



João Lino de Matos

Licenciado em Ciências de Engenharia do Ambiente

Qualidade do Ar Interior em Ambiente Hospitalar: Identificação de Poluentes, Fontes e Estratégias para a Otimização dos Serviços de Saúde

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente

Orientadora: Doutora Susana Marta Lopes Almeida do Instituto Superior Técnico

Co-orientador: Professor Doutor Francisco Manuel Freire Cardoso Ferreira da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo

Arguente: Prof. Doutor João Fernando Pereira Gomes

Vogal: Doutora Susana Marta Lopes Almeida



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
Março 2014

Qualidade do Ar Interior em Ambiente Hospitalar: Identificação de Poluentes, Fontes e Estratégias para a Otimização dos Serviços de Saúde.

Copyright © João Lino de Matos, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e da Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

A realização deste trabalho não teria sido possível sem diversos contributos pelos quais não poderei deixar de expressar os meus sinceros agradecimentos.

Inicialmente gostava de deixar um agradecimento especial à Doutora Marta Almeida que, como orientadora desta dissertação, teve um acompanhamento excecional, demonstrando uma disponibilidade incansável, um constante auxílio e ânimo ao longo destes seis meses. Não podia deixar de agradecer também a possibilidade que me proporcionou em colaborar diretamente no projecto EFICARE e desenvolver o meu trabalho no Campus Tecnológico e Nuclear do Instituto Superior Técnico (CTN).

Ao Professor Doutor Francisco Ferreira, por todo o apoio e incentivo demonstrado ao longo da realização deste trabalho.

À Doutora Sandra Cabo-Verde, investigadora do CTN, e a todo o seu grupo de trabalho, pela ajuda na área microbiológica no LETAL (Laboratório de Ensaios e Técnicas em Áreas Limpas).

Ao projeto EFICARE e a todos os seus colaboradores, em especial ao Engenheiro Lopes dos Santos por ter sido essencial na minha integração no projeto e ao Engenheiro João Sousa pelo auxílio em determinadas matérias.

Gostaria também de agradecer ao QREN, ao Compete e ao Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), pelo desenvolvimento do projecto EFICARE.

A todos os profissionais do Hospital São Bernardo que direta ou indiretamente colaboraram neste trabalho demonstrando uma grande receptividade e disponibilidade nos trabalhos aí realizados.

Aos meus colegas de trabalho do Campus Tecnológico e Nuclear, em especial à Carla Ramos, Joana Lage e Marina Silva pelo acolhimento que me proporcionaram, pela disponibilidade demonstrada ao longo deste e principalmente pelos laços de amizade que se criaram e que seguramente ultrapassaram a realização desta dissertação.

Um obrigado muito especial à Ana por ser um pilar fundamental na minha vida, pela compreensão, ajuda, motivação, paciência e carinho que sempre demonstrou durante todo este processo.

E como não poderia deixar de ser, um obrigado do fundo do coração às duas pessoas mais importantes na minha vida, os meus pais, pelo apoio, compreensão e encorajamento incondicional. Agradeço-lhes também a oportunidade que me deram de poder desenvolver os meus estudos e tornar este objetivo académico uma realidade, pois sem eles nada seria possível.

Resumo

A qualidade do ar interior (QAI) tem sido alvo de grande interesse por parte da comunidade científica nos últimos anos, principalmente por serem claras as evidências de que uma má qualidade do ar tem comprovado efeitos nefastos nos seus ocupantes, afetando-lhes a saúde, o conforto e produtividade. Esta situação torna-se alarmante em locais onde a saúde dos seus ocupantes se mostra debilitada, como é o caso dos hospitais.

Os hospitais, destinados à promoção da saúde da comunidade, constituem um ambiente bastante complexo, apresentando uma diversidade de fatores, poluentes químicos e microbiológicos suscetíveis de degradar a qualidade do ar interior e conseqüentemente afetar utentes e trabalhadores.

Este trabalho teve como objeto de estudo o Hospital de São Bernardo em Setúbal, onde foram selecionadas três áreas piloto para a aplicação de uma metodologia com o objetivo de avaliar a qualidade do ar interior. As três áreas piloto monitorizadas foram: a Urgência Geral, a Enfermaria das Especialidade Cirúrgicas e o Bloco Operatório. A metodologia desenvolvida incluiu a aplicação de um questionário aos trabalhadores do hospital e a avaliação dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos segundo três tipos de abordagens: campanhas de curto período, campanhas de longo período e campanhas sequenciais.

Os resultados obtidos indicaram o serviço de urgências e o bloco operatório como os espaços onde a qualidade do ar interior se revelou mais deficitária. A existência de uma grande influência de poluentes provenientes do ar exterior, bem como concentrações excessivas de poluentes associados às práticas médicas foram os principais responsáveis pela degradação da QAI nestes serviços. Também os resultados obtidos nos inquéritos mostraram a existência de uma relação clara entre a qualidade do ar interior, a saúde, o conforto e a produtividade dos trabalhadores.

Palavras-chave: Qualidade do Ar Interior; ambiente hospitalar; poluentes químicos, físicos e microbiológicos; ar exterior; sistemas AVAC.

Abstract

In the last years, indoor air quality has been a target of great concern by the scientific community, mainly because there is clear evidence that a poor indoor air quality has proven negative effects in their occupants, affecting their health, comfort and productivity. This situation becomes alarming at locations where the health of their occupants is weakened, such as the case of hospitals.

The aim of a hospital is to promote the health of a community. However, they have a very complex environment featuring a variety of factors, involving chemical and microbiological pollutants that could deteriorate indoor air quality and thereby affect users and workers.

The subject of this work was the Hospital of São Bernardo in Setúbal, where three pilot selected areas for the application of a methodology to evaluate indoor air quality. The three pilot areas selected were: General Emergency, Infirmary of Specialty Surgical, and the Operation Theater. The methodology included an application of a questionnaire to hospital workers and the assessment of chemical, physical and microbiological parameters according to three approaches: short term campaigns, long term campaigns, and sequential campaigns.

The results of this study indicated that General Emergency and Operation Theater were the locations where indoor air quality shown poorer. The existence of a large influence of pollutants from the outside air, as well as excessive concentrations of pollutants which are associated with medical practices were the primarily responsible factors for the degradation of indoor air quality in these locations. Also, the results obtained in the questionnaires showed the existence of a clear relation between indoor air quality, health, comfort and productivity of workers.

Keywords: Indoor Air Quality; hospital environment; chemical, physical, and microbiological pollutants; outside air; HVAC systems.

Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract	ix
Índice.....	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Quadros	xv
Lista de abreviaturas e acrónimos	xvii
CAPÍTULO 1 - CONTEXTO DA DISSERTAÇÃO	1
1.1. Introdução	1
1.2. Objetivos e âmbito da dissertação	2
1.3. Estrutura da Dissertação.....	2
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1. Qualidade do Ar em Ambientes Interiores.....	5
2.2. Parâmetros com influência na QAI	11
2.2.1. Conforto Térmico	11
2.2.1.1. Temperatura	12
2.2.1.2. Humidade Relativa.....	13
2.2.2. Parâmetros Químicos	13
2.2.2.1. Monóxido de Carbono (CO)	13
2.2.2.2. Dióxido de Carbono (CO ₂).....	14
2.2.2.3. Ozono (O ₃)	14
2.2.2.4. Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	15
2.2.2.5. Formaldeído (CH ₂ O)	16
2.2.2.6. Matéria Particulada (PM).....	16
2.2.3. Parâmetros Microbiológicos	17
2.3. QAI nos Hospitais	18
2.4. Fatores que afetam a QAI.....	20
2.5. Infecções Associadas aos Cuidados de Saúde	23
2.5.1. Incidência da IACS no mundo e em Portugal	24
2.6. Sistemas AVAC	25
2.7. Legislação	30
2.7.1. Decreto-Lei n.º 118/2013	31
2.7.2. Portaria n.º 353-A/2013.....	31
2.7.3. Referenciais Europeus e Internacionais	33
2.7.3.1. ISO 14644	34

2.7.3.2. <i>Guidelines to Good Manufacturing Practice (GMP), Annex 1</i>	35
2.7.2.3. Organização Mundial de Saúde.....	35
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....	37
3.1. Projeto EFICARE.....	37
3.2. Caracterização do local de estudo	38
3.2.1. Objeto de estudo.....	38
3.2.2. Breve historial do hospital.....	38
3.2.3. Área de influência hospitalar.....	38
3.2.4. Estrutura organizacional do HSB	39
3.3. Caracterização das áreas piloto	40
3.3.1. Serviço de Urgências.....	41
3.3.2. Enfermaria.....	43
3.3.3. Bloco Operatório.....	44
3.3.4. Sala Técnica	44
3.4. Inquéritos.....	45
3.5. Campanhas de Amostragem.....	45
3.5.1. Equipamentos e métodos de amostragem	45
3.5.2. Campanhas de Curto Período.....	48
3.5.3. Campanhas de Longo Período.....	50
3.5.4. Campanhas Sequenciais	50
3.6. Tratamento de Dados	51
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1. Inquéritos.....	53
4.2. Campanhas de Curto Período	59
4.3.1 Parâmetros Químicos	59
4.3.2 Parâmetros Físicos.....	66
4.3.3 Parâmetros Microbiológicos.....	68
4.3. Campanhas de Longo Período.....	71
4.2.1 Parâmetros Químicos	71
4.4. Campanhas Sequenciais	78
4.4.1. Parâmetros Químicos	78
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS.....	99
Anexo 1	99

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Uso de combustíveis fósseis no mundo no ano de 2000	7
Figura 2.2 - Relação entre tipo de combustível utilizado e prosperidade/desenvolvimento	7
Figura 2.3 - Relação entre as taxas de ventilação e a produtividade em escritórios.	9
Figura 2.4 - Relação entre PPD e o PMV.....	12
Figura 2.5 - Áreas críticas hospitalares.	19
Figura 2.6 - Fatores que afetam a QAI.....	21
Figura 2.7 - Fontes de problemas em edifícios	23
Figura 2.8 - Estrutura geral de um sistema AVAC	27
Figura 2.9 - Classificação dos filtros.....	28
Figura 2.10 - Ventilação desejável.....	30
Figura 3.1 - Esquema metodológico	37
Figura 3.2 - Localização geográfica do hospital	30
Figura 3.3 - Localização das três áreas piloto	40
Figura 3.4 - Locais de amostragem nas Urgências.....	49
Figura 3.5 - Locais de amostragem na Enfermaria.	49
Figura 3.6 - Locais de amostragem no Bloco Operatório.	50
Figura 4.1 - Resultados da questão 23.1 do inquérito – “Atualmente sofre de algum dos seguintes problemas de saúde/doença?”	54
Figura 4.2 - Resultados da questão 34 do inquérito – “Preencha a seguinte tabela referente aos parâmetros de conforto e bem-estar.”.....	55
Figura 4.3 - Resultados da sub-questão 34 do inquérito que avalia o conforto global sentido pelos inquiridos.	56
Figura 4.4 - Resultados da questão 36 do inquérito – “Pensa que a sua produtividade pode ser influenciada pelas condições ambientais verificadas no seu local serviço?”	57
Figura 4.5 - Resultados da questão 43 do inquérito - “Para cada uma das seguintes questões e sintomas, preencha o Quadro.”	57
Figura 4.6 - Resultados da questão 45 do inquérito – “Acredita que algum dos sintomas apresentados possa estar ligado com o seu ambiente de trabalho?”.....	58
Figura 4.7 - Concentrações de CO medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m^{-3}). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CO indicado pela legislação portuguesa e pela OMS de 10 mg.m^{-3}	60
Figura 4.8 - Concentrações de CO_2 medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m^{-3}). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CO_2 indicado pela legislação portuguesa de 2250 mg.m^{-3}	61
Figura 4.9 - Concentrações de O_3 medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m^{-3}). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o O_3 indicado pela OMS de $0,16 \text{ mg.m}^{-3}$	62
Figura 4.10 - Concentrações de COV medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m^{-3}). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para os COV indicado pela legislação portuguesa de $0,6 \text{ mg.m}^{-3}$	63
Figura 4.11 - Concentrações de CH_2O medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m^{-3}). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CH_2O indicado pela legislação portuguesa e pela OMS de $0,1 \text{ mg.m}^{-3}$	64
Figura 4.12 - Concentrações de PM_{10} medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m^{-3}). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para as PM_{10} indicado pela legislação portuguesa e pela OMS de $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$	64

Figura 4.13 – Concentrações de PM _{2,5} medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m ⁻³). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para as PM _{2,5} indicado pela legislação portuguesa e pela OMS de 0,025 mg.m ⁻³ .	65
Figura 4.14 - Valores de temperatura medidos no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em °C). A área a azul corresponde ao intervalo definido pela ISO 7730 (23-26 °C) e a área a vermelho corresponde ao intervalo definido pelo Decreto-Lei nº 243/86 (18-22 °C).	67
Figura 4.15 - Valores de humidade relativa medidos no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em %). A área a azul corresponde ao intervalo definido pela ISO 7730 (30-70 %) e a área a vermelho corresponde ao intervalo definido pelo Decreto-Lei nº 243/86 (50-70 %).	68
Figura 4.16 - Valores médios de UFC.m ⁻³ de bactérias obtidos para os diferentes locais de amostragem no verão e no inverno, e respectiva amostragem exterior. As retas a vermelho e azul correspondem às condições de referência exigidas pelo DL 118 no verão e no inverno, respectivamente. As retas a amarelo correspondem ao valor limite de UFC.m ⁻³ e respectiva classificação ISO 14644 para a qualidade do ar de salas limpas.	69
Figura 4.17 - Valores médios de UFC.m ⁻³ de fungos obtidos para os diferentes locais de amostragem no verão e no inverno, e respectiva amostragem exterior. As retas a vermelho e azul correspondem às condições de referência exigidas pelo DL 118 no verão e no inverno, respectivamente.	70
Figura 4.18 - Variação temporal da concentração de CO (mg.m ⁻³) nos espaços avaliados. A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CO indicado pela legislação portuguesa e pela OMS de 10 mg.m ⁻³ .	72
Figura 4.19 - Variação temporal da concentração de CO ₂ (mg.m ⁻³) nos espaços avaliados. A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CO ₂ indicado pela legislação portuguesa de 2250 mg.m ⁻³ .	73
Figura 4.20 - Variação temporal da concentração de O ₃ (mg.m ⁻³) nos espaços avaliados. A reta a azul corresponde ao limiar de protecção para o O ₃ indicado pela OMS de 0,16 mg.m ⁻³ .	74
Figura 4.21 - Variação temporal da concentração de COV (mg.m ⁻³) nos espaços avaliados. A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o COV indicado pela legislação portuguesa de 0,6 mg.m ⁻³ .	75
Figura 4.22 - Variação temporal da concentração de CH ₂ O (mg.m ⁻³) nos espaços avaliados. A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CH ₂ O indicado pela legislação portuguesa de 0,1 mg.m ⁻³ .	76
Figura 4.23 - Distribuição temporal da concentração de partículas (mg.m ⁻³) nos espaços avaliados. A reta verde horizontal corresponde ao limiar de protecção definido pela legislação portuguesa e pela OMS para PM ₁₀ de 0,05 mg.m ⁻³ e a reta a preto corresponde ao limiar de protecção definido pela legislação portuguesa e pelos referenciais da OMS para PM _{2,5} de 0,025 mg.m ⁻³ .	77
Figura 4.24 - Concentração de CO, CO ₂ , O ₃ , COV e CH ₂ O no exterior, sala técnica e urgências e respetivos limiares de protecção.	79
Figura 4.25 - Concentração de CO, CO ₂ , O ₃ , COV e CH ₂ O no exterior, sala técnica e enfermaria e respetivos limiares de protecção.	80
Figura 4.26 - Concentração de CO, CO ₂ , O ₃ , COV e CH ₂ O no exterior, sala técnica e bloco operatório e respetivos limiares de protecção.	81
Figura 4.27 - Concentração de PM ₁ , PM _{2,5} e PM ₁₀ no exterior, sala técnica e a)urgência b)enfermaria e c)bloco operatório e respetivos limiares de protecção.	82

Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Soluções para o Bloco Operatório	29
Quadro 2.2 - Recomendações de parâmetros para a Urgência Geral.	29
Quadro 2.3 - Recomendações de parâmetros para a Enfermaria.....	29
Quadro 2.4 - Limiar de protecção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos segundo a Portaria n.º 353-A/2013.....	32
Quadro 2.5 - Condições de referência para os poluentes microbiológicos segundo a Portaria n.º 353-A/2013	32
Quadro 2.6 - Condições específicas para verificação da conformidade de fungos com base na perigosidade das diferentes espécies segundo a Portaria n.º 353-A/2013.....	33
Quadro 2.7 - Classificação da pureza do ar para partículas em suspensão	34
Quadro 2.8 – Valor limite de UFC.m ⁻³ e correspondente classificação ISO para a qualidade do ar em salas limpas	35
Quadro 2.9 - Número máximo de partículas permitidas em suspensão no ar	35
Quadro 2.10 - Limite de UFC/m ³ e correspondente classificação GMP para a qualidade do ar em salas limpas	35
Quadro 2.11 - Referências da OMS relativas a concentrações máximas admissíveis no ar interior	36
Quadro 3.1 - Estrutura organizacional do HSB.....	39
Quadro 3.2 - Espaços do Serviço de Urgência, sua utilização e potenciais fontes de poluentes.	41
Quadro 3.3 - Espaços da Enfermaria, sua utilização e potenciais fontes de poluentes.	43
Quadro 3.4 - Espaços do Bloco Operatório, sua utilização e potenciais fontes de poluentes.	45
Quadro 3.5 - Caracterização técnica dos equipamentos que servem as três áreas piloto.....	35
Quadro 3.6 - Parâmetros químicos, físicos e microbiológicos monitorizados e correspondentes equipamentos utilizados nas campanhas de amostragem.....	45
Quadro 3.7 - Metodologia das campanhas de amostragem e respectivas datas.	48
Quadro 3.8 - Sequência de amostragem relativa á campanha sequencial	51
Quadro 4.1 - Principais características dos inquiridos (idade, género e profissão).....	53
Quadro 4.2 – Classificação do número de partículas.m ⁻³ no bloco operatório no verão e no inverno de acordo com a ISO 14644 e <i>Guidelines to Good Manufacturing Practice</i>	66

Lista de abreviaturas e acrónimos

ACSS – Administração Central do Sistema de Saúde

ANVS - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

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

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

CHS – Centro Hospitalar de Setúbal

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

DAE - Diâmetro Aerodinâmico Equivalente

DGS – Direção Geral de Saúde

DRE – Doenças Relacionadas com edifícios

EEA - *European Environment Agency*

EFA - *European Federation of Allergy and Airways Diseases*

EPA - *Environmental Protection Agency*

GMP - *Guidelines to Good Manufacturing Practice*

HEPA - *High Efficiency Particulate Air Filter*

HR – Humidade Relativa

HSB – Hospital São Bernardo

IACS – Infecções Associadas aos Cuidados de Saúde

IN – Infecções Nosocomiais

NIOSH - *National Institute for Occupational Safety and Health*

OMS – Organização Mundial de Saúde

PM – Partículas

PM₁₀ – Partículas com diâmetro aerodinâmico inferior a 10µm

PM_{2.5} - Partículas com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5µm

PMV - Predicted Mean Vote

PNCI - Programa Nacional de Prevenção Associada aos Cuidados de Saúde

PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied

QAI – Qualidade do Ar Interior

QREN – Quadro de Referencia Estratégica Europeu

SED – Síndrome do Edifício Doente

UCPA - Unidade de Cuidados Pós Operatórios

UFC – Unidade Formadora de Colónia

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo

WHO – *World Health Organization*

CAPÍTULO 1 - CONTEXTO DA DISSERTAÇÃO

1.1. Introdução

O ar é um elemento essencial para o Homem. A qualidade de vida de uma população pode medir-se, em parte, pela qualidade do ar que esta respira, sendo necessário que o ar em ambientes exteriores e interiores mantenha elevados padrões de qualidade que promovam a saúde e o bem-estar das comunidades.

Nas últimas décadas, um número crescente de evidências científicas indicam que o ar no interior de habitações e outro tipo de edifícios pode ser muito mais poluído que o ar exterior, mesmo nas cidades mais industrializadas (EPA, 1995). Vários autores referem que nas sociedades contemporâneas a maior parte do nosso tempo é passado em espaços fechados. A Qualidade do Ar Interior (QAI) dos edifícios assume assim uma relevância especial na medida em que a inspiração de um ar poluído tem comprovado efeitos negativos no bem-estar dos indivíduos, afetando-lhes a saúde, o conforto e a produtividade (Fanger, 2006; Hellgren e Reijula, 2006; Santos, 2008; WHO, 2010).

Os problemas de QAI são hoje em dia reconhecidos como um importante fator de risco para a saúde humana, quer em países em desenvolvimento, quer em países desenvolvidos. No entanto, a exposição à poluição em ambientes internos e os seus efeitos na saúde variam entre as várias regiões do mundo, devido às diferentes fontes de poluentes e às características climáticas, geográficas, habitacionais e socioeconómicas (WHO, 2005a).

Uma grande dificuldade nesta problemática prende-se com o facto de se tratar de um processo complexo, envolvendo diversas variáveis como a localização do edifício, o clima, os equipamentos de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) (APA, 2010), a variação diurna de poluentes e as fontes de poluição que poderão existir no interior do edifício ou no seu exterior e que se infiltram no edifício através dos sistemas de ventilação. Para além disso, fatores relativos ao conforto térmico (temperatura e humidade), bem como odores, fatores psicossociais e o próprio organismo dos indivíduos são variáveis que complicam a equação, afetando os ocupantes de maneiras e intensidades diferentes (Clements, 2008; Mendes, 2008).

Garantir uma boa gestão da QAI em edifícios é fundamental na sociedade atual, não só para proporcionar um maior bem-estar e saúde dos ocupantes, como também para promover condições favoráveis à otimização da sua produtividade laboral e combater o absentismo. No entanto, esta missão não se revela fácil. Koistinen *et al* (2008) refere que a gestão da QAI se tem mostrado, por vezes, muito complicada não só pelo grande número e diferentes tipos de espaços interiores, mas também pela complexa relação entre a QAI e o design do edifício, materiais, atividades, ventilação e comportamento dos ocupantes. Esta situação é especialmente dificultada quando se tratam de edifícios de maiores dimensões, com maior densidade populacional, com grandes dinâmicas e em constantes remodelações/reconstruções.

Os edifícios destinados à prestação de cuidados de saúde, como os hospitais, são exemplos de um ambiente particular e bastante complexo, que requer especial atenção para assegurar uma saudável QAI. A hospitalização e os procedimentos médicos são concebidos de forma a promover a saúde do Homem. No entanto, a existência de fatores químicos, físicos, biológicos e/ou psicossociais, característicos deste tipo de ambientes, poderão comprometer a saúde não só

dos pacientes, mas também dos profissionais de saúde. Estudos comprovam que a exposição a uma deficiente QAI em hospitais é uma causa de morbidade e mortalidade, estando na origem não só de vários sintomas e doenças, como também de Infecções Associadas aos Cuidados de Saúde (IACS). Para além disso, uma reduzida QAI pode ter consequências na produtividade dos ocupantes, o que se torna alarmante quando se trata de um local onde as tomadas de decisão poderão comprometer severamente a saúde do doente.

O estudo da QAI torna-se um desafio mais interessante e revestido de maior importância quando analisado num ambiente que se deseja francamente favorável à promoção da saúde dos indivíduos e onde a população é altamente suscetível aos efeitos adversos dos diversos parâmetros químicos e microbiológicos do ar. Torna-se assim um desafio para os profissionais de saúde, engenheiros e gestores hospitalares alcançar uma boa QAI nos hospitais de forma a garantir a saúde dos ocupantes e também um ótimo desempenho das suas atividades.

