2	48,5	26,0	29,0	18,6	24,9	15,5	16,7
Mínimo		5,0	5,0	6,0	6,0	11,0	11,0	3,0	3,0
Máximo		347,0	459,0	777,0	1080,0	200,0	253,0	208,0	239,0
Mediana		33,0	36,0	20,0	22,0	19,0	22,5	15,0	15,0
Percentil	0,75	47,0	50,0	26,0	30,0	23,0	27,0	23,0	25,0
	0,25	28,0	30,0	17,0	18,0	17,0	18,0	10,0	11,0

Tal como o previsto, obteve-se menor concentração de partículas das PM_{10} e maior concentração das PM_1 , para todos os dias de amostragem em cada ginásio, como se pode ver nos resultados presentes no Anexo C.5.

Em estudos anteriores com a monitorização de matéria particulada em ginásios fechados obtiveram-se as seguintes concentrações médias:

- Interior de ginásio de uma escola: 3,7-7,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 13,6-26,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$ e PM_{10} , respectivamente (Branis et al., 2011a).
- Duas instalações desportivas universitárias: no *fronton* (género de sala de aula ampla fechada) obtiveram-se concentrações de PM_{10} entre 38 e 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto que no ginásio as concentrações de PM_{10} situaram-se entre os 154 e 198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Alves et al., 2013).
- Interior de ginásio de uma escola primária: Excedência do limite de $\text{PM}_{2,5}$ recomendado pela OMS (para 24h) de 42% dos dias de medição (Branis et al., 2011b).
- Interior de ginásio de uma escola primária e escola de ensino médio: Obtiveram-se concentrações para as $\text{PM}_{2,5}$ entre 11,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 79,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no ginásio da escola primária e para a escola de ensino médio obteve-se uma média de $12,2 \pm 11,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ward et al., 2013).

Comparativamente com os casos da literatura, verifica-se que os resultados médios obtidos neste estudo se encontram na mesma ordem de grandeza dos obtidos anteriormente, à excepção do estudo de Brains (2011a). A excedência de $\text{PM}_{2,5}$ obtida é superior à obtida por Brains (2011b).

Para as fracções PM_1 , $\text{PM}_{2,5}$, PM_4 e PM_{10} (figuras 10-11) verifica-se que embora com valores de concentração diferentes, o perfil evolutivo da concentração de cada tipo de matéria particulada é igual ao longo de cada dia, aumentando e diminuindo de forma proporcional. Nas figuras 10-11 são apresentados dois dias representativos de amostragem para dois ginásios diferentes, onde se pode verificar o descrito anteriormente.

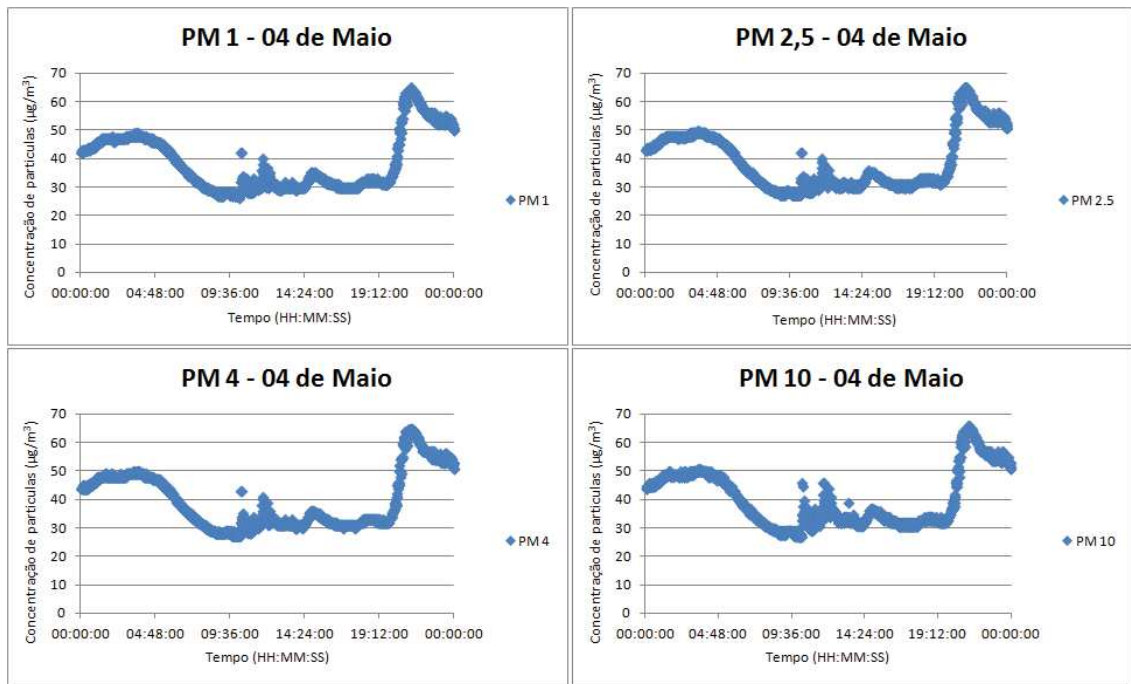


Figura 10 – Perfil representativo da concentração de matéria particulada de diferentes diâmetros – GYM 1

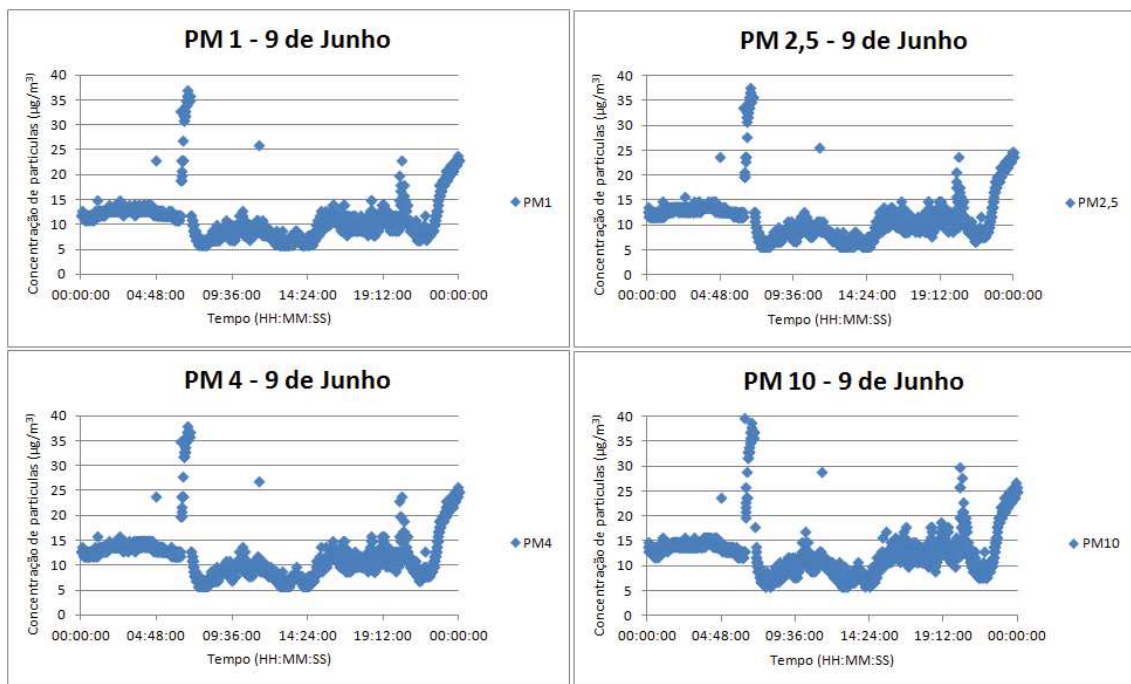


Figura 11 – Perfil representativo da concentração de matéria particulada de diferentes diâmetros – GYM 4

Foi realizada uma análise individual da concentração de cada diâmetro de partículas presentes no Decreto-Lei, e comparado com a concentração do limiar de proteção considerado saudável para a saúde humana. Verificou-se que o número de

excedências (tabela 14) das $PM_{2,5}$ é sempre superior às excedências das PM_{10} . No GYM 1, verifica-se um nível de excedência das $PM_{2,5}$ de 100%. Verifica-se ainda, que em 41 dias de amostragem, as excedências de $PM_{2,5}$ foram de 53,7% enquanto que para as PM_{10} ocorreu uma excedência de apenas 9,8%.

Tabela 19 – Dias de amostragem e excedências do limiar de proteção para as $PM_{2,5}$ e PM_{10}

Ginásio	nº dias de amostragem	nº excedências do limiar de proteção	
		$PM_{2,5}$	PM_{10}
GYM 1	9	9	3
GYM 2	11	6	1
GYM 3	8	2	0
GYM 4	13	5	0
TOTAL	41	22	4

As principais fontes interiores da matéria particulada são o fumo do tabaco e atividades de combustão, assim como atividades de limpeza, cozinha; movimento de humanos e animais poderá também originar a presença destes poluentes (APA, 2009; Martinez e Callejo, 2006; Slezakova et al, 2012a). No entanto, partículas provenientes de fontes externas também podem entrar para os edifícios através das entradas de ar exterior ou infiltração natural. Os sistemas de ventilação utilizados, se não forem submetidos à manutenção necessária, podem ser também uma fonte deste poluente (APA, 2009).

Segundo a APA a concentração média de partículas PM_{10} , encontrada em ambientes de não fumadores nos edifícios de serviços é de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enquanto que, nas áreas de fumadores, pode ir dos 30 aos $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (APA, 2009). Pode assim dizer-se que globalmente os resultados de concentração obtidos nos ginásios, principalmente nas médias do GYM 1 e GYM 2, em estudo são muito semelhantes aos encontrados em ambientes de fumadores. A IARC classificou a matéria particulada do ar ambiente como cancerígena para os seres humanos. Este é um poluente considerado extremamente perigoso para a saúde humana, dado que a deposição de partículas nos sistemas respiratório e cardiovascular têm aumentado a mortalidade e morbilidade (IARC, 2013).

4.2.6. Partículas Ultrafinas

As partículas ultrafinas não estão contempladas com valores limite na legislação, contudo o estudo da sua presença no ar interior tem aumentado nos últimos tempos.

Estas partículas são provenientes essencialmente de processos de limpeza como o uso de aspiradores e equipamentos semelhantes, uso de computadores e aparelhos eletrónicos, alguns processos de cozinha como é o caso das torradeiras, presença de fibras sintéticas ou naturais, como as fibras de lã de vidro ou amianto, entre outros processos ainda pouco conhecidos e em estudo. As partículas ultrafinas têm um diâmetro aerodinâmico inferior a $0.1 \mu\text{m}$ e são geralmente inaláveis. Não foi encontrado na literatura nenhum trabalho descrevendo os níveis de partículas ultrafinas em ginásios ou microambientes onde decorrem atividades físicas. No entanto um estudo realizado em pré-escolas portuguesas, revelou um número médio de partículas ultrafinas para pré-escolas inseridas num ambiente urbano de $1,82 \times 10^4$ e $1,32 \times 10^4$ partículas/cm³ e numa pré-escola de ambiente rural de $1,15 \times 10^4$ partículas/cm³ (Fonseca et al., 2014). Dos micro-ambientes analisados no estudo citado, as maiores concentrações de partículas ultrafinas foram obtidas nas cantinas ($5,17 \times 10^4$; $3,28 \times 10^4$ e $4,09 \times 10^4$ partículas/cm³) e as menores concentrações nas salas de aula ($9,31 \times 10^3$; $11,3 \times 10^3$ e $7,14 \times 10^3$ partículas/cm³) (Fonseca et al., 2014).

Os resultados obtidos nos quatro ginásios são apresentados nos Anexo C.6. e nos gráficos das figuras 12 a 15. A gama média do número obtido destas partículas durante a amostragem situa-se aproximadamente entre 2000 e 14000 partículas/cm³, sendo similar à gama de partículas obtidas no estudo de Fonseca et al. (2014), mas também se verificaram alguns casos de concentração extrema, superiores a 50000 partículas/cm³, discutidos seguidamente. Verifica-se que com o aumento do número de ocupantes e atividades com maior movimento, o aumento do número de partículas também é influenciado (Branis et al., 2011a).

O GYM 2 e GYM 3 foram os ginásios em que se obtiveram quantidades médias de partículas ultrafinas menores.

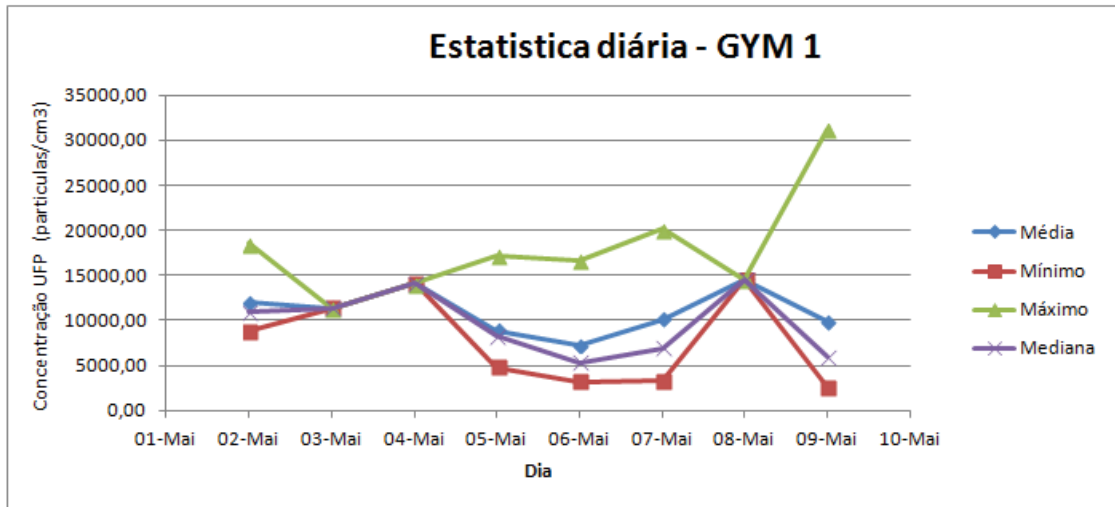


Figura 12 - Gráfico estatística diária de partículas ultrafinas para GYM 1

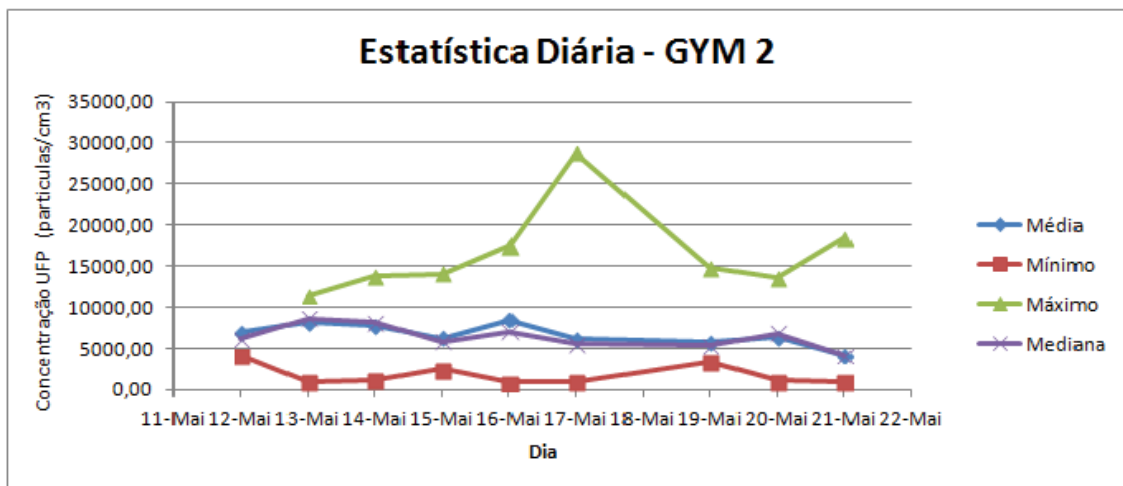


Figura 13 - Gráfico estatística diária de partículas ultrafinas para GYM 2

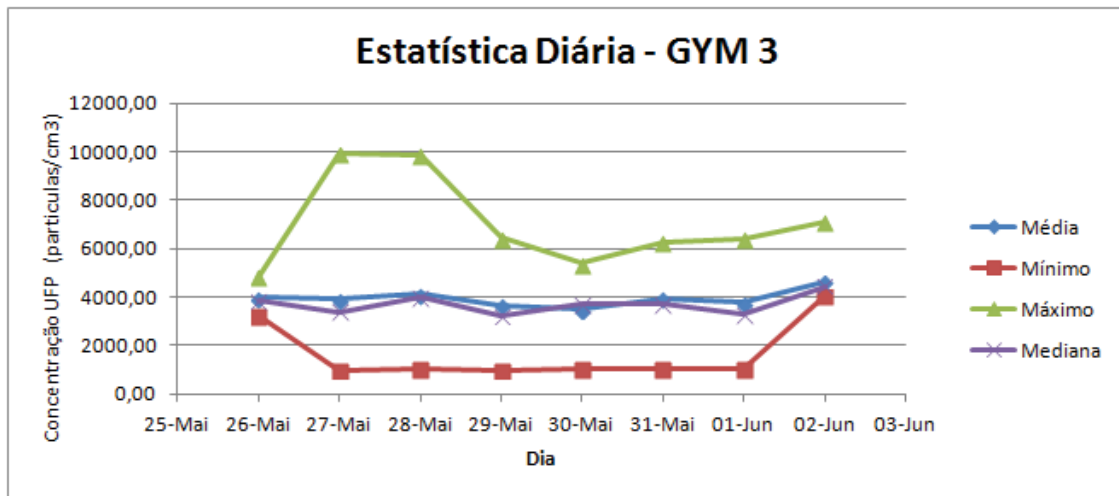


Figura 14 - Gráfico estatística diária de partículas ultrafinas para GYM 3

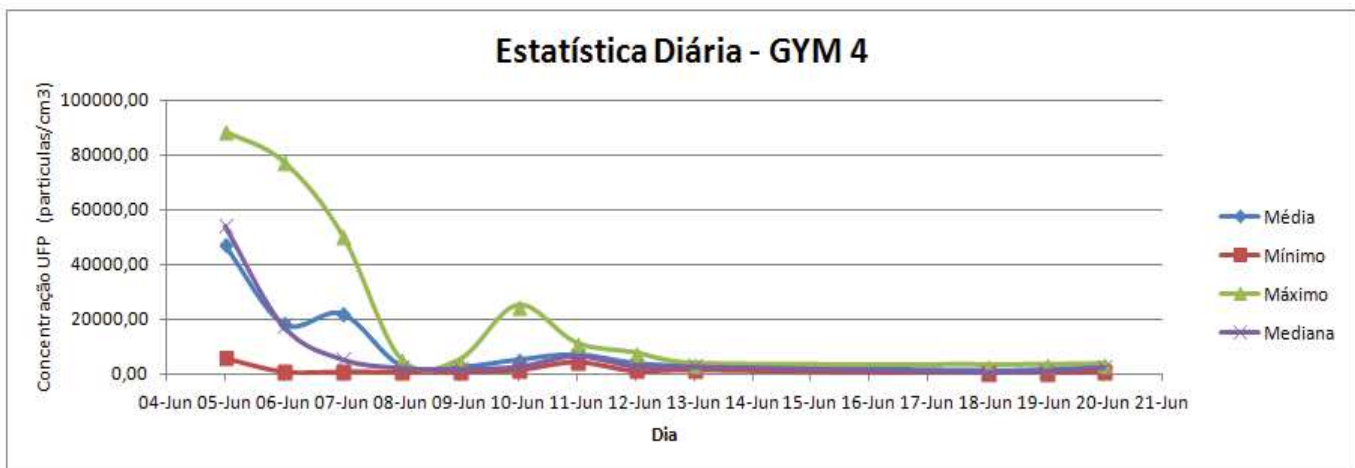


Figura 15 - Gráfico estatística diária de partículas ultrafinas para GYM 4

Os perfis de concentração de partículas obtidos são diferentes entre si, não seguindo nenhum padrão semelhante entre dias de amostragem e diferentes ginásios.

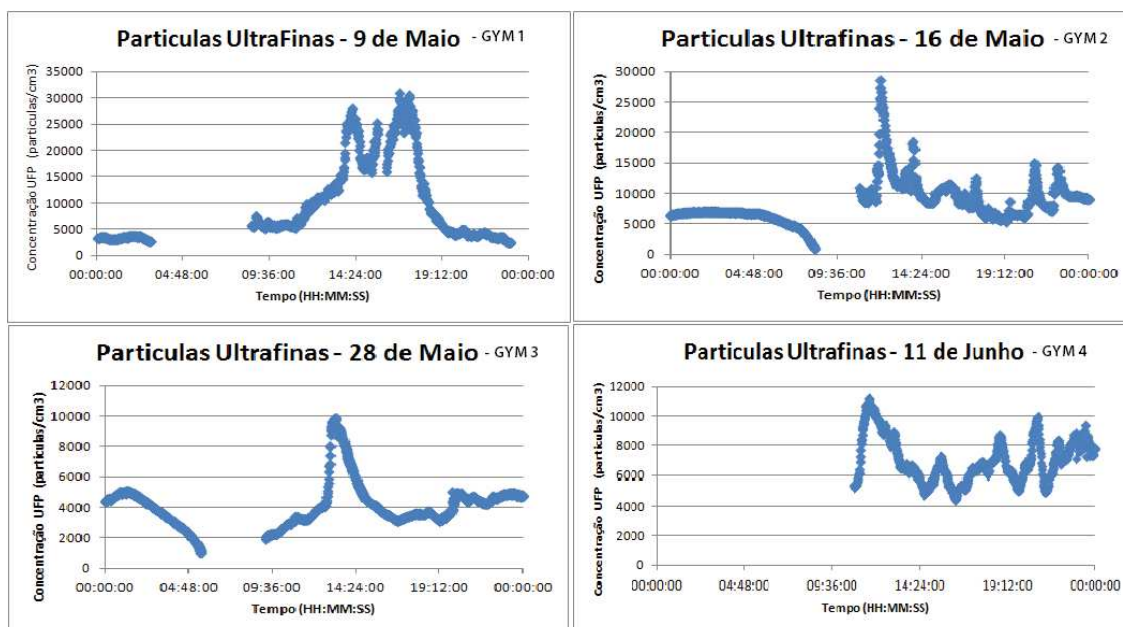


Figura 16 – Perfis exemplificativos de concentração de partículas ultrafinas nos diferentes ginásios.

No GYM 1 e GYM 4 existiram alguns dias em que se obtiveram quantidades de partículas mais elevadas e associadas a uma determinada atividade. No GYM 1 verificou-se um aumento do número de partículas devido à utilização de um aspirador durante a limpeza do ginásio. Esses picos são apresentados na figura 17.