1.2. Objetivos e âmbito da dissertação

A presente dissertação, realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente do perfil Ordenamento do Território e Impactos Ambientais da Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, pretende realizar uma avaliação à QAI em ambientes hospitalares, utilizando como caso de estudo o Hospital de São Bernardo (HSB) em Setúbal, numa perspetiva de desenvolvimento de estratégias que permitam uma otimização da gestão do ar interior nos serviços de saúde. Especificamente, os objetivos propostos para este trabalho foram os seguintes:

- Desenvolver uma metodologia para a avaliação da QAI que permita aferir a existência de situações de risco;
- Caracterizar a QAI em ambiente hospitalar de uma forma generalizada e integrada, considerando os ambientes críticos, semicríticos e não críticos;
- Avaliar a perceção dos trabalhadores quanto à QAI;
- Avaliar os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos que caracterizam a QAI;
- Identificar as fontes associadas à degradação da QAI;
- Identificar as práticas que estão na origem de uma boa QAI.

O presente estudo foi também realizado no âmbito do projecto EFICARE - Modelo de Monitorização do Desempenho da Gestão da Manutenção, Eficiência Energética e Qualidade do Ar Interior, o qual serviu de suporte ao desenvolvimento da dissertação. Neste contexto, foi efetuada uma colaboração junto da equipa responsável pela componente de QAI, tendo sido realizado um estágio no Campus Tecnológico e Nuclear do Instituto Superior Técnico (CTN) com a duração de 6 meses.

1.3. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos. No primeiro capítulo, “Contexto da Dissertação”, é realizado um enquadramento ao trabalho desenvolvido, bem como os seus objetivos e a sua estrutura. No segundo capítulo, “Revisão da Literatura”, são abordados diversos conteúdos sobre a temática a estudar, nomeadamente: a QAI e os parâmetros que a influenciam, a QAI em hospitais, fatores que afetam a QAI, IACS, sistemas AVAC e um levantamento legislativo direcionado para a QAI em hospitais. No terceiro capítulo, “Metodologia”, são enunciadas as tarefas realizadas para a avaliação da QAI, assim como os

métodos e equipamentos utilizados. No quarto capítulo, “Resultados e Discussão de Resultados”, é realizada a apresentação dos resultados obtidos bem como a discussão dos mesmos. Por último, no quinto capítulo “Conclusões”, é feito um balanço final do trabalho realizado, referindo-se as mais-valias deste estudo, limitações encontradas, as principais conclusões a que se chegou, recomendações e perspectivas futuras.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Qualidade do Ar em Ambientes Interiores

Ao longo da história, o Homem sempre considerou a qualidade do ar como um fator determinante para a sua saúde, havendo registos de que a antiguidade romana e grega já tinham conhecimento dos efeitos adversos de um ar poluído em cidades mais populosas e em minas (Sundell, 2004).

Poucos estudos e avanços científicos foram desenvolvidos até ao século XIX, época da higiene moderna, onde se começaram a desenvolver trabalhos relacionados com a temática de QAI. Sundell (2004) refere que apenas a partir da década de 60 a QAI passou a ser reconhecida pelas agências de proteção ambiental como um problema ambiental, altura em que questões relacionadas com edifícios (como a Síndrome do Edifício Doente (SED)), com determinadas doenças (alergénicas e crónicas) e ainda com determinados poluentes (como o radão e o formaldeído (CH₂O)) relacionaram a QAI com aspetos da saúde pública. Foi nesta altura que aspetos da QAI começaram a ser estudados em todo o mundo e a tomar cada vez mais importância na nossa sociedade, especialmente por se tornarem claras as evidências científicas entre a QAI e a saúde da população. Para além disso, a QAI pode afetar também os padrões de comportamento dos ocupantes com reflexos significativos no bem-estar e na produtividade dos mesmos, tornando-se um desafio para os cientistas e engenheiros estudar o fenómeno e desenvolver estratégias de gestão que permitam uma saudável QAI, com o objetivo de minimizar os riscos para a saúde humana.

A preocupação com a QAI em edifícios ganhou contornos mais fortes nas últimas décadas pelo facto de pesquisas indicarem que as pessoas passam cerca de 90% do seu tempo em espaços fechados (Sundell, 2004; WHO, 2005; Koistinen *et al.*, 2008; Schirmer *et al.*, 2008; EEA, 2013a), seja em residências, escritórios ou escolas, ficando expostas a uma variedade de poluentes existentes que estão relacionados maioritariamente com os materiais usados na construção, com a manutenção dos edifícios, com os sistemas AVAC, com os ocupantes e suas atividades e com a qualidade do ar exterior.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), uma Qualidade do Ar Interior (QAI) aceitável é definida como (Indoor Air Quality Management Group, 2003):

“a natureza física e química do ar interior que é respirado pelos ocupantes de um edifício e que produz um completo bem-estar, mental, físico e social, não podendo provocar absentéismo, doenças ou debilidades.”

Também a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning* (ASHRAE), define que a QAI (ASHRAE, 2011):

“representa as concentrações de poluentes do ar interior que são conhecidas ou suspeitas de afetar o conforto, o bem-estar, a saúde, ou a produtividade em trabalho ou na escola.”

A mesma entidade apresenta justificações quanto à sua posição relativamente importância da QAI referindo que:

- A QAI tem impactos importantes no conforto, no bem-estar, na saúde e na *performance* de trabalho dos ocupantes;
- A saúde e os benefícios económicos subjacentes a uma boa QAI revelam-se incertos em magnitude mas substanciais para uma perspetiva económica nacional e para a perspetiva de um dono de um edifício, trabalhador ou ocupante;
- A QAI e a *performance* energética de um edifício estão substancialmente ligadas, devendo esta ligação ser consideradas inicialmente no processo construtivo e ao longo dos processos de *design* do edifício, remodelação e renovação;
- Torna-se crítico manter uma QAI aceitável quando são realizadas mudanças no dimensionamento do edifício para reduzir o consumo energético em resposta à ameaça das alterações climáticas.

A OMS vem reconhecer a relevância da QAI para a saúde da população apontando vários fatores que sustentam essa importância (WHO, 2010):

- A exposição da população devido à quantidade significativa de tempo que é passada em ambientes interiores;
- A existência de uma grande variedade de fontes de poluição interiores;
- A especificidade de algumas exposições em espaços interiores em termos de composição da poluição e níveis de exposição;
- Os níveis de exposição que causam problemas de saúde.

A problemática em torno da QAI difere entre as várias regiões do globo, nomeadamente no contraste entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, havendo grandes diferenças no tipo de fontes de poluição, nos poluentes, nos riscos para a saúde e nas oportunidades de gestão da QAI entre essas duas realidades (WHO, 2006a). Em muitos países em desenvolvimento a situação é muito semelhante àquela que se vivia há séculos atrás nos agora países desenvolvidos (Sundell, 2004).

Segundo a OMS, estudos recentes revelam que a QAI é o oitavo mais importante fator de risco para a saúde humana, sendo responsável por mais de 1,6 milhões de mortes e cerca de 3% dos casos de doenças no mundo. No entanto, estes dados referem-se em grande parte a países em desenvolvimento, essencialmente do continente africano e asiático, que dependem de combustíveis sólidos, como a biomassa (madeira, resíduos agrícolas, estrume animal), carvão mineral e vegetal como fonte primária de energia doméstica. O uso de combustíveis sólidos nestes países para a confeção de alimentos e aquecimento, expõem aproximadamente 3 mil milhões de pessoas a altas concentrações de poluentes como partículas (PM), monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), formaldeído (CH₂O) e produtos cancerígenos como o benzeno (C₆H₆), as quais são 10 a 20 vezes mais elevadas do que os documentos internacionais recomendam (WHO, 2005a). Para além disso, a pobreza, a falta de investimento em tecnologias modernas, e uma fraca legislação ambiental vivida nestes países contribuem para os altos níveis de poluição aí verificados (Viegi *et al.*, 2004).

Em países desenvolvidos, a problemática afasta-se um pouco desta realidade, uma vez que as fontes de energia e as tecnologias utilizadas são mais “limpas”, não contribuindo de igual forma para as grandes concentrações de poluentes provenientes da queima de combustíveis sólidos (WHO, 2005a).

Na Figura 2.1 é possível observar-se a magnitude de uso de combustíveis fósseis em determinados países em desenvolvimento, enquanto a Figura 2.2 relaciona o tipo de combustível utilizado com a prosperidade e desenvolvimento dos países.

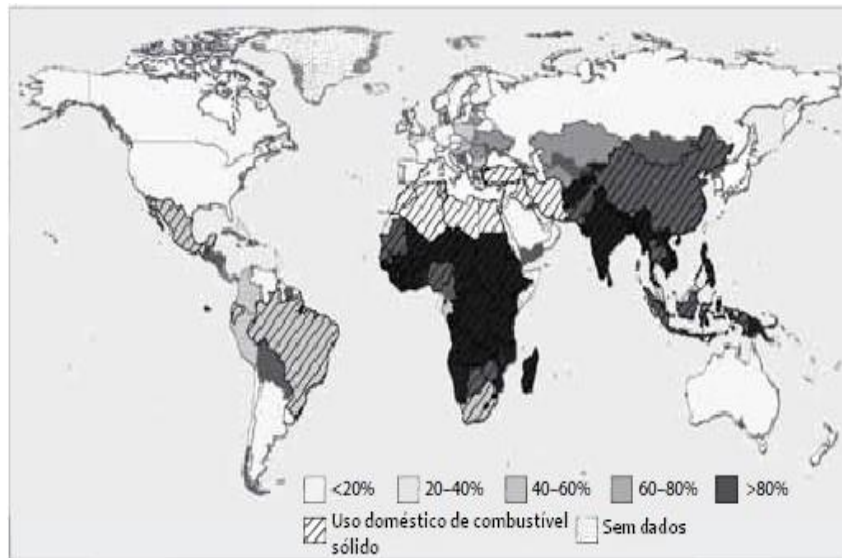


Figura 2.1 - Uso de combustíveis fósseis no mundo no ano de 2000 (Fonte: Smith *et al*, 1994 in WHO, 2006).

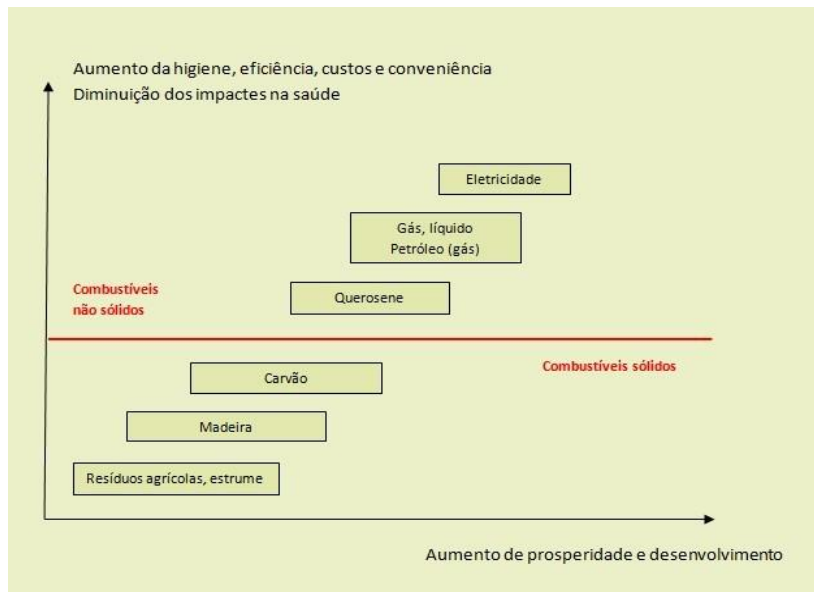


Figura 2.2 - Relação entre tipo de combustível utilizado e prosperidade/desenvolvimento (Fonte: WHO, 2013).

Nos países mais industrializados, a crise energética, que remonta à década de 70 e se torna cada vez mais acentuada nos tempos que correm, alertou para a importância da eficiência energética com vista a um futuro assente na sustentabilidade da atividade humana. Como tal, nas últimas décadas, assistiu-se a uma profunda alteração no processo construtivo em virtude de uma maior necessidade de industrialização e eficiência energética. Paralelamente a esta necessidade, o exponencial avanço tecnológico permitiu ao Homem a utilização de materiais de isolamento mais eficientes que minimizam as perdas de energia nos edifícios, reduzindo as trocas de ar entre o exterior e o interior, tornando os edifícios mais estanques e diminuindo o consumo energético (Jones, 1999). A *European Federation of Allergy and Airways Diseases* (EFA) salienta que as taxas de renovação de ar entre o interior e o exterior é, hoje em dia, 10 vezes mais baixa do que há 30 anos atrás, conduzindo a um conseqüente aumento da humidade e de poluentes químicos e biológicos (Brickus e Neto, 1999; EFA, 2004).

Para além desta tendência, houve uma mudança dramática nos ambientes internos com a introdução de novos materiais de construção, mobiliário, limpeza, materiais de decoração e sistemas AVAC. Esses materiais, na maioria dos casos, foram desenvolvidos sem uma preocupação com as suas emissões, sendo um dos principais agentes para a deterioração da QAI (Brickus e Neto, 1999). O Laboratório de Qualidade do Ar Interior da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (LQAI, 2013) refere que os materiais têm assumido uma importância crescente no que toca às emissões de poluentes em resultado de duas tendências do processo construtivo da atualidade: adoção de novos materiais e produtos de construção sintéticos, constituídos à base de petróleo, e uma tendência para o isolamento de edifícios em busca de uma diminuição do consumo de energia.

Em suma, nos países desenvolvidos, a inovação de todo o processo construtivo, associado a uma necessidade de poupança energética, menosprezou alguns pressupostos importantes para a QAI, tais como as taxas de ventilação e o tipo de materiais utilizados, o que conduz a grandes concentrações de poluentes químicos e biológicos.

Vários estudos mostram que o nível de poluição em ambientes interiores é mais elevado do que o registado em ambientes exteriores (Wang *et al.*, 2007). A Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) indica que os níveis de concentração dos poluentes em ambientes internos podem ser duas a cinco vezes maiores que nos ambientes externos, o que, juntamente com o facto de haver uma grande permanência do Homem nesses locais, faz com que os riscos para a saúde humana aumentem significativamente (EPA, 1995).

É importante reter que a maior permanência dos indivíduos em espaços fechados, juntamente com uma melhor impermeabilização dos edifícios, novos materiais e baixas taxas de renovação de ar, representam um potencial aumento da exposição a poluentes no interior. Segundo Gioda e Neto (2003), a exposição é definida como o contacto dos poluentes com o sistema respiratório, sendo quantificado através de duas dimensões: intensidade e duração. A intensidade representa a magnitude da quantidade de poluente que potencialmente penetra do sistema respiratório e a duração reflete o período de tempo em que uma dada intensidade é mantida.

Vários estudos mostram uma ligação direta entre certas concentrações de poluentes com problemas de saúde como alergias, asma, bronquite, pneumonia, cancro do pulmão entre outras (Mendes, 2008). Segundo Koistinen *et al.* (2008), a prevalência destas doenças aumentou nas décadas recentes. Fanger (2006) refere mesmo que a incidência de doenças alérgicas e asmáticas duplicou em países desenvolvidos nas últimas décadas. Estas doenças compreendem um dos

maiores problemas correntes para a saúde pública, envolvendo grandes custos médicos, tratamento e absenteísmo (Fanger, 2006), e segundo um estudo desenvolvido por Bornehag *et al.* (2005), crê-se que a deterioração da QAI é a principal causa para o seu aumento dessas doenças.

Para além dos problemas de saúde associados a uma deficiente QAI, há fatores, como os já referidos abstentismo e perda de produtividade, que não sendo facilmente diagnosticáveis e identificados, sabe-se que estão relacionados com a degradação do ar interior. Quadros *et al.* (2009) menciona que as doenças causadas por um interior poluído estão entre as principais causas de pedidos de afastamento do trabalho, tanto nos Estados Unidos, como na Europa. Mais estudos recentes documentam que uma melhoria da QAI tem uma influência significativa e positiva na produtividade dos trabalhadores em escritórios (Fanger, 2006), como é demonstrado pela Figura 2.3.

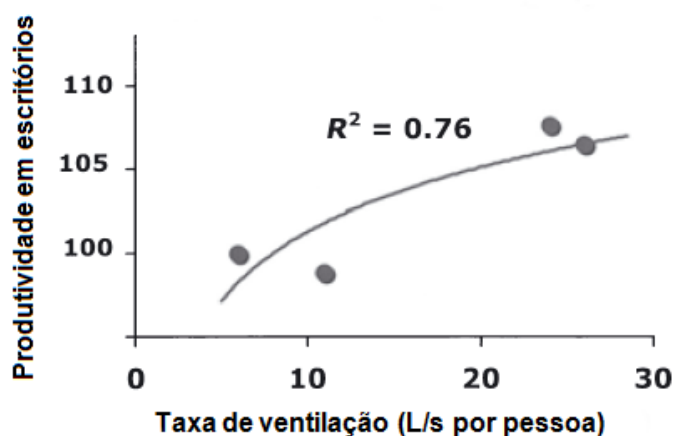


Figura 2.3 - Relação entre as taxas de ventilação e a produtividade em escritórios (Fonte: Fanger, 2006).

A deterioração da QAI em edifícios conduziu a um aparecimento de edifícios com problemas, aumentando consequentemente o número de ocupantes com queixas relacionados com o ar em ambientes fechados (Gioda e Neto, 2003). Estudos levados a cabo pela OMS revelam que mais de 30% dos edifícios novos ou remodelados apresentam altas taxas de queixas dos ocupantes relativas a saúde e conforto que podem estar relacionadas com a QAI (EPA, 1995). Os sintomas e doenças relacionados com edifícios que padecem de um ar deteriorado, podem ser categorizados respetivamente em:

- Síndrome do Edifício Doente (SED)
- Doenças Relacionadas com Edifícios (DRE)

Síndrome do Edifício Doente

De acordo com a EPA, a SED pode ser definida como “*uma situação na qual os ocupantes apresentam sintomas agudos sem uma explicação óbvia e sem a possibilidade de constatação de uma determinada etiologia, sendo, portanto, desconhecida*” (EPA, 2008).

O termo SED é usado também para descrever casos em que uma anormal percentagem dos ocupantes (pelo menos 20%) apresenta sintomas agudos e desconforto (Schirmer *et al.*, 2008), que aparentemente estão relacionados com o tempo que é passado dentro do edifício. As causas das queixas dos ocupantes são multifatoriais e muitas vezes psicológicas, podendo envolver mecanismos químicos, microbiológicos, físicos e psicológicos (Fernades *et al.*, 2009).

Os sintomas mais comuns de SED são: irritação e obstrução nasal, desidratação e irritação da pele, irritação e secura na garganta e nas membranas dos olhos, dores de cabeça, letargia e cansaço generalizado que leva à perda de concentração (Gioda e Neto, 2003; EPA, 2008; Schirmer *et al.*, 2008).

O SED é resultado da interação de diversos fatores de natureza física, química, biológica e psicológica, sendo as causas mais comuns uma má conceção do edifício, ventilação inadequada, deficiente filtração do ar, falta de manutenção e de limpeza das instalações, contaminação das condutas dos sistemas AVAC e contaminantes gerados pelo metabolismo humano (Massa, 2010). Um estudo publicado por Sundell *et al.* (2011) salienta que taxas de ventilação mais elevadas em escritórios estão associadas a uma redução da prevalência dos sintomas do SED.

Também a presença de odores está associada a uma deficiente qualidade do ar, quer estes causem ou não sintomas. A pouca iluminação, as vibrações, o desconforto térmico e a sobrelotação do espaço são fatores causadores de *stress* podendo mesmo causar ou contribuir para alguns dos sintomas referidos. Os ocupantes podem apresentar um ou mais sintomas que geralmente desaparecem quando a pessoa permanece, por um tempo, afastada desse ambiente. Noutros casos só desaparecem após a doença ser tratada (EPA, 1995; Fernades *et al.*, 2009; APA, 2010).

Para além dos sintomas que poderão despoletar doenças crónicas, a EPA (2008) refere que aumento do absentéismo, a redução da produtividade e a deterioração do ânimo do trabalhador são consequências do SED, que consequentemente podem contribuir para efeitos económicos negativos.

Doenças Relacionadas com Edifícios (DRE)

A EPA define as DRE como sintomas de uma doença específica que podem ser diretamente identificados e atribuídos a eventuais contaminantes do ar dentro de um edifício. Neste tipo de situação, há persistência dos sintomas após a saída do edifício e os afetados podem mesmo precisar de um tempo mais prolongado de recuperação depois de abandonarem o mesmo. Indicadores de sintomas de DRE incluem queixas de tosse, apertos no peito, calafrios, febre e dores musculares (Ambu *et al.*, 2008; EPA, 2008).

As doenças desta natureza incluem infeções (doença do Legionário, febre de Pontiac e infeções virais) e reações alérgicas e imunológicas (hipersensibilidade pneumónica, febre humidificada, rinite, sinusite e asma). Destaca-se a doença dos Legionários provocada pela bactéria *Legionella pneumophila*, que vive em ambientes húmidos e que, por isso, é muitas vezes encontrada nos sistemas AVAC (Horvath, 1997).

2.2. Parâmetros com influência na QAI

Neste subcapítulo pretende abordar-se apenas os parâmetros ambientais mais relevantes para o desenvolvimento experimental deste estudo, bem como as suas fontes e efeitos na saúde.

A caracterização da QAI deverá ter em conta os parâmetros de conforto térmico, os parâmetros químicos e os parâmetros microbiológicos, quer numa perspetiva isolada, quer na interação entre eles.

2.2.1. Conforto Térmico

Conforto térmico é um conceito muito subjetivo que não implica uma temperatura exata. Trata-se de um estado de espírito no qual a pessoa sente satisfação com o ambiente térmico. O conforto térmico é dependente de alguns parâmetros que se dividem em dois grupos: parâmetros individuais (atividade metabólica, índice de vestuário e condições sociais) e parâmetros físicos ou ambientais (temperatura, humidade relativa do ar e velocidade do ar). Por outro lado, também a intensidade luminosa, o nível de ruído, a presença de odores e os parâmetros relativos a cada ocupante (idade, sexo e características específicas de cada um) podem influenciar o conforto térmico. Deste modo, ou seja, conjugando todos estes fatores, é possível estabelecer uma zona de conforto (Bernardes, 2009).

Os parâmetros físicos atrás referidos (temperatura, humidade relativa e velocidade do ar) são fatores muito importantes na medida em que podem afetar a perceção dos ocupantes sobre a QAI, criando-lhes uma situação de desconforto. Neste sentido, importa compreender que a perceção de conforto térmico varia de pessoa para pessoa, uma vez que se relaciona com as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente.

O parâmetro do conforto térmico é avaliado com base em dois indicadores definidos na ISO 7730: o PMV (*Predicted Mean Vote*) e o PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) (Ramos, 2013).

A norma ISO 7730 considera que um espaço apresenta condições de conforto térmico quando não mais do que 20% dos seus ocupantes se sintam desconfortáveis. Esta norma impõe outras regras necessárias para conforto térmico, relacionadas com os parâmetros de conforto (Águas, 2000):

- A assimetria da temperatura radiante de janelas ou outra superfície vertical fria deve ser inferior a 10°C (em relação a um plano vertical 0,6 m acima do chão);
- A velocidade do ar tem de ser no Inverno inferior a 0,15 m.s⁻¹, com temperaturas entre 20 e 24°C. No Verão inferior a 0,25 m.s⁻¹, com temperaturas entre 23 e 26°C;
- A diferença de temperatura do ar a 1,1 m e a 0,1 m acima do chão não deve exceder 3°C;
- A temperatura do chão deve situar-se entre 19 e 26°C, exceto em pavimentos radiantes podendo atingir neste caso os 29°C.

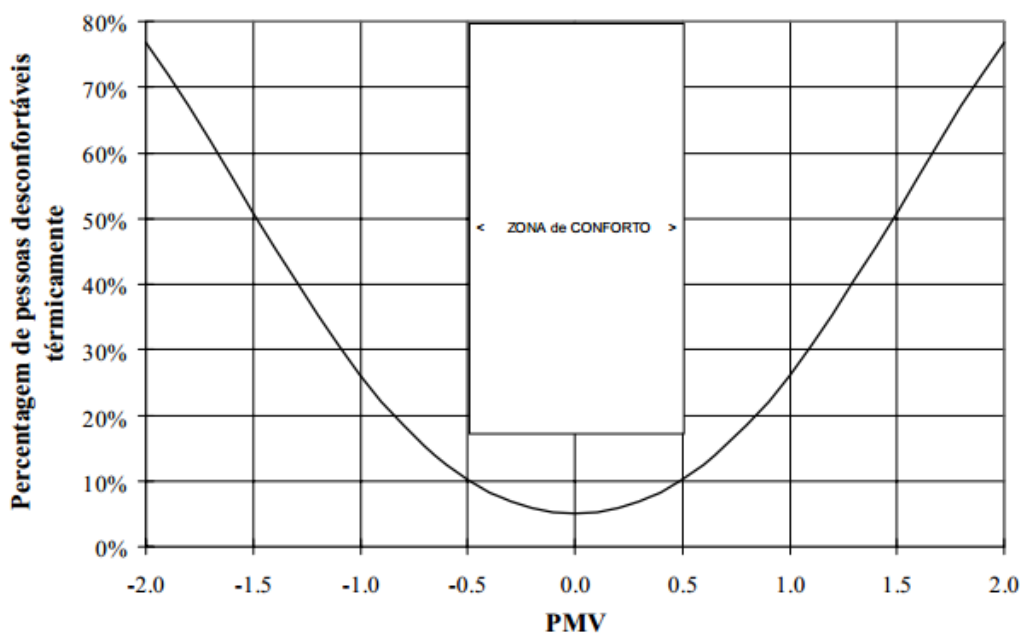


Figura 2.4 - Relação entre PPD e o PMV (Fonte: Águas, 2000).

O PMV é um modelo que estima, com base numa tabela quantitativa, o conforto térmico de cada ocupante do espaço para calcular o voto médio. O PPD deriva do PMV, partindo do pressuposto que para o intervalo de valores registado do PMV, existe um intervalo de 10% para o PPD. Ou seja, se o resultado do PMV for 0 (neutro), para um valor de PMV de -0,8 e de 0,8, correspondem a uma percentagem de insatisfeitos na ordem dos 20%, ou seja, 20% dos sujeitos inquiridos encontram-se com “frio” (≈ -1) ou com “calor” (≈ 1) (Ramos, 2013), como mostra a Figura 2.4.

Além de afetarem o conforto térmico, diversos estudos revelam que a temperatura do ar e a humidade relativa influenciam também a perceção da QAI, e que a sua aceitabilidade diminui significativamente com o aumento da temperatura e humidade relativa. Neste sentido, interessa rever mais detalhadamente estes dois parâmetros.

2.2.1.1. Temperatura

A temperatura é um fator que condiciona principalmente o conforto dos ocupantes num edifício e o crescimento microbiano. Normalmente este é um ponto de discórdia entre os ocupantes quando se está perante um sistema AVAC, uma vez que depende da suscetibilidade individual de cada um. Para efeitos de conforto térmico, a temperatura é avaliada sob dois parâmetros: a temperatura do ar e a temperatura radiante (temperatura emitida por objetos e equipamentos). O movimento do ar define a transferência de calor e massa por convecção entre o corpo humano e o ambiente. No verão, velocidades do ar elevadas aumentam a taxa de evaporação na pele e, conseqüentemente, a sensação de arrefecimento. Para além deste fator, a adequação do vestuário de cada indivíduo ao clima, permite o controlo da temperatura interna, já que o balanço térmico do corpo humano envolve processos fisiológicos (Ferreira, 2006).

A temperatura do ar é talvez o parâmetro mais importante para a definição do conforto térmico de um local pois, na maioria dos casos, a perceção imediata da insatisfação está relacionada com a grandeza em questão. Neste sentido, é um fator que afeta o conforto térmico e, em combinação com os outros parâmetros, é um fator chave no balanço energético humano, sensação térmica, conforto, desconforto e perceção de qualidade do ar (Spengler *et al.*, 2001).

A temperatura, apesar de não apresentar um valor limite definido na legislação sobre a QAI, desempenha um papel muito importante no que respeita aos parâmetros de conforto térmico e de microbiologia, uma vez que ambos influenciam o crescimento microbiano (Ramos, 2013). No entanto, e de acordo com o Decreto-Lei nº243/86 de 20 de agosto, a temperatura dos locais de trabalho deve, se possível, oscilar entre 18°C e 22°C, salvo em determinadas condições climatéricas em que poderá atingir os 25°C. Por sua vez, a ISO 7730 indica intervalos de temperatura entre os 23°C e os 26 °C.

Neste sentido, a “ASHARE Standard 55-1992, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*,” apresenta normas que pretendem alcançar condições térmicas que pelo menos 80% dos ocupantes achariam aceitáveis ou confortáveis (APA, 2010).

2.2.1.2. Humidade Relativa

Tal como a temperatura, a humidade relativa é um parâmetro físico que influencia o crescimento microbiano. Este parâmetro é expresso em percentagem e representa a quantidade de água presente no ar, em relação ao seu valor máximo (100%). Segundo o *Canadian Centre for Occupational Health and Safety* (CCOHS), quando os valores se encontram fora dos considerados como aceitáveis, pode causar desconforto nos ocupantes, tal como secura das mucosas (olhos, garganta e nariz) para uma humidade relativa baixa e problemas respiratórios e reações alérgicas quando o valor deste parâmetro é elevado (devido ao aumento do desenvolvimento da matéria microbológica no ar) (CCOHS, 2004).

Também a humidade relativa não possui nenhum valor na legislação sobre a QAI. No entanto, os valores deste parâmetro são muito importantes no que respeita ao conforto térmico e ao crescimento microbiano. Segundo o Decreto-Lei 243/86 de 20 de agosto, sobre as condições nos locais de trabalho, os valores de humidade relativa devem compreender-se entre os 50% e os 70%. No entanto, segundo a ISO 7730, para a generalidade dos ambientes, uma humidade relativa considerada ótima está compreendida entre 30% e 60%.

Para além das consequências para a saúde, a humidade relativa em valores extremos pode também afetar os materiais. Segundo a APA (2010), valores de humidade relativa baixos aumentam a eletricidade estática, podendo dificultar o uso de computadores e outros equipamentos, como por exemplo fotocopiadoras. Por outro lado, nas habitações produz-se, geralmente, cerca de 10L de humidade/dia. Nestes casos, não é necessário humidificar, mas pode ser necessário desumidificar. Para níveis muito elevados de humidade relativa, existem riscos de condensação nas paredes e nas janelas que podem danificar os edifícios e originar a formação de bolores e o desenvolvimento de outros microrganismos (Spengler *et al.*, 2001).

2.2.2. Parâmetros Químicos

2.2.2.1. Monóxido de Carbono (CO)

O CO é um gás tóxico incolor, praticamente inodoro e insípido (CE, 2005), emitido durante a combustão incompleta de combustíveis fósseis ou biocombustíveis (EEA, 2013b). Trata-se de um gás com uma densidade muito parecida à do ar presente na atmosfera, difundindo-se facilmente em qualquer ambiente.

O transporte rodoviário é a maior fonte de emissões deste poluente, sendo que as maiores concentrações deste gás podem encontrar-se em zonas urbanas, durante os períodos de tráfego mais intenso (EEA, 2013b). Em espaços interiores, o CO surge por fontes de combustão de combustíveis fósseis (confeção de alimentos e aquecimento) e também proveniente por infiltração do ar exterior (WHO, 2010). Uma admissão de ar junto a garagens, ou a zonas de muito tráfego, é também uma possível fonte de contaminação do ar interior, onde não se verifica emissões deste gás (CCOHS, 2004).

O CO tem uma grande afinidade com a hemoglobina, formando-se um composto designado de carboxihemoglobina que reduz o transporte do oxigénio para as células do corpo humano. A exposição a este gás conduz a sintomas como dores de cabeça, diminuição da concentração, sintomas gripais, náuseas, fadiga, respiração rápida, dores no peito, confusão e raciocínio diminuído (APA, 2010). O envenenamento por CO pode conduzir a convulsões, pulso lento e baixa pressão sanguínea, podendo até causar a morte (DGS, 2008).

2.2.2.2. Dióxido de Carbono (CO₂)

O CO₂ trata-se de um gás incolor e inodoro, expelido naturalmente como subproduto da respiração humana, sendo esta a fonte primária de poluição em ambientes fechados (Erdmann *et al.*, 2002). Uma pessoa, ao realizar tarefas consideradas leves, produz cerca de 0,3L.min⁻¹ de CO₂ (APA, 2010). As concentrações deste gás, que normalmente se verificam em ambientes interiores, não são consideradas um perigo para a saúde dos ocupantes (Persily, 1997). No entanto, uma exposição excessiva a este poluente pode provocar um aumento do ritmo cardíaco (taquicardia), dores de cabeça, irritação de olhos e garganta, tonturas, fadiga muscular, depressão mental, sonolência e ruídos nos ouvidos (Quadros *et al.*, 2009; APA, 2010).

Se por um lado, não se trata de um parâmetro preocupante para a saúde dos ocupantes, por outro lado, as suas concentrações são muitas vezes utilizadas como uma fácil e boa indicação acerca das taxas de ventilação preconizadas (Persily, 1997), revelando-se um parâmetro muito importante para a avaliação da QAI. Se os sistemas AVAC não estiverem a remover o dióxido de carbono, é natural que outros poluentes se estejam a acumular na mesma proporção (APA, 2010).

Os níveis típicos encontrados num ambiente interior variam com a taxa de ocupação e estão entre 600 e 800 ppm, revelando-se mais elevados ao final da manhã e ao final do dia. A concentração de CO₂ medido na exaustão reflete o teor médio de CO₂ do edifício (APA, 2010).

2.2.2.3. Ozono (O₃)

O ozono é um gás incolor, extremamente oxidante, reativo e com um odor característico quando presente em excesso na troposfera (Vermont Department of Health, 2013). A existência deste gás ocorre em diferentes camadas da atmosfera. Na estratosfera funciona como um escudo de proteção às radiações ultravioletas, revelando-se vital para a existência de vida na Terra. Por outro lado, na troposfera, o ozono atua como um gás de efeito de estufa, tendo por base de formação a luz solar e compostos como os compostos orgânicos voláteis (COV) e os óxidos de azoto (NO_x). Neste último caso, este gás é extremamente perigoso para a saúde humana quando inalado, mesmo em pequenas quantidades (Kampa e Castanas, 2007).

Sendo o O₃ um poluente secundário, as suas concentrações na troposfera dependem principalmente da intensidade solar, temperaturas elevadas e da concentração de gases

precursores. É assim de esperar que os valores mais altos deste poluente se registem em meses mais quentes. É também importante referir que o perfil diário do O₃ está relacionado com a radiação solar e com a concentração de gases precursores. Sendo estes provenientes, em grande parte, de tráfego automóvel, é de esperar que as concentrações de O₃ nos aglomerados urbanos sejam mais elevadas nos períodos após se registar uma maior intensidade rodoviária.

Normalmente os níveis de concentração de ozono são maiores no exterior do que no interior, desde que não exista uma fonte de emissão no interior. Hayes (1991) refere que ainda que os níveis de ozono sejam inferiores no interior, a razão entre volume e concentração faz com que os valores não sejam irrelevantes. O mesmo autor refere ainda que dado o tempo que a população passa em ambientes interiores, é nestes locais que se submete a uma maior exposição ao ozono.

As fontes emissoras de ozono mais comuns em ambientes interiores são os motores eléctricos, as máquinas fotocopiadoras, os purificadores de ar electrostáticos e as impressoras a laser. No entanto, o ozono proveniente do exterior é a principal fonte poluição no interior (APA, 2010; EEA, 2013b). Ainda relativamente aos ambientes internos, alguns investigadores sugerem que o ozono reage com os COV originando outros poluentes que intensificam os efeitos e sintomas (Fiedler *et al.*, 2005).

A exposição a baixas concentrações deste gás pode causar reacções alérgicas, tosse, dores no peito, fadiga, taquicardia e irritações na garganta que persistem após o contacto. Outro problema associado diz respeito à contribuição para uma deficitária resposta do sistema imunitário em caso de doença, mesmo de pessoas saudáveis. Pessoas que sofram de asma, bronquites e doenças cardíacas tendem a piorar o seu estado quando ocorre inalação de ozono (APA, 2010; Vermont Department of Health, 2013).

2.2.2.4. Compostos Orgânicos Voláteis (COV)

Consideram-se COV os compostos químicos que contêm um ou mais átomos de carbono e tendem a evaporar rapidamente à temperatura ambiente, sendo gases incolores e tóxicos. Segundo a EPA, existem mais de 900 diferentes tipos de COV em ambientes interiores (Indoor Air Quality Management Group, 2003). Estes compostos são mais frequentes em ambientes interiores, especialmente em edifícios novos ou redecorados, não havendo praticamente nenhum edifício livre destes compostos.

Embora exista uma grande variedade de compostos desta tipologia, os mais frequentes são o benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno, formaldeído e acetaldeído que, individualmente, raramente se encontram acima dos seus limites de toxicidade (50 µg.m⁻³) (Ohura *et al.*, 2009).

Estes poluentes são emitidos por diferentes fontes, podendo ter origem no exterior do edifício através da combustão de combustíveis fósseis por veículos automóveis, entrando posteriormente pelo sistema de ventilação do edifício (Quadros *et al.*, 2009). No entanto, as fontes internas revelam-se mais importantes sendo as principais fontes emissoras de COV, os materiais de construção, acabamento, decoração, mobiliário, processos de combustão, processos metabólicos, produtos de limpeza e de consumo (Wolkoff e Nielsen, 2001; Kataoka *et al.*, 2012).

Uma pobre ventilação do ar interior está geralmente associada a concentrações mais elevadas de COV. Deste modo, os COV têm uma relação muito próxima com o SED, sendo que os sintomas que resultam da sua exposição são alergia, vertigens, perda de concentração, fadiga, dores de

cabeça, irritação de olhos e garganta, secura das mucosas do nariz e garganta e problemas respiratórios (Indoor Air Quality Management Group, 2003; Wang *et al.*, 2007). Muitos dos COV são conhecidos pela sua toxicidade e são considerados carcinogêneos (como por exemplo benzeno, formaldeído), podendo causar leucemia (Hoskins, 2003).

2.2.2.5. Formaldeído (CH₂O)

O CH₂O é um gás tóxico incolor, com um odor característico, extremamente reativo e inflamável à temperatura e pressão ambientes. Devido ao seu odor irritante, a percepção da sua presença ocorre a concentrações superiores a 0,2 ppm (CE, 2005; APA, 2010). Trata-se de um importante produto químico industrial usado para fazer outros produtos químicos, materiais de construção e de limpeza. Pertence à família dos COV, volatilizando-se a uma temperatura ambiente. Por ser um COV bastante abundante em ambientes interiores, a sua abordagem é geralmente individualizada. Pode ser encontrado nos três estados físicos, sendo bastante solúvel em água, o que pode irritar qualquer parte do corpo humano que apresente humidade, tal como os olhos e as vias respiratórias (Carmo e Prado, 1999).

Os níveis de concentração de CH₂O dependem das fontes presentes, da ventilação, da temperatura e da humidade, podendo haver variações ao longo do dia e da estação do ano (Indoor Air Quality Management Group, 2003).

As principais fontes de formaldeído são os materiais dos edifícios, como materiais de isolamento térmico e acústico, os contraplacados, colas de madeira, os têxteis, materiais de decoração, produtos de limpeza, adesivos, tintas, cosméticos e materiais de empacotamento (Quadros *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2011).

Os sintomas predominantes da exposição a concentrações de 0,1ppm deste poluente são irritações nos olhos, nariz e garganta, perda de concentração, lacrimejamento, espirros, tosse, náuseas, dificuldades respiratórias. Uma exposição prolongada pode mesmo levar à morte. É considerado um elemento com potencial cancerígeno quando há uma exposição a níveis elevados e longos períodos (CE, 2005).

2.2.2.6. Matéria Particulada (PM)

A matéria particulada é geralmente designada como um conjunto de mistura de partículas (sólidas e líquidas) suspensas no ar com uma vasta gama de tamanhos, composições químicas e origens. O tamanho das partículas pode variar de 0,005 a 10 µm, (EEA, 2013b). As PM são classificadas granulometricamente de acordo com o seu diâmetro por partículas grosseiras quando o seu Diâmetro Aerodinâmico Equivalente (DAE) é superior a 2,5µm, partículas finas para um DAE entre 0,1µm e 2,5µm e partículas ultrafinas para um DAE inferior a 0,1µm. As partículas podem ser ainda distinguidas entre partículas primárias (diretamente emitidas para a atmosfera) e partículas secundárias (formadas a partir de reações) (Almeida, 2004).

A composição das PM varia na medida em que estas interagem quimicamente com inúmeros poluentes. No entanto, a sua composição compreende uma mistura de substâncias orgânicas e inorgânicas como metais, compostos orgânicos, material biológico, iões, gases reativos, entre outros (Maroni *et al.*, 1995 in Jones, 1999; Kampa e Castanas, 2007). Jones (1999) salienta que há uma forte evidência de que as partículas finas são mais prejudiciais do que as partículas grosseiras em termos de mortalidade, efeitos no sistema cardiovascular e respiratório. As PM_{2,5} são consideradas as mais preocupantes para a saúde, pois penetram mais profundamente no sistema respiratório, enquanto as partículas grosseiras ficam retidas no sistema respiratório superior (nariz e garganta) (Pope e Dockery, 2006; DGS, 2008; WHO, 2013). A EPA (2013)

confirma esta diferente criticidade referindo que o tamanho das partículas está diretamente ligado com danos na saúde humana. Jones (2007) refere também que a presença de compostos metálicos, como Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) e outros componentes orgânicos, contribuem para um incremento de toxicidade das PM.

As PM têm origem em fenômenos naturais ou em atividades antropogênicas (Kampa e Castanas, 2007), podendo ser originadas por fontes exteriores ao edifício e/ou no interior. As fontes interiores com maior incidência em ambientes interiores são atividades como a queima de combustíveis ou de fumo de tabaco, enquanto ações de limpeza, como aspirar e varrer, têm uma representação inferior (EPA, 1990 in Ferro *et al.*, 2004). Também a própria atividade humana influencia a concentração de partículas presentes no interior, uma vez que no seu movimento provoca a sua ressuspensão (Ferro *et al.*, 2004). No entanto, é de salientar a influência que o ar exterior pode ter nas concentrações verificadas no interior de edifícios, em casos onde se verifique um tipo de ventilação natural, e/ou uma ventilação mecânica deficiente.

Concentrações altas de PM podem causar a morte prematura em pessoas com doenças cardíacas ou respiratórias, reações alérgicas, tais como olhos secos, irritações de nariz e pele, tosse, espirros e dificuldades respiratórias. Os efeitos da exposição às partículas do fumo do tabaco vão desde dores de cabeça a irritações de curta duração nos olhos, nariz e garganta, às doenças do foro respiratórias e de coração, sobretudo nos grupos alvo mais sensíveis, como as crianças e as pessoas idosas (APA, 2010; EPA, 2013).

2.2.3. Parâmetros Microbiológicos

A contaminação microbiológica compreende centenas de espécies de bactérias e fungos que podem proliferar quando condições de temperatura, humidade e nutrientes são adequados ao seu crescimento. Segundo Lingle (2008), é uma questão de tempo para que se dê início ao crescimento microbiológico em materiais e superfícies que apresentem humidade. O mesmo salienta que a humidade é mesmo o fator limitante no crescimento microbiológico, uma vez que os restantes fatores preponderantes (temperatura e nutrientes) são normalmente verificados.

Os agentes biológicos relevantes para a saúde humana são bastante heterogêneos, variando de pólenes e esporos de plantas (maioritariamente do exterior), a bactérias, fungos, algas e protozoários emitidos no interior ou no exterior. A exposição a contaminantes microbianos está clinicamente ligada a sintomas respiratórios, alergias, asma e reações imunológicas (WHO, 2009), podendo ser mortal para indivíduos cujo sistema imunitário se encontra fragilizado. Quadros (2009) menciona que os fungos estão entre os poluentes do ar interior mais importantes e menos compreendidos, sendo a sua presença frequente e ubíqua nos ambientes urbanos.

Os fungos são organismos heterotróficos e apresentam-se com um diâmetro aerodinâmico compreendido entre 1 a 30 μm . Existem dois tipos morfológicos de fungos: fungos filamentosos e fungos leveduriformes (leveduras) (Jones e Harrison, 2004 in Dugan e Leytmen, 2009). Das espécies de fungos destacam-se a *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Stachybotrys chartarum* e o *Cryptococcus neoformans* que estão relacionadas a reações alérgicas. Alguns destes fungos produzem metabolitos, tais como micotoxinas, que podem provocar reações alérgicas no hospedeiro (Lignell, 2008).

As bactérias são seres procariontes, com diâmetros compreendidos entre 0,25 e 8 μm (Jones e Harrison, 2004, in Dugan e Leytmen, 2009), que podem ser encontradas de forma isolada ou em colónias. De entre os grupos de bactérias, destacam-se as mesófilas por possuírem um intervalo

de crescimento ótimo entre os 20°C e 49°C (Ferrer *et al.*, 2003), muito próximo das temperaturas da superfície da Terra. As bactérias de origem humana são Gram positivas que geralmente não apresentam um risco para a saúde humana. As bactérias Gram negativas, como são exemplo *Pseudomonas spp.*, *Enterobacteriaceas* e *Legionella pneumophila*, são geralmente raras em ambientes interiores e podem ser potencialmente patogênicas para o Homem. Bactérias como a *Legionella* podem estar na origem de infecções que resulta em pneumonia - doença do Legionário. A proliferação desta bactéria está geralmente associada a sistemas que têm na sua constituição água, servindo como amplificadores a este microrganismos (APA, 2010).

A principal fonte de microrganismos em ambientes interiores é geralmente o ar exterior, sendo que os ocupantes e as suas atividades contribuem também para um aumento da contaminação microbiológica. As concentrações microbiológicas no exterior podem variar com a estação do ano e altura do dia, influenciando consequentemente as concentrações registadas no interior, sendo que as concentrações mais elevadas podem ser registadas no verão (Lignell, 2008).

Num edifício são vários os fatores que potenciam o crescimento da população microbiana, tais como elevados níveis de humidade, ventilação reduzida, disponibilidade de nutrientes, temperatura adequada ao seu desenvolvimento, a existência de fontes de contaminação interiores (sistemas AVAC, materiais de construção e decoração, infiltrações de água, ocupantes), bem como as entradas de ar (APA, 2010).

2.3. QAI nos Hospitais

O ambiente hospitalar, sobretudo o afeto à prestação de assistência médica e sanitária à comunidade, constitui um ambiente particular. Apesar da hospitalização e dos procedimentos médicos serem concebidos de forma a promover a saúde, existem diversos fatores de risco no seio hospitalar – sejam eles químicos, físicos, biológicos e/ou psicossociais – capazes de provocar inadvertidamente efeitos nocivos à salubridade, não só dos pacientes, mas também dos profissionais e auxiliares de saúde. Tratam-se de fatores que submetem a comunidade hospitalar a um risco acrescido relativamente a outros ambientes comunitários (Mendes, 2008; França, 2010), sendo os requisitos para uma boa QAI bastante mais elevados em hospitais do que em outros edifícios.