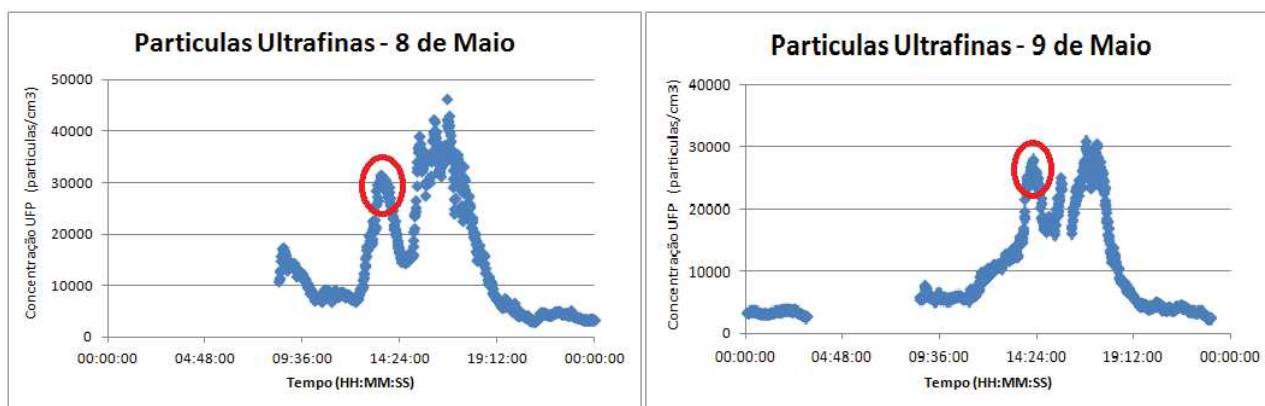


Figura 17 – Perfil de partículas ultrafinas proveniente da utilização de um aspirador – GYM 1 – 8 e 9 de Maio

Constatou-se que a utilização do aspirador originou uma quantidade de partículas entre 25000 e 30000 partículas/cm³. Quando se utiliza a vassoura também se verifica um aumento do número de partículas, no entanto com um valor consideravelmente menor, cerca de 16000 partículas/cm³ (figura 15).

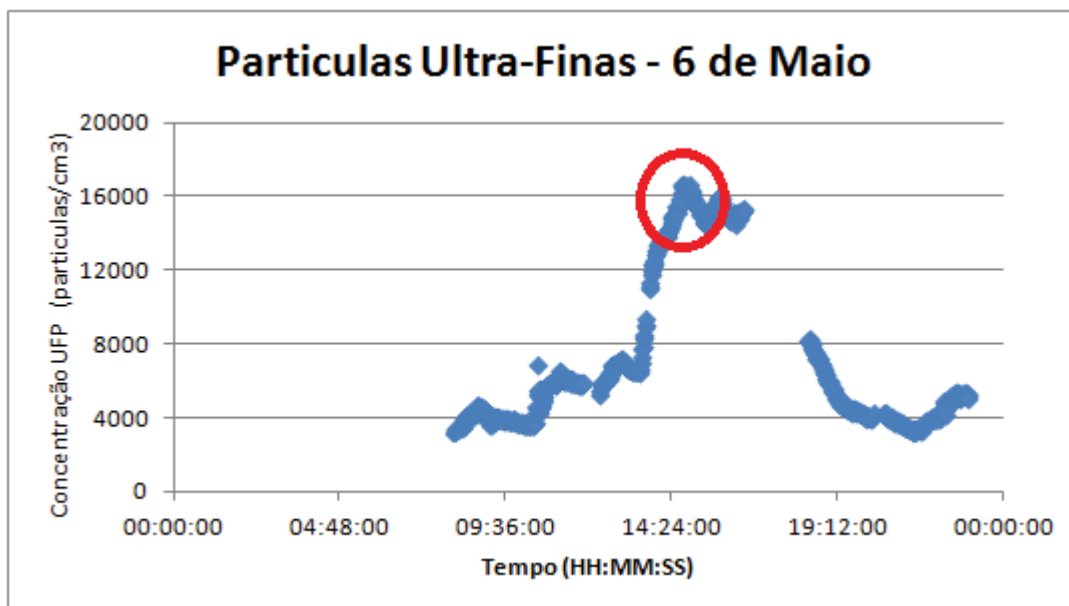


Figura 18 - Perfil com pico de partículas ultrafinas proveniente da limpeza com vassoura – GYM 1 – 6 de Maio

Nos primeiros três dias de amostragem no GYM 4 obtiveram-se quantidades de partículas ultrafinas extremamente elevadas, tendo atingido máximos de 88600, 77541 e 50850 para os dias 5, 6 e 7 de Junho, respetivamente. Do dia 8 de Junho em diante já se obtiveram valores similares aos obtidos nos outros ginásios. Não se verificou nenhuma atividade que justificasse os valores obtidos, no entanto dado o ginásio se localizar num centro comercial, por cima do piso da restauração e a entrada de ar do sistema de ventilação se situar muito perto das torres de arrefecimento e cogeração do centro comercial, tudo leva a crer que este aumento de partículas ultrafinas se deve à entrada das emissões provenientes das torres mencionadas no sistema de ventilação do ginásio, devido à direção do vento. Os perfis de variação das partículas ultrafinas obtidos nestes dias são apresentados na figura 16.

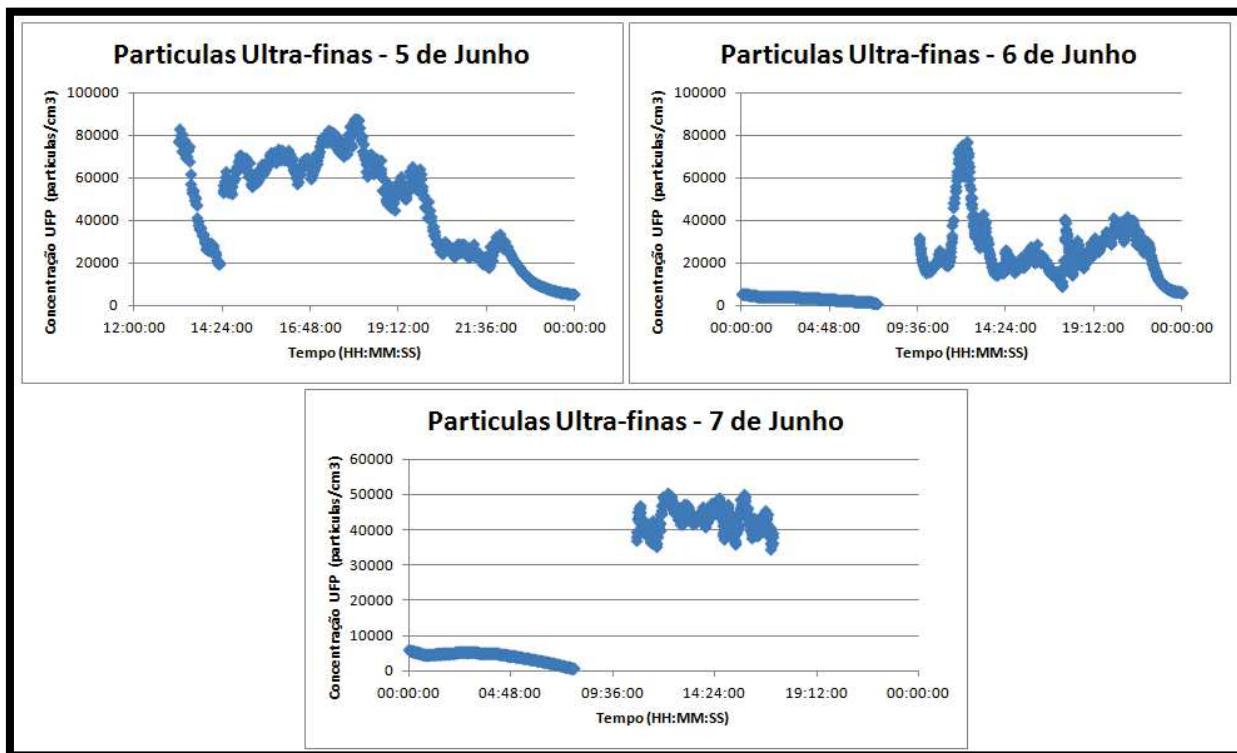


Figura 19 – Perfis de quantidade de partículas ultrafinas, com valores elevados, no GYM 4

É importante minimizar a quantidade de partículas ultrafinas presentes nos ambientes interiores, para tal deve ter-se em atenção o bom funcionamento dos sistemas de ventilação, assim como a qualidade do ar que entra através dos mesmos e sempre que possível substituir as atividades que originam este poluente, por outras de menor impacto. Sugere-se que quando não existam atividades substitutas se espere até que o nível de partículas diminua, e só depois se permita a permanência de pessoas no local.

4.3. Referências:

Agência Portuguesa do Ambiente, “Qualidade do ar em espaços interiores – Um guia técnico”, Janeiro 2009.

C. A. Alves, A. I. Calvo, A. Castro, R. Fraile, M. Evtugina, e E. F. BateEpey, “Air Quality in Sports Venues with Distinct Characteristics”, World Academy of Science, Engineering and Technology. Vol:7 2013-06-22

M. Branis e J. Safránek (2011^a), “Characterization of coarse particulate matter in school gyms”, *Environmental Research* 111 (2011) 485–491, doi:10.1016/j.envres.2011.03.010.

M. Branis, J. Safránek e A. Hytychová (2011b), “Indoor and outdoor sources of size - resolved mass concentration of particulate matter in a school gym - implications for exposure of exercising children”, *Environ Sci Pollut Res* (2011) 18:598–609, doi 10.1007/s11356-010-0405-0.

J. Fonseca, K. Slezakova, S. Morais, M. C. Pereira, “Assessment of ultrafine particles in Portuguese preschools: levels and exposure doses”, *Indoor Air* 2014, John Wiley & Sons A/S, doi:10.1111/ina.12114.

Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicação, Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril

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.

Ministério Economia e do Emprego, Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto.

Nota Técnica NT-SCE-02, Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE.

Presidência do Conselho de Ministro, Secretaria de Estado da Juventude e do Desporto, Ginásios - Diploma relativo à construção, instalação e funcionamento. (www.sejd.gov.pt)

T. J. Ward, C. P. Palmer, K. Hooper, M. Bergauff e C. W. Noonan, “The impact of a community-wide woodstove changeout intervention on air quality within two schools”, *Atmospheric Pollution Research* 4 (2013) 238-244, doi: 10.5094/APR.2013.025.

5. Considerações finais e propostas futuras

A problemática da QAI tem sido alvo de grandes estudos nos últimos tempos, dado que 80-90% do nosso tempo seja despendido em ambientes interiores.

Este estudo permitiu analisar a QAI em 4 ginásios com diferentes dimensões e diferentes localizações. Verificou-se que os poluentes com maiores níveis de excedência são o dióxido de carbono, os compostos orgânicos voláteis totais e as partículas PM_{2,5}. Estas excedências devem-se essencialmente à sobrelotação, atividade física e ventilação pouco eficiente. A localização da instalação dos ginásios é também um fator de extrema importância, sendo recomendado que este se situe em local pouco influenciado pelo tráfego automóvel, assim como, afastado de locais de possível interferência devido às atividades presentes, como é o caso dos centros comerciais.

Seria importante e interessante realizar estudos futuros, de forma a contemplar e avaliar alguns pontos que não puderam ser realizados neste estudo, nomeadamente:

- Calcular a taxa de ventilação e recirculação do caudal de ar, assim com o caudal mínimo de ar;
- Medição em paralelo dos principais poluentes no ar exterior;
- Determinar a velocidade e direção do vento exterior, nomeadamente em situações como a do GYM 4;
- Estudar os poluentes microbiológicos, dado existirem queixas de frequentadores de ginásios que não podem ser determinadas apenas com os poluentes aqui estudados;
- Avaliação da QAI em diferentes ginásios de uma mesma cadeia de ginásios, tendo em conta os meios envolventes diferentes e a localização (concelho/distrito).

6. ANEXOS

ANEXO A - Caracterização dos Ginásios

A.1 - Gym 1

Tabela A.1.1. - Características do GYM 1

Características		
Características de Construção	Ano de construção	2008 + Aumento pré-fabricado em 2012
	Materiais de construção	Tijolo, Betão
	Piso	1 (+ pré-fabricado)
Ginásio	Tipo de ginásio	Ginásio de pequena dimensão sem piscina. Inclui sala de aulas de grupo, sala de cycling, sala de musculação e cardiofitness, balneários, receção e 2 pequenas salas de arrumos.
	Ambiente	Zona urbana (R/C de prédio)
	Ventilação (Natural/Forçada)	Natural + Ar ventilado
	Sistemas de aquecimento (Existe/Não existe)	Não existe
	Principais materiais	Tijolo, betão, Madeira, cerâmica, alumínio, material pré-fabricado
	Revestimento do chão	Carpete de borracha
	Revestimento de parede	Pintura branca/amarela/parede de cortiça
	Revestimento do tecto	Pintura branca
	Periodo de amostras	2 de Maio até 10 de Maio de 2014, 24h/dia

Sala de aulas de grupo	Volume Total (m ³)	4,76 x 9,88 x 3,02
	Área Total (m ²)	4,76 x 9,88
	Comprimento da sala (m)	4,76
	Principais materiais	Tijolo, betão, tinta, vidros e espelhos
	Revestimento do chão	Carpete de borracha
	Revestimento de parede	Pintura branca
	Revestimento do teto	Pintura branca
	Área da porta (m ²)	1,46 x 3
	Tipo de porta	Porta de correr em madeira
	Número de portas	1
	Área de janela (m ²)	---
	Tipo de janela	Postigo de vidro simples, com moldura em alumínio

	Número de janelas	1 + continuação de vidro
	Período de amostras	2 de Maio até 7 de Maio 24h/dia
	Distance from sampling point to main exit (m)	4,46

Musculação/Cardiofitness	Volume Total (m ³)	Dimensões irregulares
	Área Total (m ²)	Dimensões irregulares
	Comprimento da sala (m)	3
	Principais materiais	Tijolo, betão, tinta, cortiça, vidros e espelhos
	Revestimento do chão	Carpete de borracha, revestimento de plástico
	Revestimento de parede	Pintura branca, amarela, parede de cortiça
	Revestimento do tecto	Pintura branca
	Área da porta (m ²)	Área geral, divida em duas salas sem porta.
	Tipo de porta	---
	Número de portas	---
	Área de janela (m ²)	---
	Tipo de janela	Postigo de vidro simples, com moldura em alumínio
	Número de janelas	3
	Período de amostras	7 de Maio até 10 de Maio 24h/dia
	Distance from sampling point to main exit (m)	---



Figura A.1.1. – Sala de aulas de grupo do GYM1

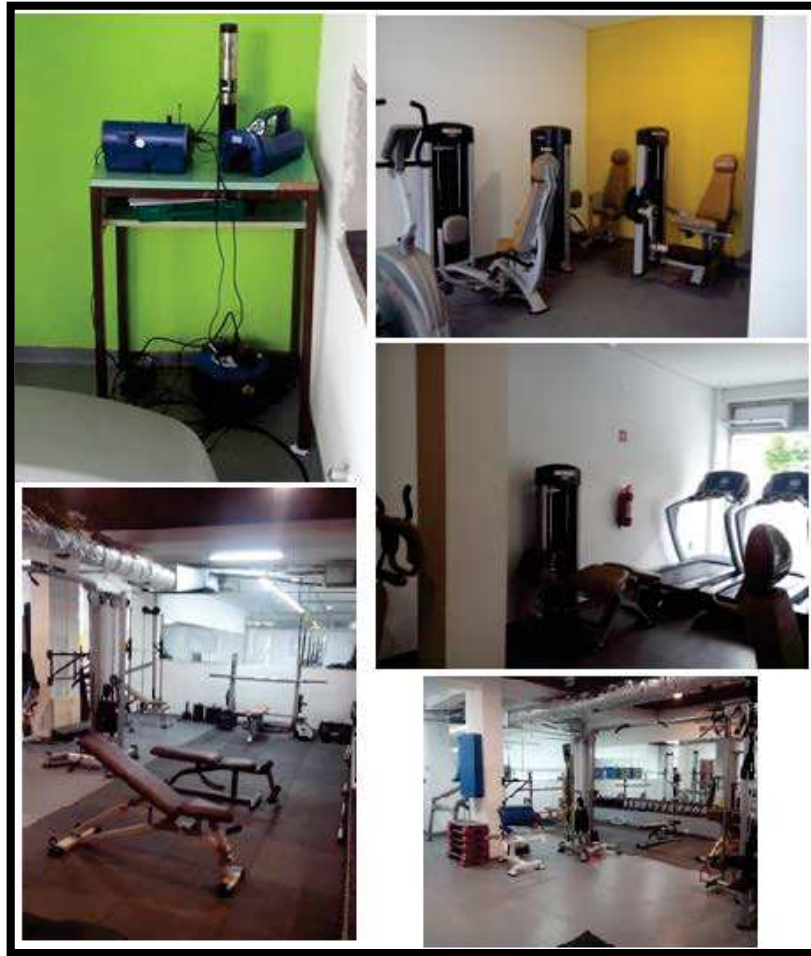


Figura A.1.2. – Sala de musculação e CardioFitness do GYM 1

A.2 – Gym 2

Tabela A.2.1. – Características do GYM 2

Características		
Características de Construção	Ano de construção	2007
	Materiais de construção	Tijolo, Betão
	Piso	1
Ginásio	Tipo de ginásio	Ginásio de pequena dimensão sem piscina. Inclui sala de aulas de grupo, sala de musculação, sala de cardiofitness, sauna, balneários, receção e 1 salas de arrumos.
	Ambiente	Zona urbana (inserido em edifício universitário)
	Ventilação (Natural/Forçada)	Ar condicionado (ultima limpeza em Março de 2014)
	Sistemas de aquecimento (Existe/Não existe)	Não existe
	Principais materiais	Tijolo, betão, Madeira, cerâmica, alumínio, chão revestido com madeira.
	Revestimento do chão	Revestimento com Madeira e pintura.
	Revestimento de parede	Pintura branca e vermelha
	Revestimento do tecto	Teto falso com pintura branca
	Periodo de amostras	12 de Maio até 22 de Maio de 2014, 24h/dia

Musculação	Volume Total (m ³)	---
	Área Total (m ²)	91,13
	Altura da sala (m)	3,69
	Principais materiais	Tijolo, betão, tinta, vidros e espelhos, alumínio
	Revestimento do chão	Revestimento com madeira
	Revestimento de parede	Pintura branca, vermelha e espelhos
	Revestimento do tecto	Teto falso com pintura branca
	Área da porta (m ²)	---
	Tipo de porta	Porta comum
	Número de portas	3 (apenas 1 está aberta diretamente para a área de receção do ginásio)

	Área de janela (m ²)	---
	Tipo de janela	Janelas de vidro simples que não abrem
	Número de janelas	---
	Periodo de amostras	12 de Maio até 15 de Maio 24h/dia
	Distance from sampling point to main exit (m)	---

Cardiofitness	Volume Total (m ³)	159,81
	Área Total (m ²)	43,31
	Altura da sala (m)	3,69
	Principais materiais	Tijolo, betão, tinta, vidros e espelhos
	Revestimento do chão	Revestimento com pintura impermeabilizada
	Revestimento de parede	Pintura branca, vermelha e espelhos
	Revestimento do tecto	Teto falso com pintura branca
	Área da porta (m ²)	---
	Tipo de porta	Porta comum
	Número de portas	1
	Área de janela (m ²)	---
	Tipo de janela	---
	Número de janelas	0
	Periodo de amostras	15 de Maio até 20 de Maio 24h/dia
Distance from sampling point to main exit (m)	---	

Sala de aulas de grupo	Volume Total (m ³)	---
	Área Total (m ²)	74,12
	Altura da sala (m)	3,46
	Principais materiais	Tijolo, betão, tinta, vidros e espelhos
	Revestimento do chão	Revestimento com madeira
	Revestimento de parede	Pintura branca, vermelha e espelhos
	Revestimento do tecto	Teto falso com Pintura branca
	Área da porta (m ²)	---
	Tipo de porta	Porta comum
	Número de portas	1
	Área de janela (m ²)	---
	Tipo de janela	Janelas de vidro simples que não abrem
	Número de janelas	---
	Periodo de amostras	20 de Maio até 22 de Maio 24h/dia
Distance from sampling point to main exit (m)	---	



Figura A.2.1. - Sala de aulas de grupo do GYM2



Figura A.2.2. - Salas de musculação e CardioFitness do GYM 2

A.3 – Gym 3

Tabela A.3.1. – Características do GYM 3

Características		
Características de Construção	Ano de construção	2006 (Instalação do ginásio 2008)
	Materiais de construção	Tijolo, Betão, Azulejo, Madeira
	Piso	0
Ginásio	Tipo de ginásio	Ginásio com piscina, constituído por sala de chicle, 3 estúdios de aulas de grupo, 3 balneários, 2 gabinetes de estética, gabinete médico e receção.
	Ambiente	Zona urbana (Cave de prédio)
	Ventilação (Natural/Forçada)	Ventilação forçada de extração com ventilador centrifugo e ar condicionado com máquinas de condutas in/out (Ultima limpeza a 23 de Maio de 2014)
	Sistemas de aquecimento (Existe/Não existe)	Não existe
	Principais materiais	Madeira, Tijolo, Betão, vidro, espelhos, alumínio.
	Revestimento do chão	Revestimento plástico laranja, amarelo e madeira.
	Revestimento de parede	Pintura cinza e branca, betão sem revestimento, armário de madeira
	Revestimento do tecto	Pintura cinza, branca e preta, teto falso com pintura branca
	Periodo de amostras	26 de Maio até 6 de Junho de 2014

Musculação e CardioFitness	Volume Total (m ³)	698,32
	Área Total (m ²)	162,40
	Altura da sala (m)	4,30
	Principais materiais	Madeira, tijolo, betão, vidro, espelhos e alumínio
	Revestimento do chão	Plástico laranja
	Revestimento de parede	Pintura branca, espelhos,

		parede de vidro que separa da área de piscina
	Revestimento do tecto	Pintura preta + condutas do ar forçado
	Área da porta (cm ²)	89 x 240
	Tipo de porta	Porta de vidro
	Número de portas	2 (sempre abertas para os corredores do ginásio)
	Área de janela (m ²)	---
	Tipo de janela	Inexistente
	Número de janelas	---
	Periodo de amostras	26 de Maio até 30 de Maio (17h30) de 2014
	Distance from sampling point to main exit (m)	---