Num hospital são vários os tipos de serviços e espaços existentes, tais como salas de espera, salas de operação, unidades de cuidados intensivos, salas de recobro, farmácias, salas de radiologia, laboratórios, serviço de urgência, entre outros. Cada unidade tem as suas funções e o dia-a-dia de cada uma pode ser muito diferente das outras. Os três grandes grupos de ocupantes diários de um hospital são os pacientes, profissionais de saúde e visitantes que têm sistemas imunitários diferentes e que, por isso, apresentam também suscetibilidades diferentes a um ar contaminado (Leung e Chan, 2006).

Os pacientes são o grupo de ocupantes que apresentam o sistema imunitário mais debilitado, mostrando-se mais suscetíveis de contrair uma infeção. Os colaboradores do hospital, para além da exposição a poluentes microbiológicos, estão também expostos a muitos agentes químicos provenientes de gases anestésicos, desinfetantes e esterilizantes. Por outro lado, é sabido que uma boa QAI está geralmente associada a uma sensação de bem-estar e de conforto, importantes, por exemplo, para a concentração. Este aspeto revela-se muito importante, uma vez que muitas das tarefas realizadas em hospitais são muito exigentes e qualquer erro pode ter graves consequências (Hellgren *et al.*, 2008).

É esta diversidade de espaços, serviços e ocupantes que faz com que um hospital possua um ambiente muito peculiar e característico, diferente de qualquer edifício comercial ou industrial (Leung e Chan, 2006). Este aspeto torna, assim, o ambiente hospitalar bastante complexo sob o ponto de vista da gestão da sua QAI.

Neste contexto, a gestão da QAI desempenha um papel fundamental na prevenção das infeções hospitalares e na proteção, tanto dos profissionais e auxiliares de saúde, como dos pacientes, especialmente dos imunodeprimidos que são altamente suscetíveis aos efeitos adversos dos diversos parâmetros químicos e microbiológicos do ar. Num hospital uma QAI deficiente tanto pode estar na origem do SED, como também de infeções nosocomiais e doenças ocupacionais (Leung e Chan, 2006; Wan *et al.*, 2011).

Os profissionais de saúde devem praticar os seus atos médicos com controlo eficaz das fontes, com o objetivo de minimizar a emissão de poluentes. Neste sentido, pode optar-se por usar máscaras para recolher os resíduos de gases anestésicos, usar luvas de látex sem pó para minimizar a emissão de alérgenos provenientes do látex e realizar diagnósticos clínicos assertivos com o objetivo de promover o isolamento apropriado de doentes com infeções.

Apesar de ser reconhecida a importância da QAI nos hospitais, verifica-se que em Portugal continuam a existir graves deficiências neste campo devido à arquitetura dos edifícios e aos equipamentos instalados, à falta de monitorização da QAI, aos hábitos dos ocupantes e a graves restrições económicas que põem em causa a sustentabilidade hospitalar. Os edifícios hospitalares são frequentemente antigos, verificando-se a existência de sistemas AVAC inadequados e muitas vezes a sua própria inexistência em algumas zonas dos edifícios.

As áreas hospitalares são classificadas em áreas críticas, semicríticas e não críticas (Figura 2.5), de acordo com a sua potencialidade de transmissão de infeções entre doentes (França, 2010).

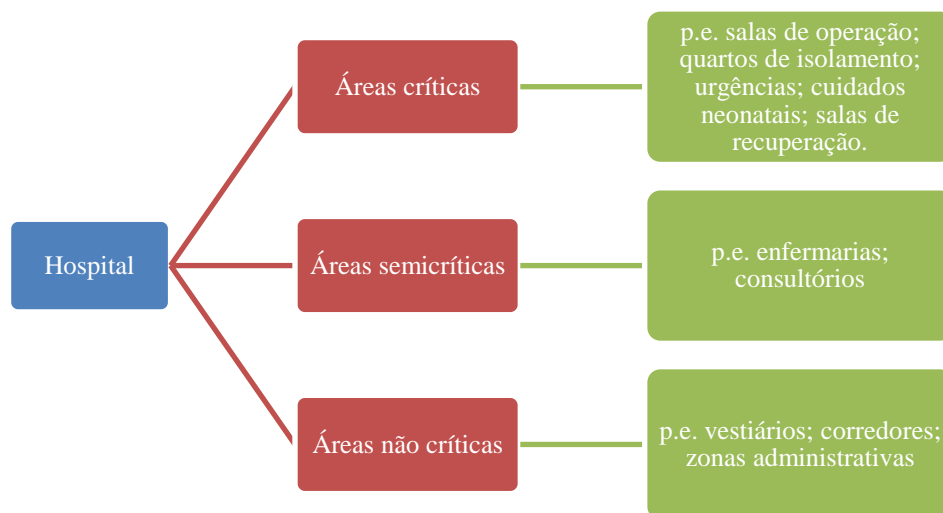


Figura 2.5 - Áreas críticas hospitalares.

Nas áreas para as quais os requisitos de QAI são muito exigentes, os hospitais têm vindo a investir todo o seu esforço na conceção e atualização de equipamentos, como os sistemas AVAC. No entanto, nas áreas semicríticas a ventilação é usualmente inadequada e, conseqüentemente, não só a existência de desconforto térmico é comum, como também a acumulação de poluentes químicos e microbiológicos está na origem de infeções hospitalares e

doenças ocupacionais. As áreas não críticas dizem respeito a todos os locais que não sejam ocupados por doentes, sendo menos exigentes do ponto de vista da QAI.

Com exceção das áreas críticas, e apesar das exigências regulamentares, não são efetuadas análises de QAI de uma forma sistemática nos hospitais, existindo um desconhecimento por parte dos gestores hospitalares quanto aos parâmetros químicos, microbiológicos e de conforto existentes na generalidade da instalação. Este desconhecimento por parte deste grupo profissional não permite o estabelecimento de relações inequívocas entre a QAI, as IACS e outro tipo de sintomas e doenças. Por outro lado, limita o desenvolvimento de ações de melhoria perfeitamente focalizadas nos problemas existentes. Para além disso, os restantes profissionais e auxiliares de saúde não só continuam desinformados quanto à importância da QAI, como também não se encontram capacitados para a melhorar através de boas práticas diárias. Acrescenta-se ainda que o contexto da crise atual tem vindo a limitar a correta manutenção dos hospitais colocando em risco a QAI e a saúde dos ocupantes.

2.4. Fatores que afetam a QAI

A caracterização dos problemas em ambientes interiores relacionados com a qualidade do ar não se trata de uma equação simples, pois há inúmeras variáveis a considerar suscetíveis de serem as causas desses problemas.

A QAI é afetada e avaliada segundo um conjunto de parâmetros físicos, químicos e biológicos que caracterizam o estado de poluição no interior de um determinado espaço. Estes parâmetros são afetados por fatores exteriores como os poluentes, temperatura, humidade e tipo de solo, fatores interiores como os ocupantes e suas atividades, materiais de construção, isolamento e decoração, produtos de consumo e pelos sistemas AVAC. Segundo o CCOHS (2004), as possíveis causas de problemas relacionados com a QAI são: uma deficiente admissão de ar exterior e conseqüente entrada de poluentes, uma má conceção dos sistemas AVAC, emissão de poluentes no interior e desajustados índices de temperatura e humidade. A Figura 2.6 ilustra os principais fatores que afetam a QAI.

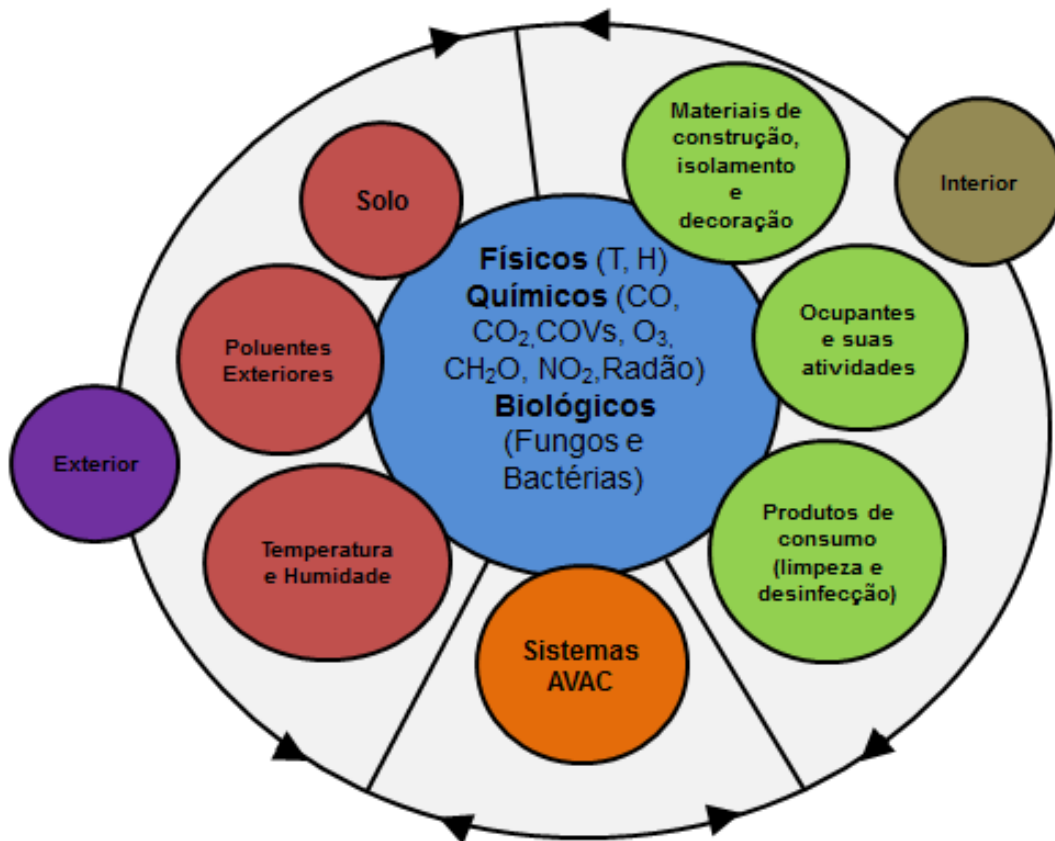


Figura 2.6 - Fatores que afetam a QAI.

De acordo com Cruz (2009), a poluição do ar interior é determinada pela presença de um ou vários contaminantes do ar que acarretam um determinado grau de risco para a saúde humana. Estes poluentes podem ser gerados por uma fonte específica, limitada, ou por diversas fontes sobre uma vasta área, e podem ser gerados periodicamente ou continuamente.

Os poluentes que causam a contaminação do ar interior podem ser gerados no interior do edifício e/ou ser gerados no exterior e posteriormente ser transportados para o interior. No interior de um edifício são utilizados determinados produtos, de limpeza e desinfecção, bem como materiais de construção e decoração que na sua composição contêm COV, PM, CH₂O e O₃ que vão influenciar a QAI. Num hospital a diversidade de atividade e de produtos utilizados dão origem à emissão de uma panóplia de poluentes químicos principalmente COV e CH₂O provenientes de desinfetantes, gases anestésicos, laboratórios, entre outros.

É de salientar a complexidade de interações destes parâmetros. Pode referir-se, por exemplo, os parâmetros físicos, que dizem respeito à percepção do ocupante de conforto térmico. Estes parâmetros, que estão sujeitos a avaliação numa auditoria, podem potenciar e influenciar o aumento de certos poluentes em espaços fechados. Em cenário hospitalar, os parâmetros físicos, como a temperatura e humidade, em determinados locais deverão ser regidos não pela manutenção do conforto térmico mas sim pela segurança da atividade associada a cada espaço, podendo, em caso contrário, potenciar o desenvolvimento microbiológico, constituindo um risco acrescido para a saúde dos ocupantes. O bloco operatório é um exemplo em que, dependendo da cirurgia, se deve manter uma temperatura e humidade específica.

Como já falado anteriormente, a existência de fatores relacionados com os indivíduos, como é o caso de fatores psicossociais, como o sexo, o *stress*, a carga de trabalho, um grande número de trabalhadores num mesmo espaço, as relações interpessoais, a duração do trabalho no edifício afetado, a satisfação com o trabalho ou o trabalho com monitores visuais, bem como os antecedentes pessoais dos trabalhadores, como problemas cutâneos, além de outras patologias, poderão afetar o indivíduo deixando-o vulnerável à poluição interior (APA, 2010).

Os fatores mencionados na Figura 2.6 poderão ser vistos também como fontes de poluentes uma vez que são eles que vão ter consequências diretas nos parâmetros a avaliar.

É preciso perceber, então, a complexidade de todas estas variáveis e compreender que a composição do ar interior pode sofrer reações químicas e físicas que modificam a sua composição, modificando assim a qualidade do ar e os riscos para a saúde dos ocupantes.

Resumindo, a QAI resulta de uma interação complexa da localização do edifício, do clima, dos sistemas AVAC, das fontes de contaminação (exteriores e/ou interiores) e do número, tipo de atividade e metabolismo dos ocupantes do edifício.

Se por um lado as atividades realizadas pelos ocupantes são fontes intermitentes de poluição, por outro lado, os materiais e os equipamentos são fontes contínuas de poluição (Magalhães, 2009).

O ar exterior por vezes pode ser uma das maiores causas de contaminação do espaço interior, estando intimamente relacionado com os sistemas AVAC (CCOHS, 2004). Se, por exemplo, uma captação de ar estiver localizada num local crítico de poluição no exterior do edifício, os contaminantes aí presentes vão infiltrar-se pelas condutas de ar podendo contaminar todo o espaço interior. Por outro lado, a infiltração do ar exterior pode, em certos casos, dar-se por ventilação natural, onde o ar exterior é convidado a entrar sem que haja um prévio tratamento do mesmo.

Por vezes, uma má conceção e/ou funcionamento dos sistemas AVAC poderá ter consequências graves na QAI, tornando-se uma importante fonte de contaminação do ar interior. Segundo Jones (1999), a ventilação é um dos principais fatores que interfere na QAI, mostrando-se uma das maiores ferramentas de controlo da QAI.

Um estudo levado a cabo pela *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH), em 1891 edifícios, verificou que mais de 50% dos problemas relacionados com uma pobre QAI provinham de uma ventilação deficiente (Sterling, 1993), como é demonstrado na Figura 2.7.

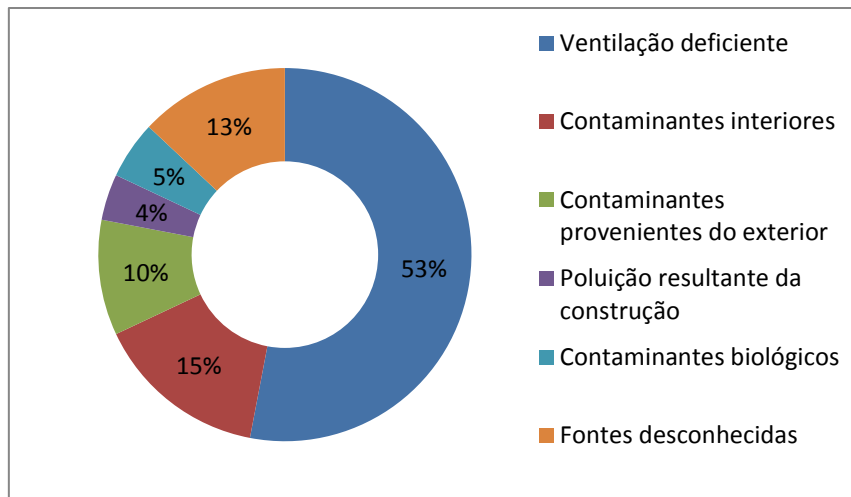


Figura 2.7 - Fontes de problemas em edifícios (Fonte: adaptado de Sterling, 1993).

Os próprios ocupantes do edifício podem ser uma fonte relevante de poluição do ar interior no sentido em que, durante a sua atividade metabólica, é produzido CO₂ e vapor de água, que associados a um isolamento do espaço e a uma baixa taxa de renovação do ar, aumentam o potencial risco para os ocupantes.

2.5. Infecções Associadas aos Cuidados de Saúde

No contexto de criticidade de áreas hospitalares, é pertinente abordar-se as IACS, visto que a transmissão de infeções no seio hospitalar mostra uma relação próxima de uma reduzida QAI.

A OMS define Infeção Nosocomial (IN), também designada de Infeção Associada aos Cuidados de Saúde (IACS), como (WHO, 2002):

“Uma infeção adquirida no hospital, por um paciente que foi admitido por outra razão que não a infeção. (...) infeção que ocorre num paciente internado num hospital ou noutra instituição de saúde, a qual não estava presente ou em incubação aquando a sua admissão. Incluem-se as infeções adquiridas no hospital que se detetam após a alta, bem como as infeções ocupacionais nos profissionais de saúde.”

O Programa Nacional de Prevenção Associada aos Cuidados de Saúde (PNCI), elaborado pela DGS, refere que o termo IN se trata de um conceito pouco abrangente por excluir o ambulatório. O conceito de IACS é mais abrangente já que se refere a todas as unidades prestadoras de saúde (PNCI, 2007) .

As IACS ocorrem em todo o mundo, afetando tanto países em desenvolvimento como países desenvolvidos. Este tipo de infeção está entre as principais causas de morte e aumento de morbilidade em doentes hospitalizados, especialmente os que apresentam um sistema imunitário mais vulnerável (WHO, 2005b). Apesar de haver uma grande inovação na saúde e nos cuidados hospitalares, as IACS continuam a desenvolver-se entre os pacientes hospitalizados, podendo também afetar os colaboradores que aí trabalham (WHO, 2002). Este tipo de infeções são a complicação mais comum nos doentes hospitalizados e afetam principalmente as vias urinárias, o local cirúrgico, as vias respiratórias e a corrente sanguínea (PNCI, 2007).

Segundo o Relatório Mundial de Saúde (1996):

“Os hospitais são projetados para curar os doentes, mas também são fontes de infeções. Ironicamente, os avanços na medicina são parcialmente responsáveis pelo facto de as infeções hospitalares serem a principal causa de morte em algumas partes do mundo.”

A OMS atribui como fatores que promovem infeções entre pacientes hospitalizados a diminuição do sistema imunitário dos doentes, o aumento da variedade dos procedimentos médicos e das técnicas invasivas que criam rotas de infeção e o aumento da resistência bacteriana a antibióticos (WHO, 2005b). Para além disso, fatores como a densidade de ocupação e os sistemas AVAC constituem um risco potencial de transmissão de infeções. Segundo Araújo (2008), muitas das IACS podem ter origem em espécies fúngicas, considerando-se preponderante uma eficiente filtragem do ar para uma diminuição destas espécies. Os microrganismos mais frequentemente isolados nas IN são: *Staphylococcus aureus* metilicina resistente (15,8%), *Escherichia coli* (14,5%) e *Pseudomonas aeruginosa* (12,7%) (DGS, 2009).

A transmissão de IACS depende do equilíbrio entre 3 elementos: fonte de infeção, hospedeiro suscetível e meios de transmissão. As fontes de infeção são geralmente provenientes de pacientes, colaboradores e por vezes de visitantes. Também objetos inanimados e superfícies do ambiente hospitalar (incluindo equipamentos e medicamentos) são potenciais fontes de infeção. O hospedeiro suscetível refere-se aos pacientes que estão mais vulneráveis aos microrganismos, como por exemplo pacientes imunossuprimidos, recém-nascidos, pacientes em quimioterapia ou portadores de imunodeficiências. O meio como os microrganismos se propagam pode concretizar-se através de vários meios: por contacto, por gotículas, por via aérea, por veículo comum ou por vectores (Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVS, 2006; Brink *et al.*, 2006).

2.5.1. Incidência da IACS no mundo e em Portugal

Na última década, a gestão hospitalar de muitos hospitais europeus passou por um processo de grandes mudanças, a nível económico, pessoal e de recursos técnicos. Ao mesmo tempo as IACS têm tido um crescimento significativo (Daschner *et al.*, 2004). Esta tipologia de infeção ocorre um pouco por todo o mundo, sendo uma das maiores preocupações dos gestores dos sistemas de saúde.

A OMS reconhece que este tipo de infeções prolongam o internamento hospitalar, aumentam a morbidade e a mortalidade. Por outro lado, são responsáveis por um aumento dos custos de internamento, revelando-se assim necessário demonstrar aos órgãos de gestão das unidades de saúde encargos financeiros envolvidos nesta problemática que permitam justificar os custos das medidas de prevenção e controlo da infeção, podendo prevenir cerca de 30% das IN (WHO, 2005b; Sobotová *et al.*, 2006).

Os reforços nas medidas de prevenção são importantes, não só pelo assegurar da saúde dos pacientes e profissionais de saúde mas também numa perspetiva económica. O encargo económico das IACS pode ter um grande peso no orçamento anual de alguns países como por exemplo no México, que representa 70% do orçamento total no ministério da saúde. Nos Estados Unidos, os custos extra associados ao tratamento de IN estão estimados em 3250 a 4118

milhões de euros por ano, enquanto em Inglaterra custem anualmente cerca 1214 milhões de euros ao Serviço Nacional de Saúde (WHO, 2005b).

Segundo Ding *et al.*, 2% a 12% dos pacientes hospitalizados em países desenvolvidos manifestam IN (Ding, et al., 2009), podendo este valor chegar aos 40% ou mais em países em desenvolvimento (WHO, 2005b).

Um estudo realizado pela WHO em 55 hospitais de 14 países de diferentes regiões (Europa, Mediterrâneo Oriental, Sudeste Asiático e Pacífico Ocidental) mostra que uma média de 8,7% dos pacientes hospitalizados sofreu de infeções nosocomiais, estimando-se ainda que, a cada momento, 1,4 milhões de pessoas no mundo sofrem de complicações infecciosas adquiridas no ambiente hospitalar (WHO, 2002).

Nos Estados Unidos, por exemplo, um em cada 136 doentes hospitalizados fica gravemente doente como resultado da aquisição de uma infeção hospitalar. Isto equivale a dois milhões de casos ao ano, correspondendo a cerca de oitenta mil mortes anualmente. Na Inglaterra, as infeções relacionadas à assistência a saúde provocam cinco mil mortes por ano (WHO, 2005b).

Numa realidade diferente, em países de escassos recursos e o onde o sistema de saúde precisa de oferecer cuidados a uma população com uma situação de saúde precária, o peso das IACS é ainda maior. Exemplo desta situação é o México, onde as IACS são a terceira causa mais comum de morte em toda a população. Já na Europa, em 2006, o número de doentes que adquiriram um IN foi de três milhões, sendo o número de mortes por IN de cinquenta mil (WHO, 2005b)

Relativamente a Portugal, a DGS realizou um inquérito de prevalência de IN, em Maio de 2003, envolvendo 67 hospitais e 16373 doentes, identificando uma prevalência de 8,4% de doentes com IACS. O último inquérito nacional de prevalência de IN, levado a cabo pela mesma entidade em 2009, onde participaram 141 hospitais e 21 459 doentes, identificou uma taxa de prevalência de IN de 9,84%. O mesmo inquérito indica que as maiores percentagens de prevalência das infeções é superior nas Unidades de Cuidados Intensivos (45,7%) e nas Unidades de Queimados (44%) (DGS, 2009).

Os valores sugerem que a prevalência de IN em Portugal está dentro dos valores apresentados por outros países industrializados (3,5%-10,5%), sendo no entanto necessário continuas medidas de reforço da prevenção e controlo de infeção.