Sala de aulas de grupo	Volume Total (m ³)	265,20
	Área Total (m ²)	88,40
	Altura da sala (m)	3,00
	Principais materiais	Madeira, betão, espelhos, vidro, alumínio.
	Revestimento do chão	Plástico amarelo
	Revestimento de parede	Espelhos, armários de madeira, parede de vidro que separa da área de piscina
	Revestimento do tecto	Teto falso com pintura branca
	Área da porta (cm ²)	89 x 240
	Tipo de porta	Porta de vidro
	Número de portas	2
	Área de janela (m ²)	---
	Tipo de janela	Inexistente
	Número de janelas	---
	Periodo de amostras	30 de Maio (17h30) até 2 de Junho
	Distance from sampling point to main exit (m)	6,70

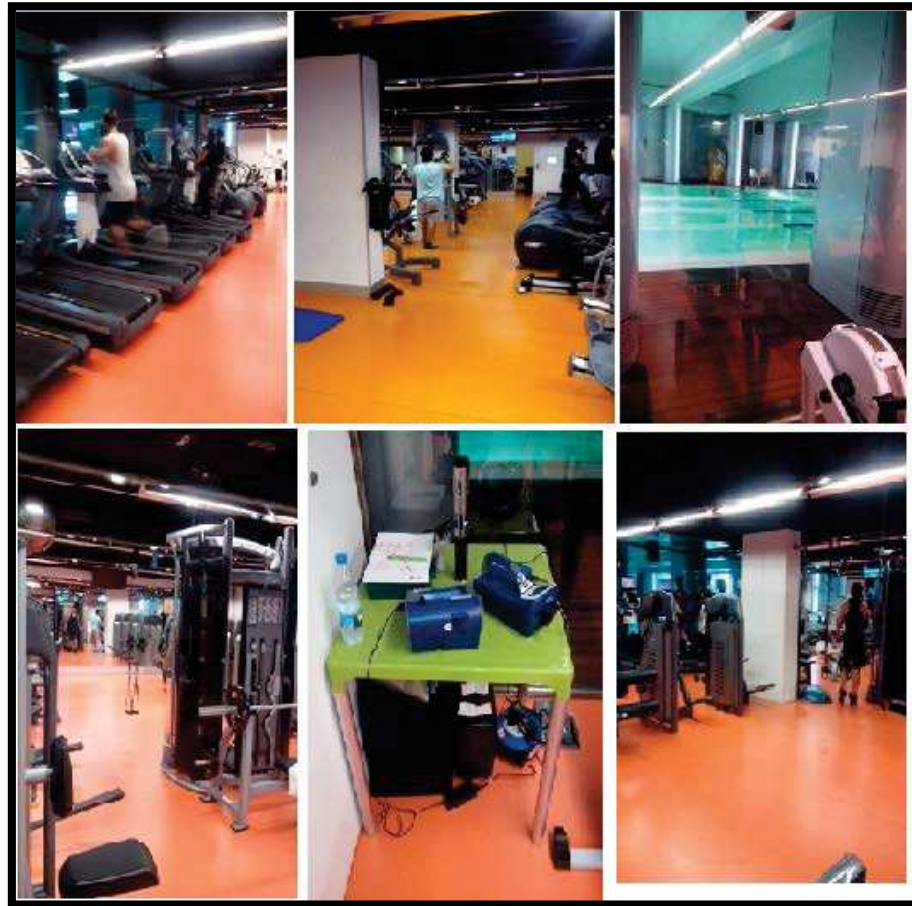


Figura A.3.1. - Sala de musculação e CardioFitness do GYM 3



Figura A.3.2. - Sala de aulas de grupo do GYM 3

A.4 – Gym 4

Tabela A.4.1. – Características do GYM 4

Características		
Características de Construção	Ano de construção	
	Materiais de construção	Tijolo, Betão, Azulejo, Madeira
	Piso	1
Ginásio	Tipo de ginásio	Ginásio com piscina, constituído por 2 balneários, 3 estúdios interiores de aulas de grupo, gabinetes de saúde e beleza, SPA e receção.
	Ambiente	Zona urbana, industrial e comercial (inserido num shopping center)
	Ventilação (Natural/Forçada)	Ventilação forçada de extração com ventilador centrifugo e ar condicionado com máquinas de condutas in/out (Ultima limpeza dos filtros primário a 5 de Maio de 2014)
	Sistemas de aquecimento (Existe/Não existe)	Não existe
	Principais materiais	Madeira, Tijolo, Betão, vidro, espelhos, alumínio.
	Revestimento do chão	Revestimento plástico laranja, madeira.
	Revestimento de parede	Pintura cinza e branca, betão sem revestimento
	Revestimento do tecto	Sem pintura + condutas do ar forçado
	Periodo de amostras	De 5 a 12 e 18 a 19 de Junho de 2014
	Musculação e CardioFitness	Volume Total (m ³)
Área Total (m ²)		626
Altura da sala (m)		4
Principais materiais		Madeira, tijolo, betão, vidro, espelhos e alumínio
Revestimento do chão		Plástico laranja
Revestimento de parede		Pintura branca e rosa, espelhos, parede de vidro que separa dos estúdios

	Revestimento do tecto	Sem pintura + condutas do ar forçado
	Área da porta (cm ²)	Sem porta (Ligação direta com corredor de acesso aos balneários e receção).
	Tipo de porta	--
	Número de portas	--
	Área de janela (m ²)	--
	Tipo de janela	Janelas de vidro simples que não abrem
	Número de janelas	--
	Periodo de amostras	De 5 até às 11h00 de 12 de Junho.
	Distance from sampling point to main exit (m)	--

Sala de aulas de grupo	Volume Total (m ³)	10,5 x 5,5 x 4
	Área Total (m ²)	10,5 x 5,5
	Altura da sala (m)	4
	Principais materiais	Madeira, betão, espelhos, vidro, alumínio.
	Revestimento do chão	Madeira
	Revestimento de parede	Espelhos e pintura branca
	Revestimento do tecto	Pintura branca + condutas de ar forçado
	Área da porta (cm ²)	---
	Tipo de porta	Porta de vidro
	Número de portas	1
	Área de janela (m ²)	---
	Tipo de janela	Janelas de vidro simples que não abrem
	Número de janelas	---
	Periodo de amostras	De 12 a 14 e 18 a 19 de Junho
	Distance from sampling point to main exit (m)	---



Figura A.4.1. – Fotografias do GYM 4

ANEXO B – Contagem de Tráfego

B.1. – Tráfego GYM 1

A contagem do tráfego nas imediações do GYM1, foi realizada no dia 6 de Maio entre as 8h00 e as 20h00, no dia 7 de Maio entre as 8h00 e as 13h, e no dia 8 de Maio entre as 15h00 e as 21h00. A contagem é apresentada na tabela seguinte.

Tabela B.1.1 – Contagem de Tráfego GYM 1

GYM 1				
Período de referência		nº de veículos		
Dia	Hora	Ligeiros	Bus	Motociclos
06-Mai	8:25-8:35	66	2	1
	9:20-9:30	67	1	0
	10:25-10:35	47	3	0
	11:20-11:30	47	1	1
	12:20-12:30	40	2	0
	13:20-13:30	66	1	1
	14:15-14:25	42	1	1
	15:15-15:25	34	2	3
	16:15-16:25	29	1	2
	17:15-17:25	23	1	0
	18:15-18:25	58	2	7
	19:15-19:25	44	1	4
	20:15-20:25	28	1	3
07-Mai	8:40-8:50	63	2	1
	9:40-9:50	50	1	1
	10:40-10:50	54	0	1
	11:35-11:45	42	1	0
	12:30-12:40	65	1	1
	13:25-13:35	72	1	0
08-Mai	15:25-15:35	34	2	2
	16:25-16:35	42	1	0
	17:25-17:35	36	2	3
	18:25-18:35	62	2	5
	19:25-19:35	53	2	0
	20:25-20:35	23	1	2
	21:25-21:35	21	2	0

B.2. – Tráfego GYM 2

A contagem do tráfego nas imediações do GYM2, foi realizada no dia 14 de Maio entre as 8h00 e as 14h00, no dia 15 de Maio entre as 15h00 e as 21h, e no dia 20 de Maio entre as 8h00 e as 21h00. A contagem é apresentada na tabela seguinte.

Tabela B.2.1. - Contagem de Tráfego GYM 2

GYM 2				
Período de referência		nº de veículos		
Dia	Hora	Ligeiros	Bus	Motociclos
14-Mai	8:10-8:20	165	4	4
	9:10-9:20	175	4	2
	10:10-10:20	142	2	3
	11:10-11:20	103	3	5
	12:10-12:20	138	2	2
	13:10-13:20	160	2	2
	14:10-14:20	124	4	3
15-Mai	15:10-15:20	152	2	0
	16:10-16:20	156	0	3
	17:10-17:20	195	1	4
	18:10-18:20	163	1	5
	19:10-19:20	125	1	1
	20:10-20:20	189	1	3
	21:10-21:20	74	1	1
20-Mai	8:05-8:15	150	3	5
	9:05-9:15	160	4	3
	10:05-10:15	173	3	4
	11:05-11:15	109	2	3
	12:05-12:15	135	3	4
	13:05-13:15	142	4	2
	14:05-14:15	113	2	5
	15:05-15:15	132	2	1
	16:00-16:10	147	0	1
	17:05-17:15	196	1	1
	18:05-18:15	213	3	0
	19:05-19:15	132	0	0
	20:00-20:10	218	4	1
21:00-21:10	95	1	3	

Anexo C – Resultados

C.1. – Dióxido de Carbono

Tabela C.1.1. – Resultados CO2 para o GYM 1

		Dióxido de Carbono (ppm)									Global	
		2 de Maio	3 de Maio	4 de Maio	5 de Maio	6 de Maio	7 de Maio	8 de Maio	9 de Maio	10 de Maio		
Percentil	Média 1	---	---	437	437	531	---	464	466	429	461	GYM 1
	Média 2	---	848	437	1021	959	1053	634	713	432	762	
	Média 3	1457	620	409	2061	2017	1205	926	957	---	1206	
	Mínimo	485	426	402	412	457	464	403	405	409	402	
	Máximo	3112	2192	813	3839	4468	2369	2124	1790	581	4468	
	Mediana	1290	564	426	836	682	1157	548	559	430	564	
	0,75	2085	798	449	1568	1645	1526	762	938	435	932	
	0,25	699	478	408	444	510	597	476	454	416	446	

Tabela C.1.2. – Resultados CO2 para o GYM 2

		Dióxido de Carbono (ppm)										Global		
		12 de Maio	13 de Maio	14 de Maio	15 de Maio	16 de Maio	17 de Maio	18 de Maio	19 de Maio	20 de Maio	21 de Maio		22 de Maio	
Percentil	Média 1	---	406	523	413	484	538	443	421	476	478	495	468	GYM 2
	Média 2	---	1194	1156	905	985	542	439	898	893	803	703	852	
	Média 3	1412	1389	1229	1107	936	449	444	975	938	904	---	978	
	Mínimo	501	378	421	380	444	410	427	415	437	433	422	378	
	Máximo	2036	2116	1825	2178	1798	1121	453	2932	1623	1703	1087	2932	
	Mediana	1430	1073	966	766	770	465	441	698	700	688	493	700	
	0,75	1716	1384	1326	1081	1007	529	446	1005	978	890	591	1047	
0,25	1247	412	535	421	489	445	438	422	485	480	446	447		

Tabela C.1.3. – Resultados CO2 para GYM 3

		Dióxido de Carbono (ppm)								
		26 de Maio	27 de Maio	28 de Maio	29 de Maio	30 de Maio	31 de Maio	1 de Junho	2 de Junho	Global
	Média 1	---	1320	1321	1281	1330	1210	1166	667	1185
	Média 2	2606	2302	2541	2142	2363	1502	1169	1281	1988
	Média 3	2990	3120	2881	2922	2100	1409	912	---	2334
	Mínimo	2091	970	934	982	938	723	668	582	582
	Máximo	4248	4060	3988	4194	3030	2424	1721	2320	4248
	Mediana	2652	2359	2415	2129	1847	1407	1043	712	1988
Percentil	0,75	3126	2767	2689	2363	2513	1485	1275	1094	2478
	0,25	2419	1523	1527	1377	1406	1119	910	655	1137

Tabela C.1.4. – Resultados CO2 para GYM 4

		Dióxido de Carbono (ppm)													
		5 de Junho	6 de Junho	7 de Junho	8 de Junho	9 de Junho	10 de Junho	11 de Junho	12 de Junho	13 de Junho	14 de Junho	18 de Junho	19 de Junho	20 de Junho	Global
	Média 1	---	490	---	517	521	516	481	569	548	525	---	562	562	529
	Média 2	946	750	865	565	959	720	809	672	723	502	---	568	671	729
	Média 3	1064	---	883	679	972	552	1055	970	619	---	904	982	---	868
	Mínimo	602	412	632	424	439	376	444	425	460	407	466	405	419	376
	Máximo	1491	1072	1211	878	1553	1194	1677	2697	1591	632	1976	2556	1417	2697
	Mediana	1086	510	880	607	631	522	699	624	561	513	661	553	558	628
Percentil	0,75	1296	595	964	623	1055	652	982	755	660	546	1207	793	650	807
	0,25	795	446	770	477	524	423	483	526	516	495	542	479	498	496

C.2. – Monóxido de Carbono

Tabela C.2.1. - Resultados CO para GYM 1

		Monóxido de Carbono (ppm)										
		2 de Maio	3 de Maio	4 de Maio	5 de Maio	6 de Maio	7 de Maio	8 de Maio	9 de Maio	10 de Maio	Global	
	Média 1	---	---	0,01	0,00	0,00	---	0,16	0,53	0,02	0,12	GYM 1
	Média 2	---	0,02	0,01	0,17	0,02	0,03	0,58	0,26	0,00	0,14	
	Média 3	1,20	0,09	0,00	0,61	0,25	2,71	0,47	0,94	---	0,78	
	Mínimo	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Máximo	1,80	0,50	0,30	1,10	0,90	6,80	2,10	2,60	0,50	6,80	
	Mediana	1,30	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,50	0,02	0,02	
	Percentil	0,75	1,50	0,10	0,00	0,40	0,10	2,33	0,80	0,70	0,00	
0,25		0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	

Tabela C.2.2. – Resultados CO para GYM 2

		Monóxido de Carbono (ppm)												
		12 de Maio	13 de Maio	14 de Maio	15 de Maio	16 de Maio	17 de Maio	18 de Maio	19 de Maio	20 de Maio	21 de Maio	22 de Maio	Global	
	Média 1	---	0,00	0,00	0,00	1,06	1,87	0,00	0,00	0,28	0,00	0,41	0,36	GYM 2
	Média 2	---	0,00	0,04	0,00	0,89	1,17	0,00	0,08	0,08	0,00	0,02	0,23	
	Média 3	0,44	0,30	0,49	0,44	0,66	3,14	0,00	0,12	0,00	0,00	---	0,56	
	Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Máximo	2,80	2,00	2,60	1,80	3,50	7,20	0,00	1,00	0,80	0,00	0,60	7,20	
	Mediana	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	
Percentil	0,75	0,40	0,00	0,00	0,00	1,30	2,90	0,00	0,00	0,20	0,00	0,50	0,30	
	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabela C.2.3. – Resultados CO para GYM 3

		Monóxido de Carbono (ppm)								
		26 de Maio	27 de Maio	28 de Maio	29 de Maio	30 de Maio	31 de Maio	1 de Junho	2 de Junho	Global
	Média 1	---	2,82	4,52	3,67	1,47	1,92	2,55	0,00	2,42
	Média 2	1,38	0,70	0,81	0,49	0,51	0,99	1,05	0,10	0,75
	Média 3	1,76	1,76	1,42	1,24	1,24	2,62	1,05	---	1,59
	Mínimo	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	4,60	5,10	6,00	5,60	3,50	4,40	3,60	0,70	6,00
	Mediana	1,40	1,10	1,10	0,90	0,80	2,20	1,90	0,00	1,10
	Percentil	0,75	1,50	3,00	4,80	3,30	1,80	2,80	2,40	0,00
0,25		1,10	0,90	0,80	0,50	0,30	0,30	0,20	0,00	0,50

GYM3

Tabela C.2.4. – Resultados CO para GYM 4

		Monóxido de Carbono (ppm)													
		5 de Junho	6 de Junho	7 de Junho	8 de Junho	9 de Junho	10 de Junho	11 de Junho	12 de Junho	13 de Junho	14 de Junho	18 de Junho	19 de Junho	20 de Junho	Global
	Média 1	---	0,00	---	0,02	0,00	0,01	0,00	0,07	0,05	1,25	---	0,14	0,30	0,18
	Média 2	2,70	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	---	0,00	0,00	0,37
	Média 3	1,10	---	0,78	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,04	---	0,00	0,00	---	0,20
	Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	3,90	0,00	1,80	0,10	0,00	0,10	1,20	0,60	0,50	2,70	0,00	0,40	0,90	3,90
	Mediana	1,60	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Percentil	0,75	2,50	0,00	1,50	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	0,20	0,00
	0,25	0,10	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

GYM 4

C.3. – Ozono

Tabela C.3.1. – Resultados O3 para GYM 1

		Ozono (ppm)										GYM 1
		2 de Maio	3 de Maio	4 de Maio	5 de Maio	6 de Maio	7 de Maio	8 de Maio	9 de Maio	10 de Maio	Global	
Percentil	Média 1	---	---	0,01	0,02	0,02	---	0,02	0,02	0,03	0,02	
	Média 2	---	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	
	Média 3	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,04	---	0,02	
	Mínimo	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	
	Máximo	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06	0,03	0,06	
	Mediana	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	
	0,75	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	
	0,25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	

Tabela C.3.2. – Resultados O3 para GYM 2

		Ozono (ppm)											GYM 2
		12 de Maio	13 de Maio	14 de Maio	15 de Maio	16 de Maio	17 de Maio	18 de Maio	19 de Maio	20 de Maio	21 de Maio	22 de Maio	
Percentil	Média 1	---	0,00	0,02	0,02	0,04	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03
	Média 2	---	0,02	0,04	0,03	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,04	0,03	0,04
	Média 3	0,03	0,04	0,05	0,04	0,06	0,05	0,18	0,11	0,04	0,04	---	0,06
	Mínimo	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00
	Máximo	0,10	0,09	0,11	0,07	0,08	0,07	0,61	0,84	0,07	0,06	0,04	0,84
	Mediana	0,01	0,01	0,03	0,03	0,06	0,05	0,06	0,06	0,04	0,03	0,02	0,03
	0,75	0,03	0,03	0,04	0,04	0,07	0,06	0,07	0,07	0,05	0,04	0,03	0,06
	0,25	0,01	0,00	0,03	0,02	0,04	0,05	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03

Tabela C.3.3. – Resultados O3 para GYM 3

		Ozono (ppm)									GYM3
		26 de Maio	27 de Maio	28 de Maio	29 de Maio	30 de Maio	31 de Maio	1 de Junho	2 de Junho	Global	
Percentil	Média 1	---	0,06	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,20	0,09	
	Média 2	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	
	Média 3	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,11	0,08	---	0,08	
	Mínimo	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,01	0,01	
	Máximo	0,07	0,08	0,10	0,10	0,14	0,14	0,12	0,56	0,56	
	Mediana	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	
	0,75	0,06	0,06	0,08	0,08	0,10	0,11	0,09	0,20	0,09	
	0,25	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	

Tabela C.3.4. – Resultados O3 para GYM 4

		Ozono (ppm)												GYM 4	
		5 de Junho	6 de Junho	7 de Junho	8 de Junho	9 de Junho	10 de Junho	11 de Junho	12 de Junho	13 de Junho	14 de Junho	18 de Junho	19 de Junho		20 de Junho
Percentil	Média 1	---	0,03	---	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	---	0,03	0,05	0,03
	Média 2	0,20	0,03	0,13	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	---	0,04	0,25	0,07
	Média 3	0,10	---	0,08	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	---	0,03	0,04	---	0,04
	Mínimo	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
	Máximo	0,48	0,06	0,16	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	1,25	0,48
	Mediana	0,13	0,03	0,12	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03
	0,75	0,17	0,03	0,14	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,09	0,04
	0,25	0,06	0,03	0,06	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02

C.4. – Formaldeído

Tabela C.4.1. – Resultados Formaldeído para GYM 1

GYM 1		Formaldeído (ppm)																					
		05-Mai					06-Mai					07-Mai				08-Mai				09-Mai			
		08:15	09:45	10:55	15:58	18:00	08:06	09:58	13:36	16:00	18:10	09:05	10:55	13:35	11:20	12:45	16:00	19:37	08:40	13:10	16:30	19:30	
A	0,03	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,04	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	n.d.	n.d.	0,02	0,02	n.d.	n.d.		
	0,03	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,02	n.d.	n.d.		
	0,03	0,04	0,02	n.d.	n.d.	0,03	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,02	n.d.	n.d.		
B	0,04	0,04	0,02	n.d.	n.d.	0,03	0,04	0,02	n.d.	n.d.	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	n.d.	n.d.	0,02	0,02	n.d.	n.d.	
	0,02	0,05	0,02	n.d.	n.d.	0,03	0,03	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,02	n.d.	n.d.		
C	0,03	0,05	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	n.d.	n.d.	0,01	0,02	n.d.	n.d.		
	0,03	0,02	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	n.d.	n.d.	0,03	0,01	n.d.	n.d.		
	0,03	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	n.d.	n.d.	0,02	0,02	n.d.	n.d.		
	0,03	0,04	0,04	n.d.	n.d.	0,03	0,03	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	n.d.	n.d.	0,03	0,02	n.d.	n.d.		
Média	0,03	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,04	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	n.d.	n.d.	0,02	0,02	n.d.	n.d.		