2.6. Sistemas AVAC

Os sistemas AVAC referem-se a equipamentos que têm como função criar conforto térmico (controlo de temperatura e humidade), fornecer ar exterior (limpo) aos ocupantes e remover odores e poluentes, através do uso de exaustores ou diluindo-os em níveis aceitáveis, fazendo o controlo da relação da pressão entre salas (APA, 2010). Nem todos os sistemas AVAC são concebidos para desempenhar todas as funções acima descritas e alguns edifícios utilizam apenas a ventilação natural como forma de renovação de ar (EPA, 2012). Segundo o Centers for Disease Control and Prevention (CDC), estes sistemas são uma ferramenta essencial na manutenção de uma boa QAI em hospitais (CDC, 2003):

- Manter a temperatura e a humidade a níveis confortáveis e seguros para os colaboradores, pacientes e visitantes;

- Controlar odores;
- Remover o ar contaminado;
- Facilitar os requisitos de caudais para proteger os colaboradores e os pacientes mais suscetíveis de contaminantes patogénicos;
- Minimizar o risco de transmissão de contaminantes patogénicos de doentes infetados.

Os gestores hospitalares devem garantir a correta manutenção dos espaços e instalações AVAC e controlar periodicamente a QAI, por forma a identificar a existência de concentrações de poluentes que ponham em causa a saúde dos ocupantes e propor medidas de melhoria contínua da QAI. Desta forma, entre outros requisitos, os sistemas AVAC deverão ter em consideração os seguintes aspectos (CDC, 2003; ACSS, 2008).

- 1) A admissão de ar exterior para o interior do edifício deverá ser feita fora da influência direta de fontes exteriores;
- 2) O ar exterior, antes de ser insuflado nos diferentes espaços deverá ser tratado através de processos de filtragem que irão reter partículas e cuja eficiência deverá refletir a criticidade de cada um dos espaços a ventilar;
- 3) O caudal de ar novo a insuflar em cada espaço deverá ser dimensionado de acordo com o seu uso, área, número de ocupantes, eficiência de ventilação e materiais usados;
- 4) Em áreas críticas, a insuflação deverá ser feita com 100% de ar novo;
- 5) A diferença de pressão entre espaços adjacentes evita a migração de poluentes, sendo controlada de modo a que o fluxo de ar seja feito das zonas mais limpas para as menos limpas;
- 6) A extração em zonas consideradas “infetadas”, como é o caso de zonas de isolamento, infetocontagiosas, anatomia patológica, laboratórios entre outras deverá ser efetuada por condutas individualizadas e devem ser sempre tratadas por sistemas específicos com instalação de filtros bacteriológicos na rejeição;
- 7) A instalação deve permitir uma correta manutenção de todos os equipamentos, como por exemplo, a substituição de filtros de partículas, a limpeza das unidades de tratamento de ar (UTA), condutas e unidades terminais e controlo de caudais.
- 8) Em zonas produtoras de gases ou poeiras, tóxicos ou agressivos, nomeadamente óxido de etileno, citostáticos, entre outros, devem estar previstos sistemas de extração específicos, com rejeição em ponto mais alto e afastado dos locais de admissão de ar para outros locais. Antes da sua rejeição para o exterior deve estar prevista a sua neutralização.

A Figura 2.8 representa a estrutura geral dos componentes do sistema AVAC com mais impacto na QAI.

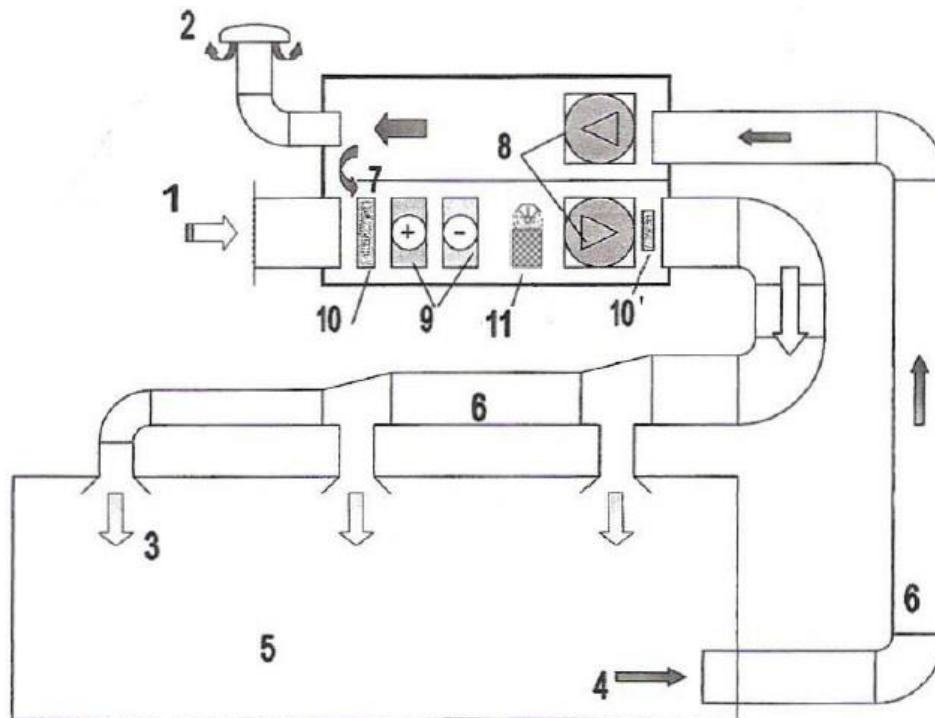


Figura 2.8 - Estrutura geral de um sistema AVAC (Fonte: Magalhães 2009).







Legenda:

- 1 - Ar exterior (Ar novo)
- 2 - Ar rejeitado
- 3 - Ar insuflado
- 4 - Ar extraído
- 5 - Espaço interior
- 6 - Conduto de condução de ar
- 7 - Ar de retorno
- 8 - Ventilador
- 9 - Baterias (permutadores de calor ou serpentinas de água quente e fria)
- 10 - Filtros (pré-filtro, filtro intermédio)
- 10' - Filtro absoluto
- 11 - Humidificador

O ar proveniente do exterior dá entrada na Unidade de Tratamento de Ar (UTA) que é responsável pelo tratamento do ar a insuflar, passando por um conjunto de filtros, onde serão removidos os contaminantes particulados e microrganismos. A tipologia de atividade e a qualidade do ar exterior ditam o número de filtros e a eficiência da filtragem. No interior das UTA, o ar é também aquecido ou arrefecido ao passar por baterias de aquecimento ou arrefecimento. No caso de arrefecimento é necessária a existência de um tabuleiro de condensados que recolhe a água condensada proveniente deste processo e a partir do qual é encaminhada para o esgoto de águas pluviais. Antes de entrar nas condutas o ar poderá também passar por um humidificador de modo a que se adeque a humidade no ar que se pretende insuflar. Estes sistemas poderão ainda ser dotados de atenuadores de ruído, o que poderá ser importante no caso de unidades de maior dimensão que assumam grandes caudais de entrada. O

movimento do ar é assegurado por ventiladores mecânicos, tanto para a sua insuflação como extração que é feita através de condutas e grelhas.

Em situações onde é necessária uma máxima eficiência de filtração, como é o caso de salas de isolamento e salas de operação, é colocado no final da UTA um filtro absoluto capaz de remover as partículas mais finas, assegurando a entrada de um ar praticamente livre de poluição. Estes filtros denominam-se de filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Air Filter*) e são geralmente especificados como sendo capazes de remover partículas de 0,3 µm com uma eficiência de 99,97% (Araujo *et al.*, 2008). Nestes casos é natural que o ar extraído passe também por filtros HEPA, de modo a remover todos os contaminantes. No entanto, devido ao elevado custo destes filtros, esta situação nem sempre se verifica. Na Figura 2.9 podem observar-se as várias classificações consoante a eficiência de filtração, salientando-se que as designações poderão adotar terminologias diferentes, consoante a norma adotada pelo utilizador.

PRÉ-FILTROS			FILTROS DE MÉDIA E ALTA EFICÁCIA	FILTROS ABSOLUTOS	CARVÃO ACTIVADO
G1 – G4			F5 – F9	H10 – H14	FG ^(*)
					
Mantas Filtrantes	Filtros Planos	Superfície Quebrada	Bolsa e Compactos	Pregados e Separadores de Alumínio	Placas e Caixas

^(*) Filtro para gases

Figura 2.9 - Classificação dos filtros (Fonte: Monteiro, 2009).

No sistema AVAC representado, o ar insuflado é constituído por uma mistura de ar novo e de ar de retorno. No entanto, existem áreas críticas que necessitam que o ar insuflado seja 100% novo. Neste caso, as UTA tomam a designação de Unidade de Tratamento de Ar Novo (UTAN). Como aproveitamento do ar de retorno, pretende-se uma poupança energética, uma vez que, ao retornar ao espaço, não será necessário despender tanta energia no processo de aquecimento/arrefecimento.

Como referido anteriormente, os sistemas de ventilação assumem uma grande importância nas unidades de saúde, especialmente devido à diversidade de espaços e às atividades aí desenvolvidas, sendo necessário adequar os sistemas consoante as necessidades exigidas. A Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS) estabelece algumas soluções a adotar no que respeita aos sistemas de ventilação em determinados compartimentos e serviços de um

hospital. Nos Quadros 2.1, 2.2 e 2.3 são apresentadas algumas dessas soluções para os serviços que se consideram pertinentes neste estudo.

Quadro 2.1 - Soluções para o Bloco Operatório (Fonte: adaptado de ACSS, 2008).

Bloco Operatório – Salas de Operações	
Observações	As UTA devem ter filtragem mínima F9
Parâmetros	Características
Sobrepresão/Subpressão	Sobrepresão
Caudal de ar recirculado	20 ren/h
Ar novo	100m ³ /h.pessoa (600 m ³ /h no mínimo)
Condições ambiente	20°C a 24°C; 60% HR

Quadro 2.2 - Recomendações de parâmetros para a Urgência Geral (Fonte: adaptado de ACSS, 2008).

Urgência Geral	
Observações	Sistemas independentes de extracção; Filtros bacteriológicos; Neutralização de gases tóxicos ou agressivos antes da sua extração
Parâmetros	Características
Sobrepresão/Subpressão	Subpressão
Caudal de ar recirculado	Não
Ar novo	30m ³ /h.pessoa
Condições ambiente	25°C no Verão; 20°C no Inverno

Quadro 2.3 - Recomendações de parâmetros para a Enfermaria (Fonte: adaptado de ACSS, 2008).

Unidades de Internamento - Enfermaria	
Observações	-
Parâmetros	Características
Sobrepresão/Subpressão	Subpressão
Caudal de ar recirculado	Não
Ar novo	45m ³ /h.pessoa
Condições ambiente	25°C no Verão; 20°C no Inverno

Para além da estrutura física dos sistemas AVAC, a manutenção de diferentes pressões entre áreas diferentes é de extrema importância em ambiente hospitalar, uma vez que a circulação de ar se faz dos locais de maior pressão para os locais de menor pressão. As diferenças de pressão obtêm-se através de uma diferença de caudais: insuflado e extraído. Nos casos em que a diferença de pressão é positiva (sobrepresão), como nos blocos de cirurgia, o caudal de ar insuflado é maior que o caudal extraído, evitando a contaminação dos blocos com contaminantes existentes nos espaços adjacentes. Em divisões em que a pressão é negativa (subpressão), o caudal de ar extraído é superior ao insuflado. Isto torna-se relevante em certas áreas hospitalares, como é o caso de salas de isolamento, laboratórios e salas de esterilização de equipamentos, onde é necessário assegurar elevados caudais de extração para impedir a

contaminação de áreas adjacentes (Leung e Chan, 2006). A Figura 2.10 exemplifica a ventilação desejável num edifício, onde as zonas com sinal positivo (+) dizem respeito a espaços em sobrepressão e a zona assinalada com sinal negativo (-) a espaços em subpressão.

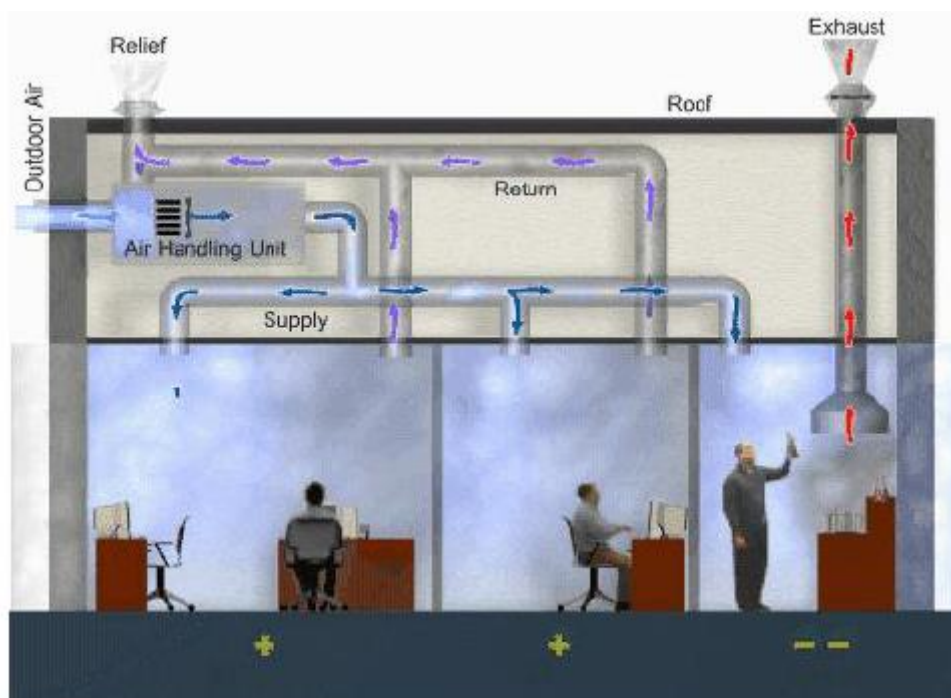


Figura 2.10 - Ventilação desejável (Fonte: Almeida, 2014)

2.7. Legislação

Para fazer face ao elevado peso que o setor dos edifícios representa no consumo energético e na qualidade de vida, têm vindo a ser adotadas regulamentações que visam promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. Em 2006, com a publicação da legislação referente ao Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior em edifícios, a temática da QAI passou a estar consagrada na legislação nacional.

No entanto, no decurso da presente investigação surgiu uma nova regulamentação nacional, onde a QAI deixou de ser contemplada na certificação energética. Surge assim um novo documento legal que revoga o Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, que aprovava o Sistema Nacional de Certificação Energética e do Ar Interior, o Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril que apresentava valores para as concentrações máximas de alguns poluentes químicos presentes no ar interior, como PM₁₀, CO₂, CO, O₃, CH₂O, COV e microrganismos, e também o Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, referente ao Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, reunindo os regulamentos referenciados apenas num só diploma.

No âmbito desta tarefa, foi efetuado um levantamento da legislação e referenciais existentes, considerados pertinentes, em relação à QAI. A primeira conclusão a que se chegou nesse levantamento foi que até à data ainda não foram estabelecidas normas específicas para a QAI nos hospitais na maioria dos países, incluindo Portugal.

2.7.1. Decreto-Lei n.º 118/2013

A transposição para o direito nacional da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, gerou a oportunidade de melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respetivos regulamentos, bem como de alinhar os requisitos nacionais às imposições explicitamente decorrentes da mesma. Assim, o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto assegura não só a transposição da diretiva em referência, mas também uma revisão da legislação nacional, que se consubstancia em melhorias ao nível da sistematização e âmbito de aplicação ao incluir, num único diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), atendendo, simultaneamente, aos interesses inerentes à aplicabilidade integral e utilidade deste quadro legislativo, e aos interesses de simplificação e clareza na produção legislativa de carácter predominantemente técnico (Decreto-Lei n.º 118/2013).

A atualização da legislação nacional existente envolve alterações a vários níveis, com destaque, em primeiro lugar, para as modificações estruturais e de sistematização, pela aglutinação, num só diploma, de uma matéria anteriormente regulada em três diplomas distintos, procedendo-se, assim, a uma reorganização significativa que visa promover a harmonização concetual e terminológica e a facilidade de interpretação por parte dos destinatários das normas. Em segundo lugar, a separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS, passando aquele a incidir, exclusivamente, sobre os edifícios de habitação e este último sobre os de comércio e serviços, facilita o tratamento técnico e a gestão administrativa dos processos, ao mesmo tempo que reconhece as especificidades técnicas de cada tipo de edifício naquilo que é mais relevante para a caracterização e melhoria do desempenho energético.

Apesar de a QAI deixar de ser contemplada no novo sistema de certificação energética, o Decreto-Lei n.º 118/2013 considera da maior relevância a manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e dos limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior, de forma a salvaguardar os mesmos níveis de proteção de saúde e de bem-estar dos ocupantes dos edifícios. No documento é ainda referenciado a eliminação das auditorias de QAI, mantendo-se, contudo, a necessidade de se proceder ao controlo das fontes de poluição e à adoção de medidas preventivas, tanto ao nível da conceção dos edifícios, como do seu funcionamento, de forma a cumprir os requisitos legais para a redução de possíveis riscos para a saúde pública (Decreto-Lei n.º 118/2013).

2.7.2. Portaria n.º 353-A/2013

Para dar cumprimento às alterações impostas pelo Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, é publicada a Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro que determina 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 novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação.

Os limiares de proteção para os poluentes físico-químicos e as condições de referência para os parâmetros microbiológicos a considerar são os previstos nos Quadros 2.4 e 2.5, respectivamente.

Quadro 2.4 - Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos segundo a Portaria n.º 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)	[µg.m ⁻³]	100	-
Dióxido de carbono (CO ₂)	[mg.m ⁻³]	2250	30
Radão	[Bq.m ⁻³]	400	-

Em que:

- As concentrações em µg.m⁻³ e mg.m⁻³ referem-se à temperatura de 20° C e à pressão de 1 atm (101,325 kPa);
- Os limiares de proteção indicados dizem respeito a uma média de 8 horas;
- As margens de tolerância previstas são aplicáveis a edifícios existentes e edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação;
- A análise de radão é obrigatória em edifícios construídos em zonas graníticas, nomeadamente nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco.

Quadro 2.5 - Condições de referência para os poluentes microbiológicos segundo a Portaria n.º 353-A/2013

	Matriz	Unidade	Condições de referência
Bactérias	Ar	UFC.m ⁻³	Concentração de bactérias totais no interior inferior à concentração no exterior, acrescida de 350 UFC.m ⁻³ .
<i>Legionella spp</i>	Água	UFC.L ⁻¹	Concentração inferior a 100 UFC.L ⁻¹ , exceto no caso da pesquisa em tanques de torres de arrefecimento em que deve verificar-se uma concentração inferior a 1000 UFC.L ⁻¹ .
Fungos	Ar	UFC.m ⁻³	Concentração de fungos no interior inferior à detetada no exterior.

Quadro 2.6 - Condições específicas para verificação da conformidade de fungos com base na perigosidade das diferentes espécies segundo a Portaria n.º 353-A/2013.

Espécies		Condições específica de conformidade
Espécies comuns (excluindo as produtoras de toxinas)	<i>Cladosporium spp</i> <i>Penicillium spp</i> <i>Aspergillus spp</i> <i>Alternaria spp</i> <i>Eurotium spp</i> <i>Paecilomyces spp</i> <i>Wallemia spp.</i>	Mistura de espécies: concentração inferior ou igual a 500 UFC.m ⁻³
Espécies pouco comuns	<i>Acremonium spp</i> <i>Chrysonilia spp</i> <i>Tricothecium spp</i> <i>Curvularia spp</i> <i>Nigrospora spp</i>	Cada espécie: concentração inferior a 50 UFC.m ⁻³ . Misturas de espécies: concentração inferior a 150 UFC.m ⁻³
Espécies patogénicas	<i>Chryptococcus neoformans</i> <i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Blastomyces dermatitidis</i> <i>Coccidioides immitis.</i>	Ausência de toda e qualquer espécie
Espécies toxinogénicas	<i>Stachybotrys chartarum</i> <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Aspergillus terreus</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Fusarium culmorum</i> <i>Trichoderma víride</i>	Cada espécie: concentração inferior a 12 UFC.m ⁻³ (várias colónias por cada placa)

2.7.3. Referenciais Europeus e Internacionais

O estabelecimento de claras referências para o ar interior ainda não foi verdadeiramente definido na União Europeia (UE). Esta deficiência deve-se ao facto da avaliação sistemática dos riscos para a saúde para os poluentes ainda não estar disponível. A Comissão Europeia (CE), apesar de ter emitido, em 2008, a Directiva 2008/50/CE que veio unificar num só documento cinco atos legislativos europeus sobre qualidade do ar (Directiva Quadro sobre Qualidade do Ar – Directiva 96/62/EC – e as respectivas Directivas Filhas – 1999/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC e 2004/107/CE), apenas reporta para a qualidade do ar ambiente não revelando qualquer preocupação sobre a qualidade do ar a nível interior. A esta “falta de orientação superior” a nível da CE pode estar associado o facto de serem poucos os países que têm referenciais estabelecidos para a QAI ou um carácter obrigatório para os mesmos. Apesar da legislação portuguesa já manifestar referenciais para alguns parâmetros da QAI, é urgente a análise de informação e casos de estudo internacionais, de modo a obter-se um termo comparativo. Países como a França e o Reino Unido possuem organizações que reúnem informação sobre a QAI com o objetivo desta ser apresentada aos órgãos decisores dos seus países de modo a adotar legislação específica sobre este tema.

A nível internacional existem diretrizes de organizações como a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), a *National Institute for Occupational Safety and Health*

(NIOSH) e a ACGIH (*Industrial Hygiene, Environmental, Occupational Health*) que estabelecem orientações direccionadas para o contexto ocupacional, cujos valores não poderão ser aplicados ao contexto que é abordado neste estudo.

De acordo com Dharan e Pittet (2002), poucos países estabelecem valores limites para contaminantes biológicos em blocos operatórios, no entanto, a maioria recomenda 50-150 UFC.m⁻³. No Reino Unido por exemplo, para uma sala de operações vazia o limite estabelecido é de 35 UFC.m⁻³, sendo esse limite de 180 UFC.m⁻³ quando esta se encontra em atividade.

No âmbito hospitalar e mais concretamente de áreas de intervenção cirúrgica e espaços adjacentes, surge a necessidade de seguir determinadas normas e guias utilizados para classificar salas e áreas limpas, principalmente no que diz respeito a material particulado e microbiológico. Com o uso de filtros HEPA nos sistemas de ventilação de salas de operação, há uma tendência para aplicar os valores de referência de tecnologia de salas limpas para hospitais (Dharan e Pittet, 2002). Uma vez que salas e áreas limpas dizem respeito a locais onde a concentração de contaminantes particulados é controlada. Tratam-se de locais construídos e usados de maneira a minimizar a introdução, formação e retenção de partículas e capazes de controlar parâmetros como a temperatura, humidade e pressão caso necessário (ISO 14644, 2010).

2.7.3.1. ISO 14644

A ISO 14644 abrange a classificação de pureza do ar em salas limpas e ambientes controlados associados. Neste documento, apenas são tidas em conta as populações de partículas com tamanhos na gama de 0,1 µm a 5 µm. O nível de pureza do ar aplicável a uma sala limpa por concentração de material particulado é expresso através de uma classe ISO N, que representa as concentrações máximas permitidas expressas em partículas.m⁻³ de partículas iguais ou maiores que os tamanhos considerados. A classificação de acordo com a referida ISO é limitada a uma gama que se estende de ISO Classe 1 a ISO Classe 9 e a máxima concentração de partículas (partículas.m⁻³) permitida para os tamanhos de partícula considerados estão apresentados no Quadro 2.7.

Quadro 2.7 - Classificação da pureza do ar para partículas em suspensão (Fonte: ISO 14644, 2010)

Número de classificação ISO (N)	Limites máximos de concentração (partículas.m ⁻³) para partículas iguais ou maiores que os tamanhos considerados					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
ISO Classe 1	10	2				
ISO Classe 2	100	24	10	4		
ISO Classe 3	1000	237	102	35	8	
ISO Classe 4	10 000	2370	1020	352	83	
ISO Classe 5	100 000	23 700	10 200	3520	832	29
ISO Classe 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8320	293
ISO Classe 7				352 000	83 200	2930
ISO Classe 8				3 520 000	832 00	29 300
ISO Classe 9				35 200 000	8 320 000	293 000

Esta ferramenta é bastante útil em unidades de saúde, especialmente em blocos cirúrgicos, pois permite avaliar as condições da sala no que toca a material particulado, no entanto, não define se a sala se encontra em atividade ou em repouso.

No Quadro 2.8 são apresentadas os valores limites referentes a material microbiológico para salas limpas e respectiva classificação ISO.

Quadro 2.8 – Valor limite de UFC.m⁻³ e correspondente classificação ISO para a qualidade do ar em salas limpas (Fonte: adaptado de ISO 14644, 2010)

Classificação ISO	Valor Limite de UFC/m ³
5 e 6	10
7	100
8	200

2.7.3.2. Guidelines to Good Manufacturing Practice (GMP), Annex 1

Este documento, elaborado pela Comissão Europeia (CE), estabelece a concentração máxima do número de partículas em salas limpas, atribuindo-lhes classificações que estão entre as letras A e D, sendo que as A serão as zonas destinadas a operações de alto risco. O presente guia, adotado pela WHO, apenas estabelece duas classes de tamanho de partículas ($\geq 0,5$ e ≥ 5) e faz a diferenciação entre as concentrações permitidas em salas que estejam em repouso e salas que estejam em operação (Quadro 2.9).

Quadro 2.9 - Número máximo de partículas permitidas em suspensão no ar (Fonte: Guidelines to Good Manufacturing Practice, Anexo 1, 2008)

Grau	Número máximo de partículas por m ³ igual ou maior que o tamanho especificado			
	Em repouso		Em operação	
	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	$\geq 5 \mu\text{m}$	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	$\geq 5 \mu\text{m}$
A	3520	20	3520	20
B	3520	29	352 000	2900
C	352 000	2900	3 520 000	29 000
D	3 520 000	29 000	Não definido	

Além da classificação consoante o material particulado este guia apresenta também recomendações para a monitorização microbiológica de salas limpas (Quadro 2.10).

Quadro 2.10 - Limite de UFC/m³ e correspondente classificação GMP para a qualidade do ar em salas limpas (Fonte: adaptado de Guidelines to Good Manufacturing Practice, Anexo 1, 2008)

Classificação GMP	Valor Limite de UFC/m ³
B	10
C	100
D	200

A existência de vários documentos utilizados como referencia para a classificação deste tipo de locais é um entrave à padronização havendo uma variedade de guias e referenciais com terminologias diferentes mas com valores iguais ou ligeiramente diferentes.

2.7.2.3. Organização Mundial de Saúde

A OMS é uma das entidades mais importantes no que se refere à emissão de relatórios e pareceres sobre os mais diversos temas relacionados com saúde. Neste sentido, entende-se a relação desta entidade com as questões da qualidade do ar, nomeadamente, da QAI. Desde 1987 que a OMS tem contribuído para a divulgação de referenciais e informações sobre boas práticas

em QAI. Em 2005, foi produzido um relatório, muito importante que continha referenciais para matéria particulada (PM₁₀ e PM_{2,5}). Mais tarde, em 2010, no relatório *Selected Pollutants – WHO Guidelines for Indoor Air Quality*, são apresentados valores guia para novos poluentes, como o benzeno, o monóxido de carbono, o formaldeído, o naftaleno, o dióxido de nitrogénio, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, o benzo-[a]-pireno, o radão, o tricloroetileno e o tetracloroetileno. A OMS defende que estes poluentes apresentam interesse na QAI mas que deve ser realizada mais investigação para que existam evidências claras para justificar a sua inclusão nas directrizes atuais (WHO, 2010). Os poluentes comuns entre os referenciais da WHO e a legislação portuguesa estão descritos no Quadro 2.11, bem como outros poluentes importantes para esta temática.

Quadro 2.11 - Referências da OMS relativas a concentrações máximas admissíveis no ar interior
(Fonte: WHO, 2006; WHO, 2010)

Poluente	Concentração máxima
CO	15 minutos – 100 mg.m ⁻³ 1 hora – 35 mg.m ⁻³ 8 horas – 10 mg.m ⁻³ 24 horas – 7 mg.m ⁻³
H ₂ CO	0,1 mg.m ⁻³ (média 30 minutos)
PM ₁₀	20 µg.m ⁻³ (média anual) 50 µg.m ⁻³ (média 24 horas)
PM _{2,5}	10 µg.m ⁻³ (média anual) 25 µg.m ⁻³ (média 24 horas)
O ₃	160 µg.m ⁻³
Radão	67 Bq.m ⁻³ (fumadores) 1670 Bq/m ³ (não fumadores)
Benzeno	Não existe um valor limite de exposição recomendável considerado seguro. O risco de desenvolver leucemia por 1 mg/m ³ concentração de ar é de 6 x 10 ⁻⁶ .
Naftaleno	0,01 mg.m ⁻³ (média anual)
NO ₂	200 µg.m ⁻³ (média 1 hora) 40 µg.m ⁻³ (média anual)

Para além dos limites atrás representados, existem outras metas definidas pela OMS, cada vez mais restritivas. Com a existência deste padrão de exigência, é expectável que ao longo do tempo sejam introduzidos novos valores para concentrações máximas de alguns poluentes, de acordo com a evolução tecnológica e científica.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

Neste capítulo é descrita a metodologia adotada para a realização do presente trabalho, apresentando-se as etapas, equipamentos e técnicas utilizadas para a obtenção dos resultados.

A investigação foi desenvolvida no contexto do projeto EFICARE, onde se assumiram alguns pressupostos, nomeadamente os espaços a avaliar. No âmbito deste trabalho foi definida uma metodologia que irá permitir aferir o estado da QAI. A formulação que serviu de base ao estudo é apresentada na Figura 3.1:

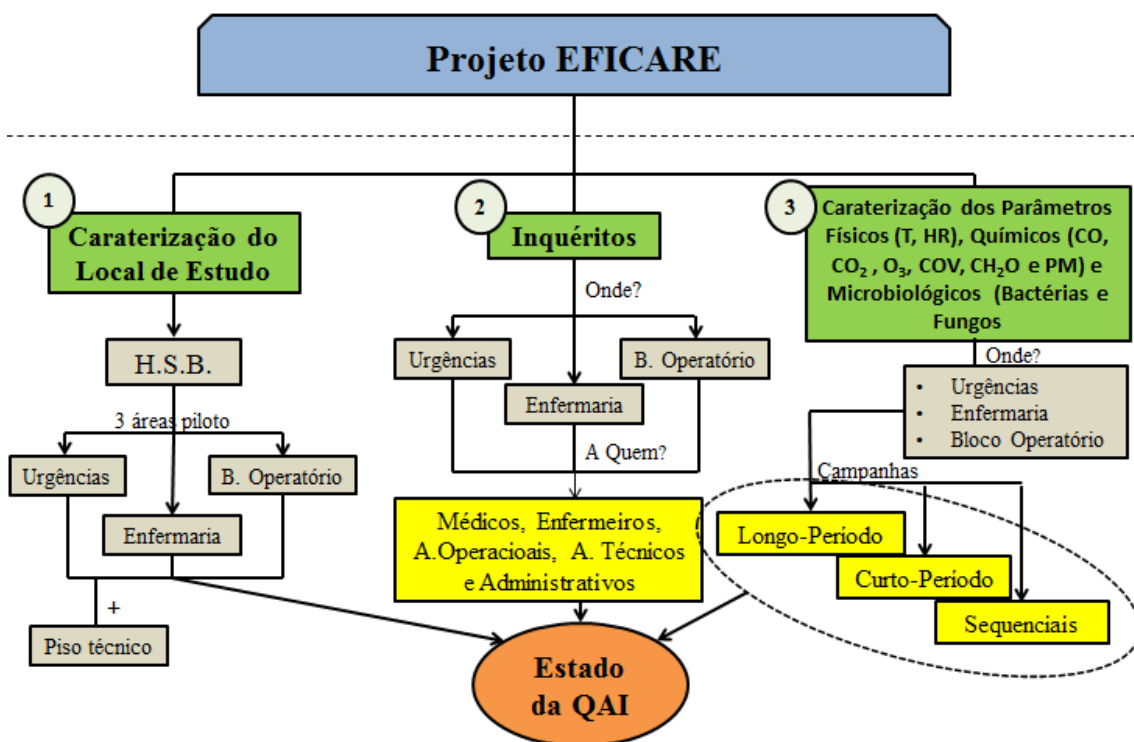


Figura 3.1 - Esquema metodológico

3.1. Projeto EFICARE

O projeto EFICARE é um projeto-piloto inovador que pretende desenvolver uma metodologia integrada de análise do desempenho de instalações de unidades de saúde, focada na qualidade dos serviços de manutenção, na QAI e na eficiência energética de instalações e equipamentos. A metodologia será suportada informaticamente e proporcionará quadros de referência adequados à identificação/quantificação de desvios em relação às melhores práticas, de modo a tornar consequentes os processos de monitorização e de apoio à decisão.

O projeto, financiado pelo Quadro de Referência Estratégica Europeu (QREN), iniciou-se em abril de 2013 e estender-se-á até março de 2015. O promotor líder é a empresa Integridade, sendo o ISQ-Instituto de Soldadura e Qualidade, o IST- Instituto Superior Técnico e a Quadrante co-promotores.

O parceiro, Centro Hospitalar de Setúbal (CHS), é um Centro Hospitalar do Estado, onde estão a ser atualmente desenvolvidos os trabalhos no âmbito do projeto. A escolha deste local deveu-se ao facto de se tratar de uma unidade de saúde com a dimensão adequada aos objetivos do trabalho que se pretendia desenvolver, pelo conhecimento que dispunha das suas instalações e

pelo sistema de recolha e tratamento dos dados sobre o desempenho dos equipamentos e instalações que se revelam fundamentais para a avaliação e validação do modelo em avaliação.

Com o EFICARE, o Centro Hospitalar de Setúbal dá cumprimento a uma determinação do Ministério da Saúde, nomeadamente ao nível da "criação de um modelo organizativo, económico-financeiro e cultural centrado no utente e assente na eficiente gestão".

O objetivo do projeto passa também por replicar o modelo desenvolvido para outras unidades de saúde, em Portugal e noutros países.

Apesar das três vertentes que o projecto envolve (Manutenção, Eficiência Energética e QAI) o presente estudo apenas focará a componente de QAI.

3.2. Caracterização do local de estudo

3.2.1. Objeto de estudo

O objeto de estudo é o Hospital de São Bernardo (HSB), que a par do Hospital Ortopédico Santiago do Outão, compõem o CHS. O CHS foi criado a 31 de dezembro de 2005, através do Decreto-Lei n.º 233/2005, de 29 de dezembro.

3.2.2. Breve historial do hospital

O HSB foi inicialmente projetado pelo arquiteto Amândio Amaral, começando as obras em abril de 1955, na parte leste da cidade, tendo sido inaugurado oficialmente a 9 de maio de 1959. Nos anos setenta, o novo hospital começou dar mostras da sua insuficiência face às necessidades crescentes, quer em termos quantitativos quer qualitativos. Assim, em 1984, surgem as instalações oficiais e a central de incineração e em 1985 é inaugurada a Unidade de Cuidados Intensivos e a Hemodiálise. No decurso de uma reestruturação profunda do Serviço Nacional de Saúde, o governo avançou com um programa de gestão hospitalar de natureza empresarial, que visou a modernização e revitalização do Serviço Nacional de Saúde. Neste contexto, o HSB foi transformado em sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos, com a designação de Hospital de São Bernardo, S.A., conforme consta no Decreto-Lei nº 300/2002 de 11 de dezembro de 2002 (CHS, 2011). Foi também nesta altura que o hospital sofreu uma grande intervenção física, tendo sido construído um novo edifício, a sul do já existente, que deu lugar a outros serviços, indo ao encontro das necessidades exigidas.

3.2.3. Área de influência hospitalar

A unidade hospitalar em estudo situa-se na zona central da cidade de Setúbal, distrito de Setúbal. Integrado na Administração Regional de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo, envolve os concelhos de Sines, Santiago do Cacém, Grândola, Alcácer do Sal, Palmela e Setúbal, incluindo ainda o concelho de Sesimbra. Este Hospital articula a sua atividade com os Centros de Saúde da sua área de influência (CHS, 2011).



Figura 3.2 - Localização geográfica do hospital.

3.2.4. Estrutura organizacional do HSB

O Quadro 3.1 apresenta a localização dos serviços e unidades funcionais do HSB. A *bold*, encontram-se assinaladas as três áreas piloto avaliadas neste estudo.

Quadro 3.1 - Estrutura organizacional do HSB (Fonte: adaptado de CHS 2011).

	Edifício Antigo	Edifício Novo
Piso -1	Serviço Social; Serviço de Alimentação; Cozinha; Refeitório; Ambulatório de Pneumologia.	Serviço de Anatomia Patológica; Rouparia; Central de Limpeza; Serviços de Gestão das Tecnologias da Informação; serviços Farmacêuticos; Aproveitamento e Serviço de Instalações e Equipamentos
Piso 0	Serviço de Gestão de Doentes; Serviço de Gestão e Planeamento de Recursos Humanos; Gabinete do Utente; Serviço de Gestão da Formação/Sala de Sessões; Contabilidade; Expediente; Serviço de Medicina Física e Reabilitação; Serviço de Imunoalergologia e Serviço de Psiquiatria Agudos (UIDA).	Administração; Arquivo; Estatística; Imagiologia; Unidade de Esterilização; Hospital de Dia de Neurologia; Urgência Geral e Urgência Pediátrica.
Piso 1	Serviço de Gastroenterologia; Unidade de Técnicas de Gastro; Unidade de Cuidados Intensivos; Serviço de Patologia Clínica; Central de Colheitas; Unidade Ambulatória de Nefrologia (Hemodiálise); Unidade de Cuidados Especiais Neonatais e Serviço de Oncologia / Hospital de Dia	Bloco Operatório ; Serviço de Anestesiologia; Consultas Externas e Central Telefónica.

continua

Quadro 3.1 - Estrutura organizacional do HSB (Fonte: adaptado de CHS 2011).

continuação

	Edifício Antigo	Edifício Novo
Piso 2	Serviço de Cardiologia; Bloco de Partos; Urgência Obstétrica e Ginecológica.	Piso Técnico e Unidade da Dor.
Piso 3	Serviço de Medicina Interna; Serviço Religioso / Capela.	Serviço de Especialidades Médicas/Unidade de AVC; Serviço de Especialidades Cirúrgicas ; Cardiologia Exames e Hospital de Dia de Medicina Interna/Hemoterapia.
Piso 4	Serviço de Medicina Interna.	Serviço de Cirurgia Geral e Gabinete das Comissões – Comissão de Gestão de Risco e Comissão de Controlo de Infecção.
Piso 5	Serviço Infeciologia / Pneumologia.	Serviço de Puerpério e Serviço de Pediatria.
Piso 6	-	Gabinete da Qualidade.

3.3. Caracterização das áreas piloto

Numa primeira fase do estudo no âmbito do projecto EFICARE, anterior ao desenvolvimento da presente dissertação, foram identificadas três áreas piloto que viriam a ser escolhidas para o trabalho. As áreas referidas, e já mencionadas no Quadro 3.1 foram o serviço de Urgências (Piso 0 Nascente), a Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas (Piso 3, ala Poente) e o Bloco Operatório (Piso 1 Poente), todas elas localizadas no bloco mais recente do hospital. Esta escolha teve como base de decisão o facto de se tratarem de três zonas distintas e de elevada exigência em termos de QAI.

A Figura 3.3 mostra a localização das três áreas em estudo.

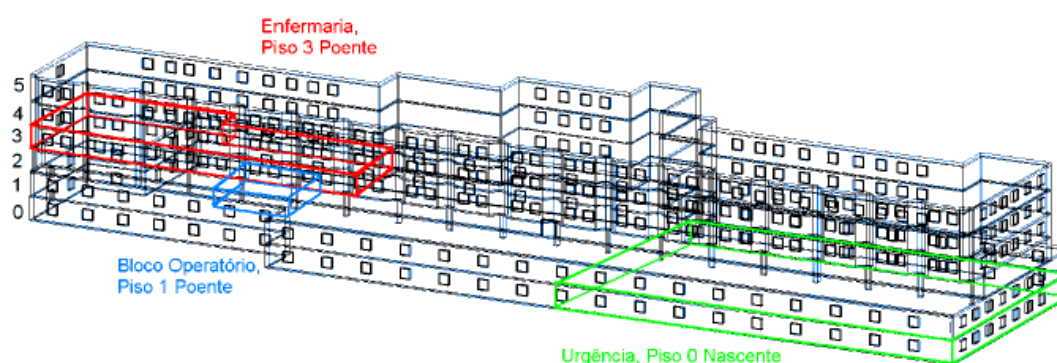




Figura 3.3 - Localização das três áreas piloto.

3.3.1. Serviço de Urgências

O Serviço de Urgências localiza-se no piso térreo, ocupando uma área de 1800 m². Neste serviço encontram-se a Urgência Geral e a Urgência Pediátrica, assim como todos os serviços de apoio. Neste serviço a QAI é grandemente influenciada pela qualidade do ar exterior, uma vez que as portas de entrada, apesar de serem de automáticas, se encontram grande parte do tempo abertas. Deste modo, a QAI neste serviço sofre a influência das emissões resultantes do tráfego automóvel, uma vez que as ambulâncias e os veículos que transportam os doentes param em frente ou nas imediações destas portas. As emissões resultantes do tráfego automóvel apresentam concentrações elevadas de poluentes como CO, NO_x, COV e PM.

A ocupação desta zona é altamente variável e é composta por pessoas de vulnerabilidade bastante distinta - pessoal relacionado com os cuidados médicos, pessoal administrativo, doentes e acompanhantes. Sendo assim, a ocupação humana constitui por si só uma importante fonte de poluentes (principalmente CO₂, partículas e microrganismos). As atividades desenvolvidas neste serviço e os produtos médicos utilizados representam também importantes fontes de poluentes essencialmente relacionados com a emissão de COV e CH₂O. O Quadro 3.2 apresenta os diferentes espaços estudados no Serviço de Urgência, bem como as características dos mesmos.

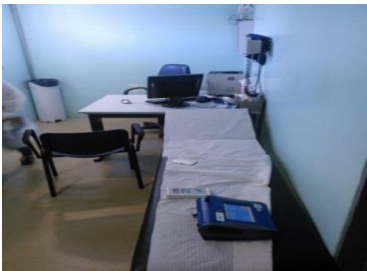



Quadro 3.2 - Espaços do Serviço de Urgência, sua utilização e potenciais fontes de poluentes.

Serviço de Urgência Nº de médicos: 15/dia Nº de Enfermeiros: 60 fixos Nº de Assistentes Operacionais: 54 fixos Nº de Assistentes Técnicos: 2 fixos Nº de Administrativos: 10 fixos	Utilização	Potenciais Fontes de Poluentes
Sala de Espera (SE) 	Utilizado por doentes e acompanhantes. Capacidade máxima: -50 pessoas.	Ocupação humana e poluentes resultantes do tráfego automóvel (porta quase sempre aberta para o local de paragem das ambulâncias).
Triagem 	Utilizado por doentes e enfermeiros. Capacidade máxima: -2 pessoas	Ocupação humana e desinfetantes.

continua

Quadro 3.2 - Espaços do Serviço de Urgência, sua utilização e potenciais fontes de poluentes.

continuação

<p>Serviço de Urgência Nº de médicos: 15/dia Nº de Enfermeiros:60 fixos Nº de Assistentes Operacionais:54 fixos Nº de Assistentes Técnicos:2 fixos Nº de Administrativos:10 fixos</p>	<p>Utilização</p>	<p>Potenciais Fontes de Poluentes</p>
<p>Consulta</p> 	<p>Utilizado por doentes e médicos. Capacidade máxima: -2 pessoas</p>	<p>Ocupação humana, desinfetantes e poluentes resultantes do tráfego automóvel (janela para o local de paragem das ambulâncias).</p>
<p>Sala de Tratamentos (ST)</p> 	<p>Utilizado por doentes e enfermeiros. Capacidade máxima: -4 pessoas</p>	<p>Ocupação humana, desinfetantes e outros produtos médicos.</p>
<p>Sala Aberta (SA)</p> 	<p>Utilizado por doentes, médicos e enfermeiros. Capacidade máxima: -12 pessoas</p>	<p>Ocupação humana, desinfetantes e produtos médicos.</p>
<p>Sala de Observações (SO)</p> 	<p>Utilizado por doentes, médicos e enfermeiros. Capacidade máxima: -20 pessoas</p>	<p>Ocupação humana, desinfetantes e produtos médicos.</p>
<p>Corredor</p>	<p>Local de passagem de doentes, enfermeiros, médicos e acompanhantes</p>	<p>Ocupação humana, desinfetantes, ar exterior.</p>


3.3.2. Enfermaria

A Enfermaria ocupa uma área de 820 m² e é constituída por 14 quartos para um, dois ou quatro doentes. Neste serviço existem as enfermarias e todos os espaços de apoio (instalações sanitárias, gabinetes, sala de tratamento, copa e vestiários). É de referir que os quartos de dois doentes foram dimensionados apenas para um ocupante. Este facto poderá resultar em níveis elevados de CO₂ e microrganismos, uma vez que o ar novo insuflado poder ser insuficiente para diluir os níveis de poluentes resultantes da ocupação humana.

Também neste espaço as normais atividades médicas, com utilização de produtos médicos, como desinfetantes, poderão ser uma importante fonte de emissão de COV e CH₂O.

Em termos de conforto térmico verificou-se que este serviço não dispunha de humidificador de ar. O Quadro 3.3 apresenta os diferentes espaços estudados neste serviço, bem como características dos mesmos.

Quadro 3.3 - Espaços da Enfermaria, sua utilização e potenciais fontes de poluentes.


Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas Nº de médicos: 15 fixos Nº de Enfermeiros: 25 fixos Nº de Assistentes Operacionais: 20 fixos Nº de Assistentes Técnicos: 0 fixos Administrativos: 3 fixos (fora do serviço)	Utilização	Potenciais Fontes de Poluentes
Quarto 317; Quarto 323; Quarto 316 (4 camas) 	Utilizado por doentes. Capacidade máxima: -4 pessoas.	Ocupação humana, desinfetantes e produtos médicos.
Quarto 320; Quarto 326 (2 camas)	Utilizado por doentes. Capacidade máxima: -2 pessoas.	
Quarto 321 (1 cama)	Utilizado por doentes. Capacidade máxima: -1 pessoa	
Quarto 319 (1 cama)		
Corredor	Local de passagem de doentes, enfermeiros, médicos e visitas.	Ocupação humana e desinfetantes.

3.3.3. Bloco Operatório

O bloco operatório é constituído por 6 salas de operação, uma unidade de cuidados pós operatórios (UCPA) e vários espaços de apoio. Trata-se de um espaço muito crítico e, como tal, está dimensionado com todos os requisitos exigidos em termos de filtragem, localização das grelhas de insuflação e extracção de ar, temperatura e balanço de pressões. As análises ao Bloco Operatório ocorreram na sala de operações 5 (43 m²) e UCPA, local onde se encontram doentes em fase de recobro. A entrada no bloco operatório é controlada, sendo que todos os ocupantes trocam de roupa e calçado à entrada, evitando assim o transporte de partículas e microrganismos.