Tabela C.4.2. – Resultados Formaldeído para GYM 2

GYM 2		Formaldeído (ppm)																		
		13-Mai	14-Mai	15-Mai				16-Mai			17-Mai	18-Mai	19-Mai			20-Mai		21-Mai		
		08:43	08:36	09:30	15:30	18:22	20:20	10:50	16:30	18:15	---	---	09:20	11:45	17:11	10:30	20:40	11:50	15:30	18:36
A	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	0,01	n.d.	0,01	0,01	---	---	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,04	0,03	0,03	
	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	0,01	---	---	0,03	0,02	0,02	0,01	0,04	0,04	0,01	0,03	
	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	0,01	---	---	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,01	0,03	
B	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	---	---	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,03	0,01	0,02	
	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	0,01	0,02	n.d.	0,01	0,01	---	---	0,01	0,02	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01	0,02	
C	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	0,01	0	n.d.	n.d.	0,01	---	---	n.d.	0,02	0,01	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	
	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	---	---	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	
	n.d.	n.d.	n.d.	0,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	---	---	n.d.	0,02	0,02	0,01	0,04	0,04	0,02	0,01	
Média	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	0,01	0,01	n.d.	0,01	0,01	---	---	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,03	0,02	0,02

C.5. – Matéria Particulada

Tabela 20 – Resultados de Matéria Particulado para GYM 1

		02 de Maio					03 de Maio					04 de Maio				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	---	---	---	---	---	12,4	12,8	13,5	15,3	15,7	42,9	43,6	44,0	44,6	44,7
	Média 2	---	---	---	---	---	29,3	30,0	30,8	34,7	43,7	30,3	30,8	31,3	32,7	34,6
	Média 3	34,8	36,4	38,8	50,4	67,6	35,2	36,2	37,4	40,8	44,5	42,9	43,4	43,6	44,0	44,1
	Mínimo	12,0	12,0	13,0	16,0	17,0	10,0	10,0	11,0	12,0	12,0	26,0	27,0	27,0	27,0	27,0
	Máximo	328,0	347,0	368,0	459,0	628,0	73,0	75,0	78,0	93,0	179,0	65,0	65,0	65,0	66,0	66,0
	Mediana	21,0	22,0	23,0	29,0	38,0	32,0	33,0	35,0	37,0	38,0	34,0	34,0	35,0	36,0	37,0
Percentil	75%	29,0	30,0	31,0	44,0	61,0	36,0	37,0	38,0	42,0	46,0	47,0	48,0	48,0	49,0	49,0
	25%	18,0	19,0	20,0	24,0	28,0	27,0	27,0	27,0	28,0	28,0	30,0	31,0	31,0	32,0	33,0

		05 de Maio					06 de Maio					07 de Maio				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	47,8	48,9	49,3	49,6	49,6	47,9	49,1	49,8	51,8	52,8	---	---	---	---	---
	Média 2	71,5	74,5	76,2	80,8	87,4	38,3	39,6	40,7	44,3	50,3	35,7	38,1	39,4	43,0	50,0
	Média 3	74,0	78,4	82,8	102,4	132,4	37,8	39,7	41,3	46,3	55,3	36,9	38,8	40,0	43,7	49,4
	Mínimo	43,0	44,0	44,0	44,0	44,0	26,0	27,0	27,0	28,0	29,0	25,0	25,0	26,0	26,0	26,0
	Máximo	277,0	285,0	294,0	390,0	693,0	80,0	82,0	86,0	120,0	231,0	76,0	80,0	82,0	95,0	154,0
	Mediana	59,0	62,0	64,0	71,0	78,0	42,0	43,0	44,0	47,0	50,0	36,0	38,0	39,0	43,0	47,0
Percentil	75%	74,0	78,0	80,0	89,0	97,0	47,0	48,0	49,0	51,0	57,0	40,0	43,0	44,0	48,0	55,0
	25%	51,0	53,0	53,0	54,0	54,0	37,0	38,0	40,0	43,0	45,0	32,0	34,0	34,0	37,0	40,0

		08 de Maio					09 de Maio					10 de Maio				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	36,6	38,6	39,3	40,0	40,2	25,6	27,0	27,5	28,1	28,3	25,1	25,9	26,3	26,7	27,1
	Média 2	38,1	40,6	41,9	45,5	50,3	36,0	37,3	38,1	40,7	45,4	---	---	---	---	---
	Média 3	22,6	24,3	25,6	30,5	37,6	22,7	24,3	25,5	29,8	35,8	---	---	---	---	---
	Mínimo	12,0	13,0	14,0	15,0	17,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	21,0	22,0	23,0	23,0	23,0
	Máximo	196,0	199,0	199,0	200,0	200,0	62,0	65,0	69,0	107,0	182,0	36,0	37,0	38,0	43,0	62,0
	Mediana	30,0	31,0	32,0	35,0	37,0	23,0	25,0	26,0	27,5	29,0	24,0	25,0	25,0	26,0	26,0
Percentil	75%	43,0	45,0	46,0	48,0	51,0	39,0	40,0	41,0	43,0	47,0	27,0	28,0	28,0	28,0	28,0
	25%	24,0	25,0	27,0	30,0	32,0	21,0	22,0	22,0	24,0	25,0	23,0	24,0	24,0	25,0	25,0

Tabela 21 – Resultados de Matéria Particulada para GYM 2

		12 de Maio					13 de Maio					14 de Maio				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	---	---	---	---	---	19,0	19,4	19,5	19,5	19,5	15,6	16,3	16,8	18,4	19,2
	Média 2	22,0	23,2	23,9	26,8	32,5	20,2	20,9	21,6	24,5	30,2	19,6	20,7	22,1	28,3	41,7
	Média 3	16,5	17,6	18,2	20,8	25,8	24,2	25,2	26,0	29,1	35,3	22,0	22,6	23,1	25,7	31,3
	Mínimo	10,0	11,0	11,0	13,0	14,0	15,0	16,0	16,0	16,0	16,0	10,0	10,0	10,0	11,0	11,0
	Máximo	87,0	88,0	89,0	104,0	171,0	38,0	40,0	44,0	67,0	88,0	54,0	55,0	57,0	80,0	186,0
	Mediana	17,0	18,0	19,0	22,0	28,0	20,0	20,0	21,0	22,0	27,0	18,0	19,0	20,0	24,0	28,0
Percentil	75%	21,0	22,0	23,0	26,0	33,0	23,0	24,0	25,0	29,0	34,0	22,0	23,0	24,0	28,0	35,0
	25%	16,0	17,0	17,0	19,0	23,0	18,0	19,0	19,0	20,0	20,0	15,0	16,0	17,0	19,0	21,0

		15 de Maio					16 de Maio					17 de Maio				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	10,9	11,1	11,2	11,6	12,0	53,5	59,4	62,1	69,8	78,6	24,0	24,5	24,9	25,4	25,5
	Média 2	23,1	24,6	25,1	27,0	30,7	84,8	97,6	104,6	124,1	143,4	15,7	16,1	16,4	17,3	18,4
	Média 3	24,7	25,7	26,3	28,8	35,8	51,4	55,4	56,4	59,6	66,7	15,6	15,9	16,0	16,1	16,1
	Mínimo	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0	17,0	18,0	18,0	18,0	18,0	38,0	40,0	40,0	41,0	45,0
	Máximo	179,0	199,0	200,0	201,0	203,0	638,0	777,0	829,0	1080,0	1270,0	12,0	13,0	13,0	13,0	13,0
	Mediana	17,0	18,0	18,0	19,0	21,0	33,0	35,0	37,0	40,0	44,0	16,0	16,0	16,0	17,0	17,0
Percentil	75%	21,0	22,0	23,0	25,0	31,0	53,0	56,3	58,0	67,0	80,3	19,0	20,0	20,0	21,0	21,0
	25%	10,0	11,0	11,0	12,0	12,0	25,0	26,0	26,0	27,8	28,0	14,0	14,0	14,0	15,0	15,0

Tabela 22 – Resultados Matéria Particulada para GYM 2 (Continuação)

		18 de Maio					19 de Maio					20 de Maio				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	22,9	23,2	23,4	23,6	23,6	18,4	18,8	18,9	19,0	19,0	10,0	10,3	10,5	10,8	10,9
	Média 2	17,2	17,4	17,5	17,6	17,7	36,8	39,9	41,2	46,4	57,3	33,0	35,2	37,0	43,2	54,2
	Média 3	22,0	22,5	22,6	22,7	22,7	21,0	22,5	23,4	27,2	37,3	28,3	29,1	29,8	33,0	39,7
	Mínimo	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	Máximo	27,0	28,0	28,0	28,0	28,0	239,0	286,0	288,0	292,0	302,0	144,0	160,0	172,0	213,0	240,0
	Mediana	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	21,0	21,0	21,0	22,0	26,0	22,0	23,0	24,0	26,0	29,0
Percentil	75%	24,0	24,0	24,0	25,0	25,0	25,0	27,0	29,0	35,0	48,0	29,0	30,0	31,0	35,0	44,0
	25%	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	15,0	16,0	16,0	18,0	20,0	10,0	10,0	11,0	11,0	11,0

		21 de Maio					22 de Maio				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	18,1	18,3	18,4	18,5	18,5	23,4	24,3	24,8	26,7	30,0
	Média 2	24,3	25,0	25,9	29,9	38,0	---	---	---	---	---
	Média 3	22,7	23,5	24,2	27,2	33,8	---	---	---	---	---
	Mínimo	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	18,0	19,0	19,0	19,0	19,0
	Máximo	67,0	67,0	69,0	86,0	142,0	73,0	76,0	81,0	115,0	181,0
	Mediana	21,0	22,0	22,0	23,0	25,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Percentil	75%	24,0	25,0	26,0	30,0	38,0	21,0	22,0	22,0	22,0	23,0
	25%	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	19,0	20,0	20,0	20,0	20,0

Tabela 23 - Resultados Matéria Particulada para GYM 3

		26 de Maio					27 de Maio					28 de Maio				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	---	---	---	---	---	20,2	20,9	21,1	21,6	22,5	16,1	17,0	17,2	17,8	18,8
	Média 2	21,0	22,2	23,3	26,4	33,4	22,6	23,9	25,1	28,9	37,8	18,2	19,5	20,6	24,4	34,0
	Média 3	26,2	27,8	29,1	33,2	42,0	21,7	23,1	24,2	27,6	34,5	21,9	23,4	24,6	28,5	36,9
	Mínimo	15,0	15,0	16,0	17,0	20,0	16,0	17,0	17,0	17,0	17,0	13,0	15,0	15,0	15,0	15,0
	Máximo	61,0	64,0	65,0	73,0	100,0	66,0	67,0	68,0	70,0	84,0	59,0	61,0	64,0	87,0	196,0
	Mediana	25,0	26,0	27,0	29,0	34,0	21,0	22,0	23,0	25,0	31,0	18,0	19,0	20,0	23,0	29,0
Percentil	75%	28,0	30,0	31,0	36,3	49,0	23,0	25,0	26,0	30,0	39,0	21,0	22,0	23,0	27,0	36,0
	25%	19,0	20,0	21,0	24,0	28,0	19,0	20,0	21,0	21,0	22,0	16,0	17,0	17,0	18,0	18,0

		29 de Maio					30 de Maio					31 de Maio				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	19,3	19,9	20,0	20,6	21,2	15,2	15,5	15,7	16,4	18,1	18,7	19,3	19,4	19,5	19,5
	Média 2	19,1	20,2	21,2	24,6	33,3	18,2	19,4	20,4	23,8	32,4	21,2	22,0	22,6	24,3	28,4
	Média 3	20,1	21,0	22,0	25,0	31,8	23,3	24,9	26,0	30,2	40,4	15,0	15,4	15,6	16,1	16,7
	Mínimo	14,0	15,0	16,0	16,0	16,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	14,0	14,0	14,0	15,0	15,0
	Máximo	57,0	58,0	60,0	81,0	201,0	199,0	200,0	204,0	253,0	455,0	36,0	36,0	37,0	37,0	55,0
	Mediana	19,0	19,0	20,0	22,0	26,0	18,0	19,0	20,0	22,0	27,0	18,0	19,0	19,0	19,0	19,0
Percentil	75%	21,0	22,0	23,0	26,0	35,0	21,0	22,0	23,0	27,0	36,0	19,0	20,0	20,0	21,0	23,0
	25%	17,0	18,0	18,0	19,0	19,0	15,0	16,0	16,0	16,0	16,0	15,0	16,0	16,0	16,0	17,0

		1 de Junho					2 de Junho				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	16,1	16,4	16,5	16,5	16,5	23,6	24,2	24,2	24,3	24,5
	Média 2	15,9	16,7	17,1	18,0	20,2	31,0	32,0	32,9	36,1	43,6
	Média 3	13,3	13,5	13,6	13,6	13,6	---	---	---	---	---
	Mínimo	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
	Máximo	25,0	26,0	27,0	31,0	41,0	53,0	55,0	58,0	79,0	102,0
	Mediana	15,0	16,0	16,0	16,0	16,0	25,0	25,0	26,0	26,0	27,0
Percentil	75%	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	29,0	30,0	30,0	32,0	34,0
	25%	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,5