A utilização de gases anestésicos e de desinfectantes são as principais fontes de emissão de COV e CH₂O neste serviço. O Quadro 3.4 apresenta os diferentes espaços estudados no bloco operatório, bem como características dos mesmos.




Quadro 3.4 - Espaços do Bloco Operatório, sua utilização e potenciais fontes de poluentes.

Bloco Operatório Nº de médicos:24/dia Nº de Enfermeiros:50 fixos Nº de Assistentes Operacionais: 20 fixos Nº de Assistentes Técnicos: 0 fixos Administrativos:2	Utilização	Potenciais Fontes de Poluentes
Unidade de Cuidados Pós Operatórios (UCPA)	Acesso controlado e limitado a doentes, médicos e enfermeiros. Capacidade máxima: -10 pessoas.	Ocupação humana, desinfectantes e produtos médicos.
Sala de Operações 5 	Acesso controlado e limitado a doentes, médicos e enfermeiros. Capacidade máxima: -6 pessoas.	

3.3.4. Sala Técnica

O tratamento do ar fornecido aos espaços estudados é realizado por UTAN e por uma Termoventiladora (TV- unidade com características similares a uma UTAN) existentes na sala técnica localizada no piso 2. Estas unidades filtram o ar, tratam-no termicamente e também podem humidificá-lo, sendo compostas por filtros de eficiência variada, conforme os espaços servidos, baterias de aquecimento e arrefecimento, humidificadores, ventiladores e atenuadores acústicos. A climatização pode ser feita ainda com o auxílio de unidades terminais, que fazem um tratamento térmico final ao ar. No Quadro 3.5 apresenta-se a caracterização técnica das unidades que servem as diferentes áreas seleccionadas.

Quadro 3.5 - Caracterização técnica dos equipamentos que servem as três áreas piloto.

	[unidades]	UTA 6 Urgência Geral Piso 0 	TV12-Enfermaria Piso 3 	UTA 10-Bloco Operatório-Sala 5 
Marca		Metaleceia	Metaleceia	Metaleceia
Modelo		ML11.0	ML5.0	ML5.0
Ventilador		AT 18/18	AT 12/12	AT-12/9
	Potência (kW)	3,0	1,5	2,2
	Caudal (m ³ /h)	8650	5100	3720
Humidificador		Carel	-	Carel
	Potência (kW)	43,5	-	16,5
Filtragem		(EU3) 90% (EU9) 95%	(EU3) 90% (EU9) 95%	(EU3) 90% (EU9) 95% Absoluto 99%

3.4. Inquéritos

De modo a estudar-se a percepção dos colaboradores do hospital relativamente à QAI, bem como identificar potenciais problemas, efetuou-se um inquérito junto dos colaboradores das três áreas em estudo. O inquérito aplicado foi compilado com base num projecto europeu, o HOPE: *European Health Optimisation Protocol for Energy-Efficient Buildings* e é constituído por três conjuntos de perguntas: caracterização individual, caracterização do local de trabalho e sintomas no local de trabalho. A estrutura do inquérito realizado pode ser consultada no Anexo 1 do presente trabalho.

3.5. Campanhas de Amostragem




Nesta tarefa foi efetuada uma avaliação da QAI, através da realização de diferentes campanhas, nos três espaços do edifício seleccionados, caracterizando-se os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos de acordo com as metodologias descritas em seguida.

3.5.1. Equipamentos e métodos de amostragem

O Quadro 3.6 apresenta os parâmetros monitorizados e os equipamentos utilizados nas campanhas de amostragem.

Quadro 3.6 - Parâmetros químicos, físicos e microbiológicos monitorizados e correspondentes equipamentos utilizados nas campanhas de amostragem.


Físicos e Químicos

Parâmetros		Equipamentos	
Físicos e Químicos	Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	<p>Wolfsense (Graywolf Solutions) - Pequeno instrumento utilizado para avaliações à QAI. Realiza medições por leitura direta e mede vários poluentes em simultâneo. Utiliza uma sonda de foto-ionização para a determinação das concentrações de COV e duas sondas específicas para CO e CO₂.</p>	
	Dióxido de Carbono (CO ₂)		
	Monóxido de Carbono (CO)		
	Ozono (O ₃)		
	Temperatura (T)		
	Humidade Relativa (HR)		
Partículas (PM ₁₀ , PM ₄ , PM _{2.5} , PM ₁)	<p>DustTrack 8533 - É um instrumento que realiza medições de leitura direta. Mede as concentrações mássicas de aerossóis correspondentes a PM₁₀, PM₄, PM_{2.5}, PM₁, permitindo a programação de intervalos de tempo.</p>		
Partículas (PM ₁₀ , PM ₅ , PM _{2.5} , PM ₁ , PM _{0.5} , PM _{0.3})	<p>Lighthouse Handheld 3016 - Trata-se de um equipamento de leitura direta de partículas de diferentes fracções (PM₁₀, PM₅, PM_{2.5}, PM₁, PM_{0.5}, PM_{0.3}) através de difusão ótica de luz. Além da concentração mássica, tem a particularidade de apresentar resultados em número de partículas.m⁻³, tornando-se especialmente relevante para contagens de PM em locais limpos, por exemplo nos blocos operatórios.</p>		

Continua

Quadro 3.6 - Parâmetros químicos, físicos e microbiológicos monitorizados e correspondentes equipamentos utilizados nas campanhas de amostragem.

continuação

Parâmetros		Equipamentos	
Físicos e Químicos	Formaldeído (CHOH)	Formaldemether- Instrumento de pequena dimensão que permite a medição de leitura direta em de concentrações mássicas de formaldeído para uma vasta escala de temperatura e humidade	
	Microbiológicos	Bactérias e Fungos	MAS[®] - 100 (Merck)- Amostrador de ar que recolhe bactérias e fungos por impacto utilizando meios de cultura sólidos específicos.

Em suma, os parâmetros químicos e físicos da QAI foram avaliados com os quatro primeiros equipamentos de leitura direta identificados no Quadro 3.6. Estes foram colocados com um afastamento de cerca de 1,20 m e 1,50 m do pavimento e da parede, respetivamente. É de salientar que para as medições de PM realizadas no bloco operativo recorreu-se ao equipamento *Lighthouse*, porque este permite avaliar não só a concentração mássica mas também o número de partículas no volume de ar amostrado.

No que respeita aos parâmetros microbiológicos, a metodologia adotada para a quantificação do número de UFC.m⁻³ de bactérias e fungos, baseou-se na recolha de amostras de 0,25 m³ de ar recorrendo ao biocoletor referido. Os meios de cultura sólidos utilizados foram o *Tryptic Soy Agar* (TSA; Merck) para as bactérias e *Malt Extract Agar* (MEA, Merck) para os fungos. Após recolha as placas foram incubadas a 30°C durante 7 dias para as bactérias e 27°C para os fungos por um período de 7 dias. A contagem das unidades formadoras de colónias (UFC) foi efetuada às 24, 48, 72 h, 5º e 7º dia de incubação. A esterilidade dos meios de cultura utilizados foi confirmada, para cada dia de amostragem, sujeitando os meios não inoculados (controlo negativo) às mesmas condições de incubação (temperatura e período de tempo) das amostras. A viabilidade dos meios de cultura foi igualmente confirmada (controlo positivo).

A avaliação da QAI seguiu três metodologias diferentes aplicadas em três campanhas de amostragem: campanhas de curto-período, de longo período e sequenciais. O Quadro 3.7 apresenta os três tipos de campanhas realizadas, bem como as respetivas datas.

Quadro 3.7 - Metodologia das campanhas de amostragem e respectivas datas.

Campanha	Metodologias	Data		
		Verão	Inverno	
Curto Período	<ul style="list-style-type: none"> • Parâmetros químicos, microbiológicos e conforto; • 20 minutos; • Verão e Inverno; • Bloco, Urgência, Enfermaria e Exterior 	Urgência	25/06/13	12/02/13
		Enfermaria	25/06/13	13/02/14
		Bloco Operatório	26/06/13	14/02/14
Longo Período	<ul style="list-style-type: none"> • Parâmetros químicos e conforto; • 24 Horas; • Inverno; • Bloco, Urgência, Enfermaria e Exterior 	Urgência	SO: 27/12/13 SA: 02/01/14 Triagem: 03/01/14 Consulta: 29/01/14 SE: 30/01/14 ST: 14/02/14	
		Enfermaria	Quarto 323:26/11/13	
		Bloco Operatório	Sala de Operações 5: 14/01/14	
Sequenciais	<ul style="list-style-type: none"> • Parâmetros químicos, microbiológicos e conforto; • 10-20 minutos; • Inverno; • Exterior → Sala técnica → Bloco/Urgência/Enfermaria. 	Urgência	12/02/13	
		Enfermaria	13/02/14	
		Bloco Operatório	14/02/14	

3.5.2. Campanhas de Curto Período

O objetivo das campanhas de curto período foi caracterizar um elevado número de espaços e avaliar o efeito da sazonalidade, efetuando-se assim uma comparação entre as concentrações obtidas na campanha de verão e de inverno. As medições realizadas no verão foram efetuadas no âmbito do projecto EFICARE, anterior a esta dissertação. Deste modo, obteve-se uma base de dados mais representativa da QAI nos diferentes espaços do hospital. O ar exterior foi amostrado usando a mesma metodologia e sempre que possível no início e no fim do dia. Procurou-se medir os mesmos espaços na campanha de inverno. Nota para os quartos 317, 319, 320 e 321 que foram alvo de medição no verão.

Os locais de amostragem relativos às campanhas de curto período, nas diferentes áreas piloto, estão assinalados a cor azul nas Figuras 3.4, 3.5 e 3.6.

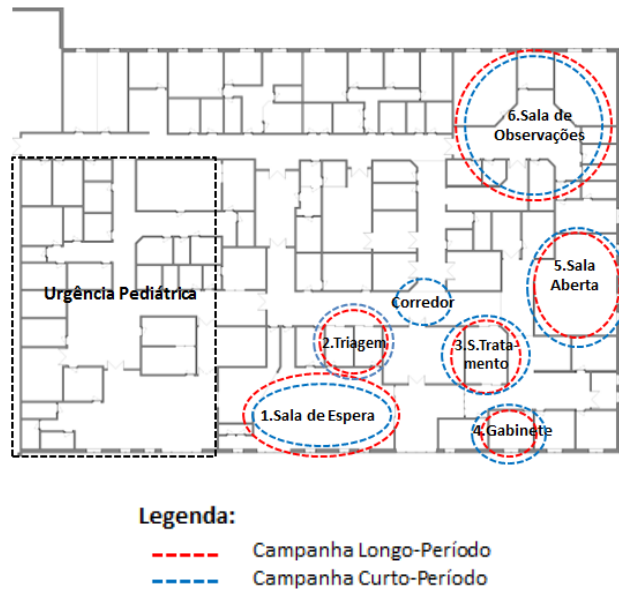


Figura 3.4 - Locais de amostragem nas Urgências.



Figura 3.5 - Locais de amostragem na Enfermaria.

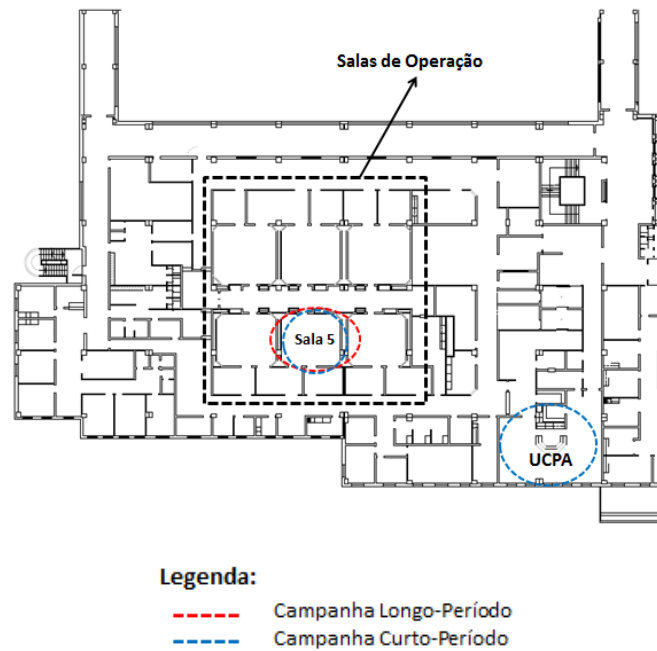


Figura 3.6 - Locais de amostragem no Bloco Operatório.

O processo de amostragem dos parâmetros microbiológicos consistiu na recolha de várias amostras nos locais assinalados (cor azul), assegurando desta forma a representatividade dos parâmetros em análise. A amostragem na sala de operação do bloco operatório incluiu o início do dia (antes de qualquer cirurgia), o início da cirurgia, o final da cirurgia (antes da limpeza) e após limpeza.

3.5.3. Campanhas de Longo Período

As campanhas de longo período tiveram como objetivo avaliar a concentração de poluentes no interior dos serviços durante 24 horas, bem como perceber a sua variação diária e a sua relação com as actividades/rotinas desenvolvidas. Dada a dimensão, dinâmica e as diferentes atividades desenvolvidas no serviço de urgências, achou-se pertinente a análise de 24 horas em diferentes espaços dentro deste serviço. No bloco operatório, por questões logísticas, não se efetuaram análises de 24 horas tendo sido efetuadas as medições durante as cirurgias. Complementarmente, foram realizadas, sempre que possível, medições no exterior, no início e no fim do período de 24 horas por forma a avaliar-se a influência do ambiente exterior.

Nas Figuras 3.4, 3.5 e 3.6 encontram-se assinalados a cor vermelha os diferentes locais de amostragem nos diferentes serviços, bem como as datas de recolha das amostras.

3.5.4. Campanhas Sequenciais

Esta campanha teve como objetivo avaliar a qualidade do ar desde o exterior até ao espaço em avaliação em cada área piloto. Foram assim realizadas medições numa determinada sequência, tendendo a acompanhar movimento do ar desde o exterior, a sua admissão nas Unidades de Tratamento de Ar (UTA) e finalmente no espaço interior. A metodologia adotada neste tipo de campanha permite reconhecer eventuais alterações que ocorrem no ar ao longo deste percurso, concluindo sobre a existência de fontes/factores de poluição. O Quadro 3.8 apresenta os diferentes locais onde foram realizadas as medições:

Quadro 3.8 - Sequência de amostragem relativa á campanha sequencial

Amostragem	Sequência de Amostragem
Urgência	Exterior → Piso Técnico. Zona UTA 6 → Serviço (SO)
Enfermaria	Exterior → Piso Técnico. Zona TV → Serviço (Quarto 323)
Bloco Operatório	Exterior → Piso Técnico. Zona UTA 10 → Serviço (Sala de operações 5)

3.6. Tratamento de Dados

O tratamento dos dados obtidos pelos equipamentos de amostragem foi realizado com o auxílio dos *softwares* OriginPro 8, da OriginLab Corporation, e o Excel 2010, da Microsoft.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentam-se os resultados obtidos e a respetiva discussão. Primeiramente serão analisados os inquéritos aplicados aos trabalhadores, seguindo-se a apresentação e discussão das campanhas realizadas.

4.1. Inquéritos

A aplicação de questionários aos trabalhadores do hospital ofereceu informações importantes para a avaliação da QAI. Para além disso, a realização deste trabalho contribuiu para avaliar a qualidade de vida e qualidade de trabalho nos diferentes locais avaliados.

O Quadro 4.1 revela-nos as principais características dos inquiridos, como a idade, o género e a profissão dos mesmos, bem como a sua distribuição quantitativa.

Quadro 4.1 - Principais características dos inquiridos (idade, género e profissão).

		Urgências	Enfermaria	Bloco Operatório	Total
Nº inquiridos		43	19	8	70
Idade	20-30	10	6	1	17
	30-40	16	7	2	25
	40-50	10	2	2	14
	50-60	5	1	0	6
	60-70	0	1	0	1
	S/resposta	2	2	3	7
Género	Mulher	28	18	7	46
	Homem	14	1	1	15
	S/resposta	1	0	0	1
Profissão	Médico	6	1	0	7
	Enfermeiro	29	12	6	47
	A.O.	6	6	1	13
	A.T.	1	0	0	1
	Administrativo	1	0	0	1
	S/resposta	0	0	1	1

Pela observação do Quadro 4.1 conclui-se que, no total, foram inquiridos 70 profissionais, sendo na sua maioria (61%) profissionais do serviço de urgências. Por outro lado, pode também observar-se a elevada expressão de enfermeiros que responderam ao inquérito (59%), no entanto, todos os profissionais se mostraram disponíveis para colaborar na realização deste inquérito. Este valor elevado de enfermeiros inquiridos pode dever-se à elevada proporção destes profissionais, em termos quantitativos, em relação aos restantes. O mesmo se deve justificar no que diz respeito ao elevado peso de inquiridos do género feminino, comparativamente com o masculino.

Em questões mais técnicas, relacionadas com as condições ambientais de cada serviço e com todos os sintomas a elas alicerçados, destacam-se os resultados apresentados de seguida.

A Figura 4.1 apresenta as respostas dadas relativamente a problemas de saúde e doenças que os trabalhadores possam ter.

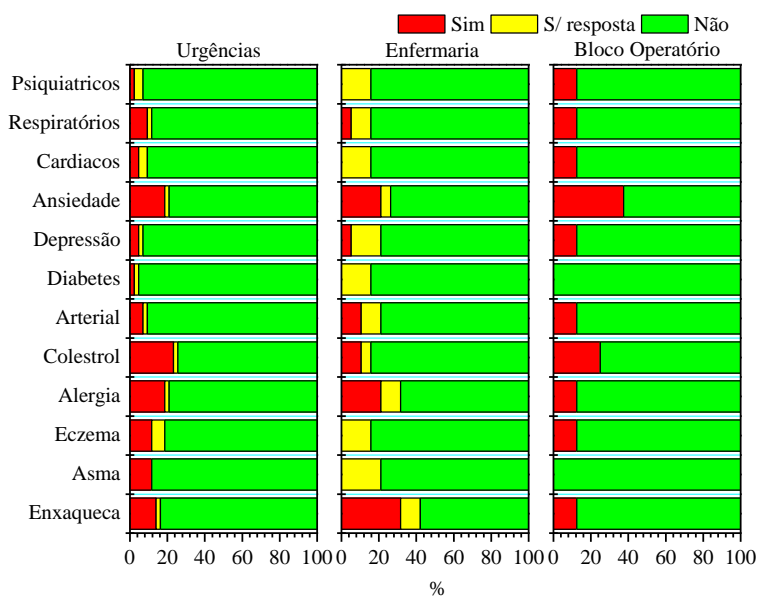


Figura 4.1 - Resultados da questão 23.1 do inquérito – “Atualmente sofre de algum dos seguintes problemas de saúde/doença?”

Da observação à Figura 4.1, destaca-se a cor verde, que indicia a fraca incidência de doenças a afetarem os profissionais de cada serviço analisado. No entanto, no serviço de urgências podem referir-se a alergia, o colesterol e a ansiedade como as principais doenças que se manifestam nos trabalhadores desse serviço, apresentando percentagens de 19%, 23% e 19%, respectivamente. A sensação de ansiedade, trata-se de um estado emocional que se adquire como consequência de algum ato ou de alguma condição. Neste sentido, pode sugerir-se que esta possa ter origem nas condições ambientais do serviço de urgências. Já na enfermagem, a par da ansiedade, destacam-se também a alergia e a enxaqueca, sendo esta última a que mais se faz sentir. Neste serviço é de salientar também o facto de muitos dos inquiridos não terem dado resposta a esta questão. Este aspeto pode dever-se ao facto da manifestação destas doenças não serem constantes ou de apenas existirem sintomas sem confirmação médica. No bloco operatório há um grande incidência de problemas relacionados com a ansiedade que afetam 38% dos profissionais deste serviço. De acordo com Tennant (2001), a tipologia de trabalho realizado está relacionada com este tipo de doença, podendo dar origem também a problemas psicológicos e sintomas, tais como depressões, absentismo e sintomas derivados do SED.

A Figura 4.2 apresenta os resultados obtidos relativamente à perceção de conforto e bem-estar dos profissionais inquiridos.

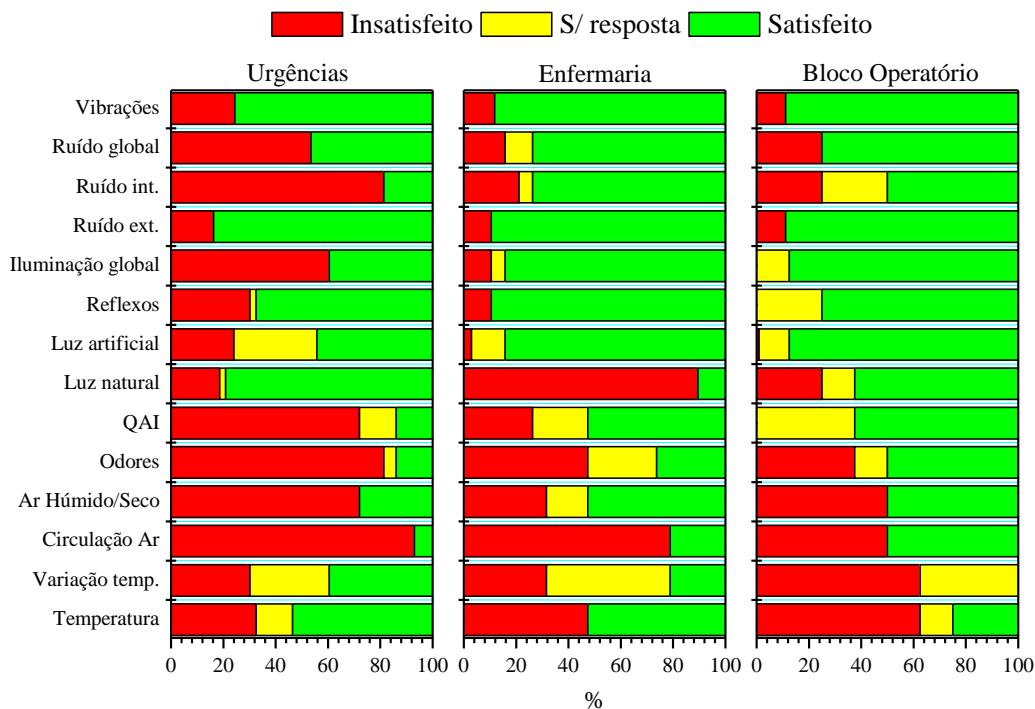


Figura 4.2 – Resultados da questão 34 do inquérito – “Preencha a seguinte tabela referente aos parâmetros de conforto e bem-estar.”

Pela observação da Figura 4.2, conclui-se que, no serviço de urgências, os principais fatores de insatisfação, por parte dos inquiridos, são o ruído interior, os odores, a QAI e principalmente, a circulação do ar. Na enfermária, os motivos de insatisfação devem-se principalmente à falta de circulação do ar e à falta de luz natural. Ainda neste serviço, é importante referir que a variação da temperatura deixou algumas dúvidas nos inquiridos, que, assim, optaram por não dar resposta. Este aspeto pode dever-se ao facto dos inquiridos não terem perceção de qualquer variação de temperatura, o que faz com este seja um elemento nulo na balança da sensação de conforto. Já relativamente ao bloco operatório, os resultados indicam-nos níveis de satisfação mais aceitáveis. No entanto, neste serviço, podem destacar-se como fatores de insatisfação a temperatura verificada, a humidade, a circulação do ar e a variação da temperatura, que também, e mais uma vez, foram fatores deixados “em branco” (sem resposta) pelos inquiridos. Os resultados obtidos vão de encontro ao verificado noutros estudos em hospitais (Hellgren e Reijula, (2006) e Hellgren *et al.*, (2008)), onde os resultados de um questionário reportaram a incidência dos mesmos fatores de insatisfação.