Tabela 24 – Resultados Matéria Particulada para GYM 4

		5 de Junho					6 de Junho					7 de Junho				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	---	---	---	---	---	9,5	10,0	10,4	10,9	11,1	12,2	13,2	13,5	14,0	14,2
	Média 2	---	---	---	---	---	13,6	13,8	14,1	14,9	16,7	8,1	8,4	8,6	9,2	10,1
	Média 3	8,0	8,3	8,7	10,1	13,0	9,4	9,8	10,1	11,3	13,3	17,4	18,6	19,2	20,2	21,6
	Mínimo	3,0	3,0	3,0	4,0	6,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0
	Máximo	17,0	17,0	17,0	19,0	32,0	102,0	104,0	105,0	106,0	109,0	31,0	34,0	35,0	36,0	43,0
	Mediana	8,0	8,0	9,0	10,0	13,0	9,0	10,0	10,0	11,0	12,0	10,0	10,0	11,0	11,0	12,0
Percentil	75%	9,0	9,0	10,0	12,0	15,0	10,0	11,0	11,0	12,0	14,0	15,0	16,0	16,0	17,0	17,0
	25%	7,0	7,0	7,0	9,0	11,0	8,0	9,0	9,0	10,0	10,0	8,0	8,0	8,0	9,0	10,0

		8 de Junho					9 de Junho					10 de Junho				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	15,2	16,2	16,6	16,9	17,2	13,7	14,4	14,6	15,0	15,4	22,0	23,4	24,6	27,0	27,5
	Média 2	7,6	7,8	7,9	8,3	9,0	8,3	8,6	8,8	9,7	11,2	12,4	12,6	12,9	13,7	15,8
	Média 3	11,6	12,2	12,5	13,5	15,3	12,1	12,7	13,1	14,5	17,3	10,0	10,1	10,2	10,6	11,4
	Mínimo	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	Máximo	27,0	28,0	29,0	30,0	44,0	37,0	38,0	38,0	40,0	56,0	28,0	30,0	32,0	37,0	39,0
	Mediana	11,0	12,0	12,0	13,0	13,0	10,0	11,0	11,0	13,0	14,0	14,0	14,0	14,0	15,0	16,0
Percentil	75%	13,0	14,0	14,0	15,0	16,0	13,0	13,0	14,0	14,0	16,0	20,0	21,0	23,0	25,0	26,0
	25%	8,0	8,0	8,0	9,0	10,0	8,0	9,0	9,0	10,0	11,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0

Tabela-25 – Resultados Matéria Particulada para GYM 4 (Continuação)

		11 de Junho					12 de Junho					13 de Junho				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	23,5	25,4	27,6	31,8	32,8	23,2	23,7	24,1	24,6	24,8	40,2	41,4	41,8	42,2	42,3
	Média 2	22,4	22,6	22,9	24,0	26,5	17,5	17,5	17,6	17,8	18,3	19,2	19,3	19,4	19,6	20,1
	Média 3	22,2	22,5	22,8	23,9	26,2	19,1	19,5	19,7	20,6	22,3	21,5	21,7	21,9	22,1	22,6
	Mínimo	12,0	12,0		12,0	12,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
	Máximo	207,0	208,0	212,0	239,0	305,0	38,0	39,0	39,0	41,0	60,0	50,0	52,0	52,0	53,0	57,0
	Mediana	22,0	22,0	22,0	23,0	26,0	20,0	21,0	21,0	22,0	23,0	21,0	21,0	21,0	21,0	22,0
Percentil	75%	28,0	29,0	30,0	32,0	34,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	40,0	41,0	41,0	42,0	42,0
	25%	17,0	17,0	18,0	19,0	21,0	16,0	16,0	16,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	18,0

		14 de Junho					18 de Junho					19 de Junho				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	44,9	45,8	46,2	46,4	46,5	---	---	---	---	---	31,2	32,4	32,8	33,3	33,8
	Média 2	19,0	19,1	19,2	19,4	19,9	---	---	---	---	---	12,5	12,5	12,6	12,7	12,9
	Média 3	---	---	---	---	---	18,9	19,3	19,6	20,3	21,9	15,4	15,8	16,0	16,8	18,1
	Mínimo	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	10,0	10,0	10,0	11,0	12,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
	Máximo	49,0	50,0	50,0	50,0	51,0	51,0	51,0	52,0	57,0	71,0	39,0	40,0	41,0	41,0	41,0
	Mediana	43,0	44,0	44,0	44,0	44,0	16,0	16,0	16,0	18,0	19,0	14,0	15,0	15,0	15,0	16,0
Percentil	75%	44,3	45,0	46,0	46,0	46,0	20,0	20,0	21,0	23,0	28,0	29,0	30,0	31,0	31,0	31,0
	25%	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	12,0	12,0	12,0	12,0	13,0

		20 de Junho				
		PM ₁	PM _{2.5}	PM ₄	PM ₁₀	TOTAL
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
	Média 1	29,3	30,7	31,4	32,2	32,3
	Média 2	12,3	12,4	12,4	12,7	13,0
	Média 3	---	---	---	---	---
	Mínimo	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
	Máximo	37,0	39,0	39,0	40,0	41,0
	Mediana	16,0	16,0	16,0	16,0	17,0
Percentil	75%	30,0	32,0	33,0	34,0	34,0
	25%	12,0	12,0	12,0	12,0	13,0

C.6. – Partículas Ultrafinas

Tabela 26 – Resultados Partículas Ultrafinas para GYM 1

		Partículas Ultra-Finas (partículas/cm3)									GYM 1
		02-Mai	03-Mai	04-Mai	05-Mai	06-Mai	07-Mai	08-Mai	09-Mai	Global	
Percentil	Média	1,21E+04	1,14E+04	1,41E+04	8,93E+03	7,21E+03	1,01E+04	1,46E+04	9,92E+03	1,10E+04	
	Mínimo	8,83E+03	1,14E+04	1,41E+04	4,81E+03	3,24E+03	3,38E+03	1,46E+04	2,55E+03	2,55E+03	
	Máximo	1,86E+04	1,14E+04	1,41E+04	1,72E+04	1,67E+04	2,01E+04	1,46E+04	3,12E+04	3,12E+04	
	Mediana	1,10E+04	1,14E+04	1,41E+04	8,32E+03	5,35E+03	6,94E+03	1,46E+04	6,00E+03	9,71E+03	
	0,75	1,41E+04	1,14E+04	1,41E+04	1,09E+04	7,60E+03	1,65E+04	1,46E+04	1,34E+04	1,43E+04	
	0,25	9,88E+03	1,14E+04	1,41E+04	6,82E+03	4,03E+03	5,49E+03	1,46E+04	3,92E+03	5,97E+03	

Tabela 27 – Resultados Partículas Ultrafinas para GYM 2

		Partículas Ultra-Finas (partículas/cm3)											GYM2	
		12-Mai	13-Mai	14-Mai	15-Mai	16-Mai	17-Mai	18-Mai	19-Mai	20-Mai	21-Mai	22-Mai		Global
Percentil	Média	6,97E+03	8,13E+03	7,82E+03	6,29E+03	8,47E+03	6,10E+03		5,82E+03	6,40E+03	4,15E+03		6,68E+03	
	Mínimo	4,16E+03	1,01E+03	1,17E+03	2,53E+03	9,16E+02	1,01E+03		3,41E+03	1,08E+03	1,02E+03		9,16E+02	
	Máximo	1,14E+04	1,38E+04	1,41E+04	1,73E+04	2,87E+04	1,48E+04	Ginásio	1,35E+04	1,84E+04	9,53E+03	Equipa.	2,87E+04	
	Mediana	6,14E+03	8,68E+03	8,13E+03	5,86E+03	7,07E+03	5,50E+03	Encerrado	5,41E+03	6,86E+03	4,16E+03	Desligado	6,14E+03	
	0,75	9,28E+03	1,07E+04	1,02E+04	8,58E+03	9,83E+03	8,10E+03		6,16E+03	8,21E+03	5,84E+03		8,92E+03	
	0,25	4,89E+03	5,34E+03	5,15E+03	3,45E+03	6,66E+03	3,43E+03		4,75E+03	3,70E+03	2,27E+03		4,24E+03	

Tabela 28 – Resultados Partículas Ultrafinas para GYM 3

		Partículas Ultra-Finas (partículas/cm3)									GYM 3
		26-Mai	27-Mai	28-Mai	29-Mai	30-Mai	31-Mai	01-Jun	02-Jun	Global	
Percentil	Média	3,97E+03	3,91E+03	4,14E+03	3,65E+03	3,50E+03	3,94E+03	3,78E+03	4,64E+03	3,94E+03	
	Mínimo	3,23E+03	1,00E+03	1,04E+03	1,01E+03	1,03E+03	1,05E+03	1,02E+03	4,05E+03	1,00E+03	
	Máximo	4,86E+03	9,92E+03	9,86E+03	6,45E+03	5,40E+03	6,26E+03	6,44E+03	7,13E+03	9,92E+03	
	Mediana	3,87E+03	3,41E+03	3,99E+03	3,24E+03	3,72E+03	3,70E+03	3,31E+03	4,45E+03	3,71E+03	
	0,75	4,42E+03	3,96E+03	4,74E+03	4,41E+03	4,00E+03	4,26E+03	4,83E+03	4,86E+03	4,40E+03	
	0,25	3,61E+03	3,21E+03	3,30E+03	2,72E+03	2,95E+03	3,41E+03	2,86E+03	4,21E+03	3,22E+03	

Tabela 29 – Resultados Partículas Ultrafinas para GYM 4

		Partículas Ultra-Finas (partículas/cm3)												GYM 4	
		05-Jun	06-Jun	07-Jun	08-Jun	09-Jun	10-Jun	11-Jun	12-Jun	13-Jun	18-Jun	19-Jun	20-Jun		Global
Percentil	Média	4,70E+04	1,83E+04	2,20E+04	3,04E+03	2,46E+03	5,15E+03	7,12E+03	3,90E+03	2,83E+03	1,22E+03	1,66E+03	2,71E+03	9,78E+03	
	Mínimo	5,88E+03	1,01E+03	1,02E+03	9,26E+02	9,78E+02	1,58E+03	4,50E+03	1,22E+03	1,66E+03	2,03E+02	3,14E+02	1,04E+03	2,03E+02	
	Máximo	8,86E+04	7,75E+04	5,09E+04	5,55E+03	5,18E+03	2,51E+04	1,13E+04	7,82E+03	3,90E+03	3,35E+03	3,45E+03	3,75E+03	8,86E+04	
	Mediana	5,41E+04	1,76E+04	5,62E+03	2,48E+03	2,01E+03	2,89E+03	6,78E+03	3,05E+03	2,90E+03	9,08E+02	1,24E+03	2,84E+03	2,89E+03	
	0,75	6,84E+04	2,68E+04	4,31E+04	4,47E+03	3,19E+03	7,32E+03	8,21E+03	5,60E+03	3,33E+03	1,14E+03	2,61E+03	3,36E+03	7,75E+03	
	0,25	2,56E+04	4,41E+03	4,87E+03	1,70E+03	1,72E+03	2,10E+03	6,06E+03	2,14E+03	2,31E+03	6,95E+02	6,85E+02	2,01E+03	2,04E+03	