Ainda dentro da questão 34, foi pedido aos inquiridos que, dadas as respostas anteriores, indicassem a sua perceção em relação ao conforto global, nos seus serviços. Nesta questão, os inquiridos poderiam optar por valores de uma escala de 1 a 4 (sendo 1 insatisfatório e 4 satisfatório). Os resultados obtidos nesta subquestão são apresentados na Figura 4.3.

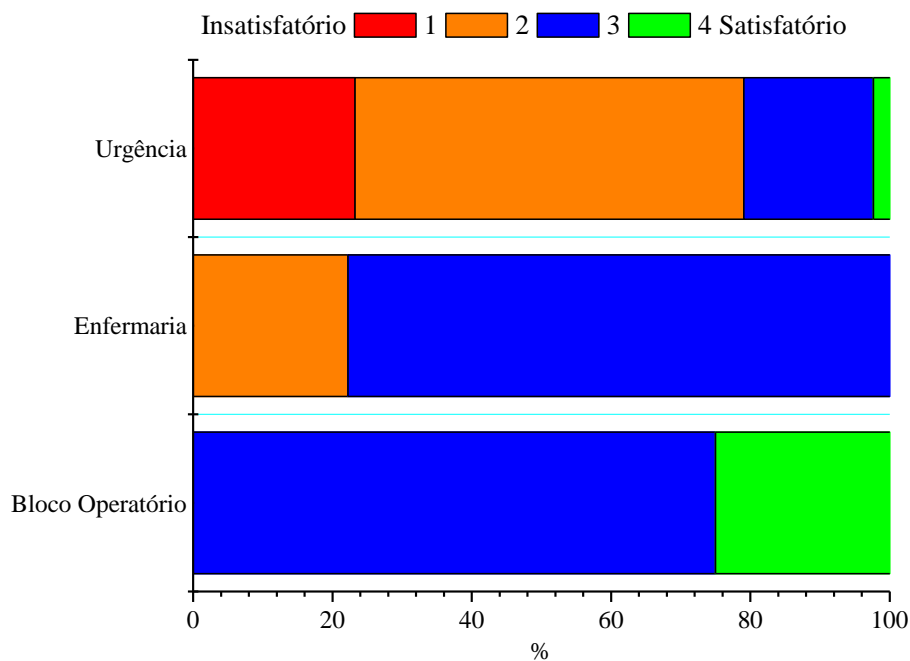


Figura 4.3 - Resultados da sub-questão 34 do inquérito que avalia o conforto global sentido pelos inquiridos.

O serviço de urgências é, dos três espaços estudados, aquele que apresenta uma maior heterogeneidade de resultados, ou seja, foram-lhe atribuídos valores correspondentes aos 4 níveis da escala. É de realçar que a grande maioria (81%) atribuiu a este serviço um nível de conforto global insatisfatório (1 e 2). Relativamente à enfermaria, pode afirmar-se que o conforto global aí sentido é médio, apresentando apenas valores 2 e 3 na escala indicada. No entanto, há uma clara expressão (74%) dos inquiridos que atribuem o valor 3 a este serviço, pelo que se pode considerar perto do satisfatório. Já no bloco operatório, podem verificar-se os valores mais satisfatórios relativos à sensação de conforto por parte dos seus utilizadores. A este serviço apenas foram atribuídos valores de 3 e 4, na escala referida, pelo que se pode afirmar que este serviço apresenta um nível de conforto global positivo.

Quanto à relação entre os profissionais e as condições ambientais dos seus locais de serviço, foi-lhes colocada uma questão sobre a perceção que têm sobre a influência destas condições na sua produtividade. Os resultados obtidos estão representados na Figura 4.4.

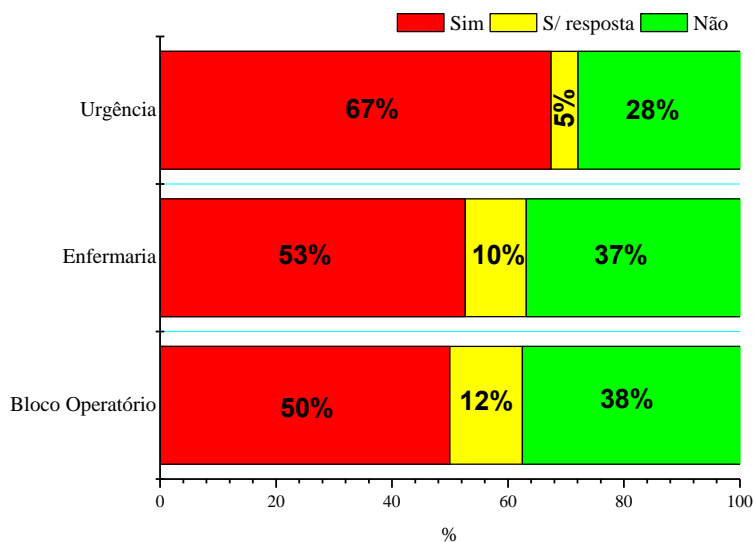


Figura 4.4 - Resultados da questão 36 do inquérito – “Pensa que a sua produtividade pode ser influenciada pelas condições ambientais verificadas no seu local serviço?”

A Figura 4.4 revela-nos que o serviço de urgências é aquele onde os trabalhadores afirmam que as condições ambientais mais influenciam o exercício das suas funções. Este é um resultado esperado uma vez que é sabido que a produtividade de um profissional pode ser influenciada por uma enorme variedade de condições, nomeadamente das condições do ambiente onde está inserido.

Relativamente à questão 43, que diz respeito à manifestação de alguns sintomas em cada serviço, obtiveram-se os resultados presentes na Figura 4.5.

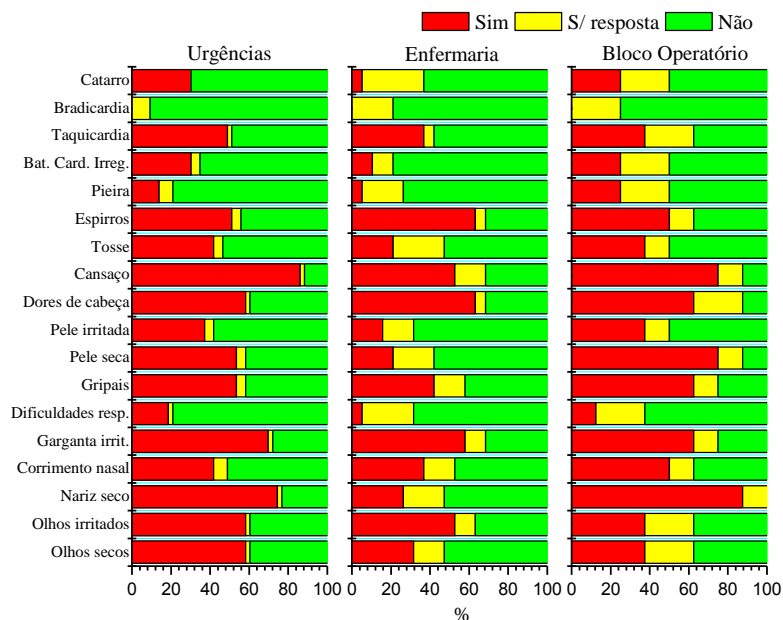


Figura 4.5 – Resultados da questão 43 do inquérito - “Para cada uma das seguintes questões e sintomas, preencha o Quadro.”

Da observação da Figura 4.5, retira-se a imediata conclusão de que os sintomas de nariz seco, cansaço e garganta irritada são os três aspetos mais preocupantes nos três serviços, havendo uma menor incidência na enfermaria. O questionário aplicado por Hellgren *et al.*, (2008) em dez hospitais aponta que os referidos sintomas tiveram as maiores percentagens de incidência. Mais se conclui que, de uma forma geral, os profissionais do bloco operatório e da urgência apresentam uma maior incidência de sintomas, para além dos referidos, que o pessoal da enfermaria. Estes valores remetem para conclusões ligadas à humidade relativa verificada no bloco operatório e no serviço de urgência. Apenas os espirros e as dores de cabeça, embora com menos expressão que o primeiro, são os sintomas cujas manifestações se verificam em mais inquiridos da enfermaria do que dos restantes serviços. Estes resultados levam-nos a concluir que é possível haver uma ligação entre os sintomas dos trabalhadores e os poluentes presentes no ar dos serviços.

O facto de o bloco operatório e das urgências serem os locais nos quais se manifestam mais sintomas no pessoal pode dever-se a variadíssimos fatores, nomeadamente às especificidades de cada local. As urgências são um local onde ocorrem muitas variações da concentração de poluentes, pois além deste local estar constantemente sujeito a influências do exterior, é um espaço bastante dinâmico e onde se praticam diferentes actividades médicas. O bloco operatório é um local de bastante criticidade onde são utilizados muitos procedimentos médicos específicos e gases anestésicos que influenciam o ambiente e a qualidade do ar. Também as condições de temperatura verificadas no bloco operatório são excepcionais, criando um ambiente ajustado à prática de cirurgias. O facto de a enfermaria apresentar um ambiente menos afetado pelas práticas médicas emissoras de poluentes faz com que seja neste serviço que se verifica a menor manifestação de sintomas nos profissionais.

No que respeita à perceção que os inquiridos têm sobre a relação que a manifestação destes sintomas tem com o próprio ambiente de trabalho (questão 45), obtiveram-se os resultados que poderão ser observados na Figura 4.6.

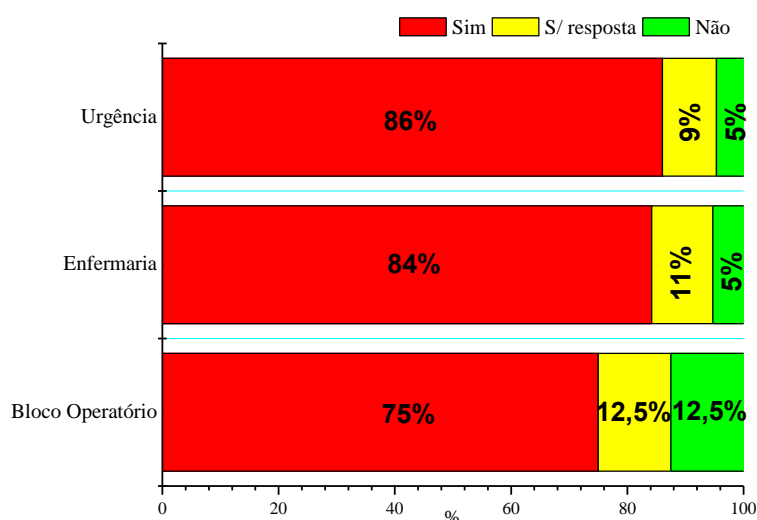


Figura 4.6 - Resultados da questão 45 do inquérito – “Acredita que algum dos sintomas apresentados possa estar ligado com o seu ambiente de trabalho?”

Destes resultados conclui-se, inequivocamente, que, para a generalidade dos trabalhadores, os sintomas que apresentam devem-se à qualidade do ambiente onde trabalham. Este aspeto é muito preocupante no sentido em que é claro, para a grande maioria dos inquiridos, que a sua saúde está posta em causa.

4.2. Campanhas de Curto Período

As campanhas de curto período destinaram-se a obter uma perspetiva geral da QAI num elevado número de espaços e para as duas estações do ano com as condições meteorológicas mais extremas: verão e inverno. De seguida, são apresentados os resultados relativos a esta campanha.

4.3.1 Parâmetros Químicos

CO

A Figura 4.7 apresenta as concentrações médias de CO registadas nas urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno. Como já foi mencionado, este poluente está associado à queima de combustíveis fósseis e como no interior dos espaços estudados não existe nenhuma fonte de combustão, assume-se que o CO presente no interior tenha origem no ar ambiente exterior (Ramos, 2013).

Os resultados mostram que as concentrações médias deste poluente foram, em todos os locais, inferiores ao valor limite de 10 mg.m^{-3} definido pela legislação nacional e pela OMS para a QAI. As concentrações mais elevadas de CO foram registadas nas urgências, muito provavelmente devido à contaminação do tráfego automóvel exterior. É também possível observar que as maiores concentrações interiores foram registadas no verão, quando o nível de CO no exterior foi mais elevado, podendo concluir-se que existe uma forte infiltração deste poluente para as urgências. O bloco operatório foi o serviço que apresentou resultados mais baixos.

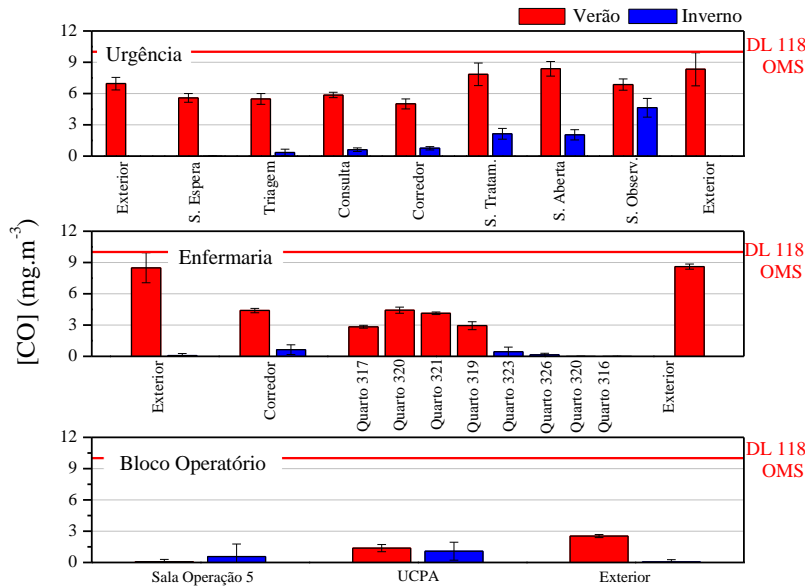


Figura 4.7 - Concentrações de CO medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m⁻³). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CO indicado pela legislação portuguesa e pela OMS de 10 mg.m⁻³.

CO₂

A Figura 4.8 apresenta as concentrações de CO₂ registadas nos espaços em estudo. Como referenciado, o CO₂ é um subproduto da respiração humana, sendo esta a principal fonte de poluição em ambientes interiores (Quadros *et al.*, 2009). Para além disso, as elevadas concentrações de CO₂ podem ser um bom indicador de uma insuficiente taxa de ventilação (Sterling, 1993). As concentrações médias deste poluente, tanto no verão como no inverno, não excederam o limiar de protecção definido pela legislação portuguesa de 2250 mg.m⁻³ em qualquer espaço analisado. Tanto no inverno como no verão, nos três serviços em causa, as concentrações no exterior mostraram-se inferiores às do interior, podendo concluir-se que a fonte deste poluente é essencialmente interior (a taxa de ocupação está diretamente ligada com as concentrações deste poluente).

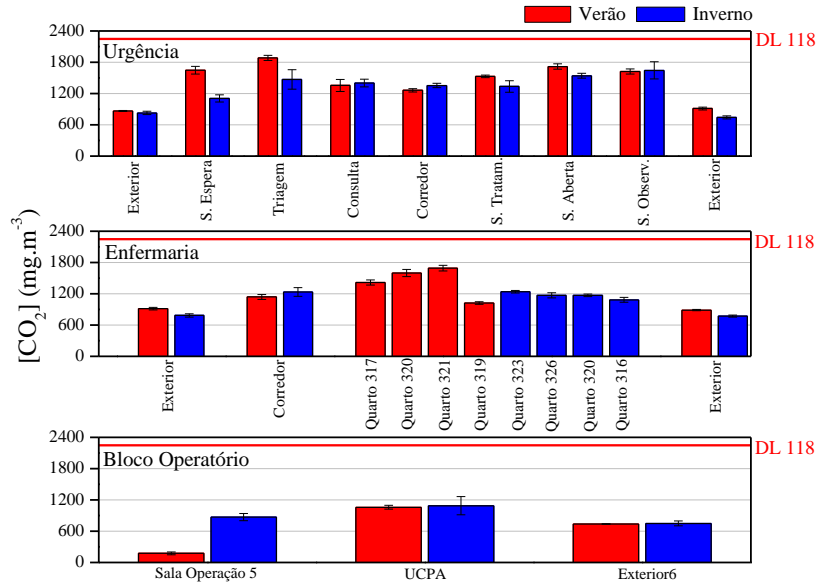


Figura 4.8 - Concentrações de CO₂ medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m⁻³). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CO₂ indicado pela legislação portuguesa de 2250 mg.m⁻³.

O₃

A Figura 4.9 apresenta as concentrações de O₃ medidas nos três serviços, podendo facilmente observar-se que as concentrações médias deste poluente no exterior, no inverno, foram inferiores às medidas no verão, algo que se reflete nas concentrações registadas no interior. Como referido anteriormente, o O₃ é um poluente secundário que se forma através de reações fotoquímicas, registando maiores concentrações em meses mais quentes. Além disso, as concentrações deste poluente têm maior incidência em ambientes exteriores, sendo as concentrações verificadas no interior geralmente provocadas pela entrada de ar exterior. Estes pressupostos vão de encontro com os resultados obtidos, onde se vê claramente as maiores concentrações na campanha de verão e a influência que as concentrações do exterior têm no interior.

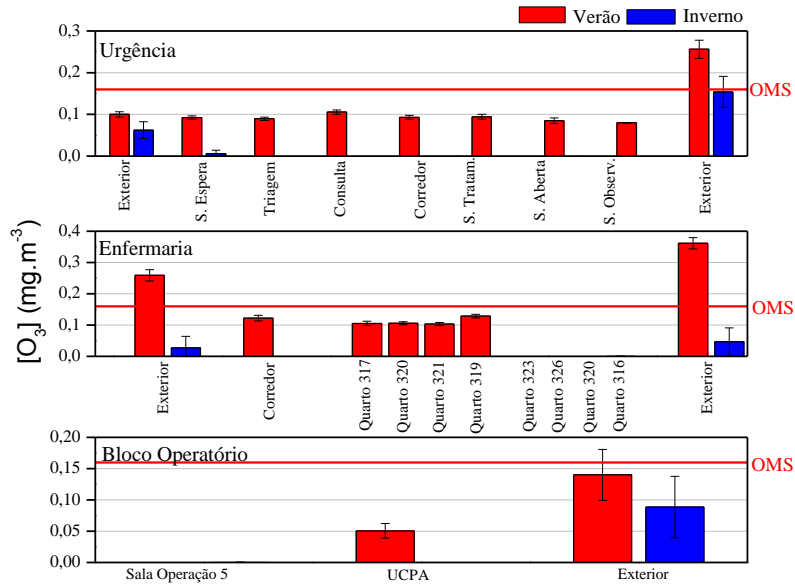


Figura 4.9 - Concentrações de O_3 medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m^{-3}). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o O_3 indicado pela OMS de $0,16 \text{ mg.m}^{-3}$.

Em todos os serviços avaliados os valores encontram-se abaixo do valor estabelecido pela OMS ($0,16 \text{ mg.m}^{-3}$). Este facto vai ao encontro das alterações previstas no Decreto-Lei 118/13, onde deixaram de ser contemplados valores limite para este poluente, não sendo assim considerado uma preocupação para a QAI. As concentrações medidas no exterior são mais elevadas no dia de medições da enfermaria, o que pode estar a ser influenciado pelas temperaturas verificadas no exterior, que foram mais elevadas nesse dia, pois a intensidade solar e temperaturas elevadas estão associadas à formação de O_3 . É de salientar as concentrações obtidas na sala de operação, onde em ambas as campanhas se verificaram valores nulos.

COV

Na Figura 4.10 são apresentados os valores de concentração média de COV medida no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório. Os COV estão associados a produtos de limpeza, desinfetantes, gases anestésicos, entre outros, sendo bastante abundante num ambiente hospitalar. Os resultados mostram que as concentrações deste poluente no verão foram em todos os locais superiores ao valor limite de $0,6 \text{ mg.m}^{-3}$ definido pela legislação nacional para a QAI e que provavelmente estas concentrações excessivas tiveram uma contribuição importante do exterior uma vez que nesta estação do ano as concentrações deste poluente apresentam valores mais elevados. Pelo contrário, no inverno, verifica-se que as concentrações no exterior são mais reduzidas e que consequentemente as concentrações interiores também apresentam valores menores. Como já mencionado, os COV podem ter origem no exterior do edifício, contribuindo para as concentrações no interior, o que reforça os resultados obtidos.

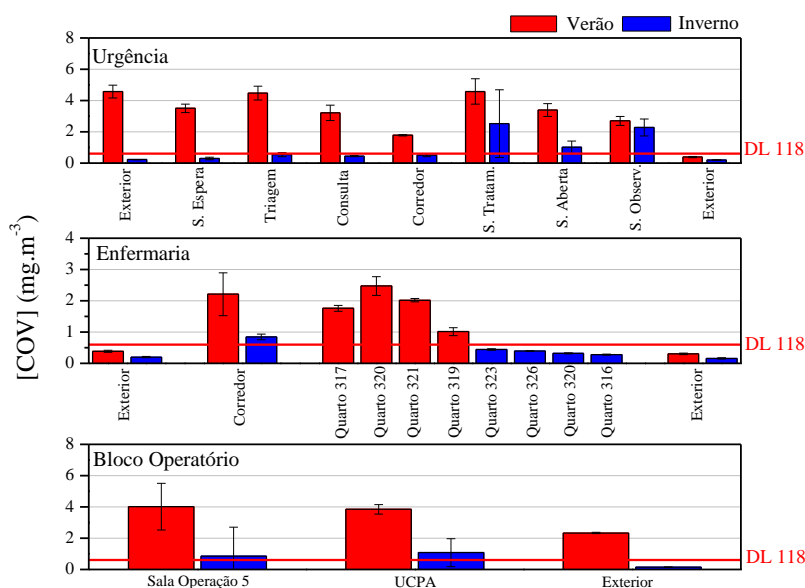


Figura 4.10 - Concentrações de COV medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em mg.m⁻³). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para os COV indicado pela legislação portuguesa de 0,6 mg.m⁻³.

Apesar das concentrações no verão serem mais elevadas no inverno, existem espaços onde a concentração de COV continua a exceder o valor limite, como a sala de tratamentos (2,5 mg.m⁻³), sala aberta (1,0 mg.m⁻³), sala de observações (2,2 mg.m⁻³), sala de operação 5 (0,8 mg.m⁻³) e UCPA (1,0 mg.m⁻³), por se tratar de locais onde há uma vasta incidência de práticas médicas e utilização de desinfetantes, que contribuem para um aumento da concentração deste poluente. Nestes locais será necessário um incremento da ventilação com o intuito de diluir estes contaminantes.

CH₂O

Na Figura 4.11 são apresentadas as concentrações de CH₂O, medidas nos três serviços. Como já foi mencionado anteriormente, este poluente é um COV, sendo muito mais específico de ambientes interiores. A Figura 4.11 mostra que a concentração de CH₂O não sofre a influência do exterior, concluindo-se que a sua presença se deve essencialmente a fontes de poluentes interiores. Nos hospitais, o CH₂O está muito associado a desinfetantes e aos produtos médicos utilizados, e como tal, observam-se concentrações que excedem o limiar de protecção de 0,1 mg.m⁻³ definido pela legislação portuguesa e pela OMS, especialmente no serviço de urgência. À semelhança do que já foi referido para os COV os locais onde se verificaram concentrações médias mais elevadas de CH₂O foram a sala de tratamentos, a sala aberta e a sala de observações. Tendo em consideração os efeitos que este poluente tem na saúde humana recomenda-se um aumento das taxas de ventilação nestes espaços. Na enfermaria, os valores registados comportaram-se de forma semelhante tanto no inverno como no verão, com exceção dos valores do corredor no inverno e no quarto 320 no verão, onde o valor limite foi ultrapassado. Tal acontecimento pode ser explicado pelas limpezas ocorridas nesses locais o que influencia a concentração deste poluente.

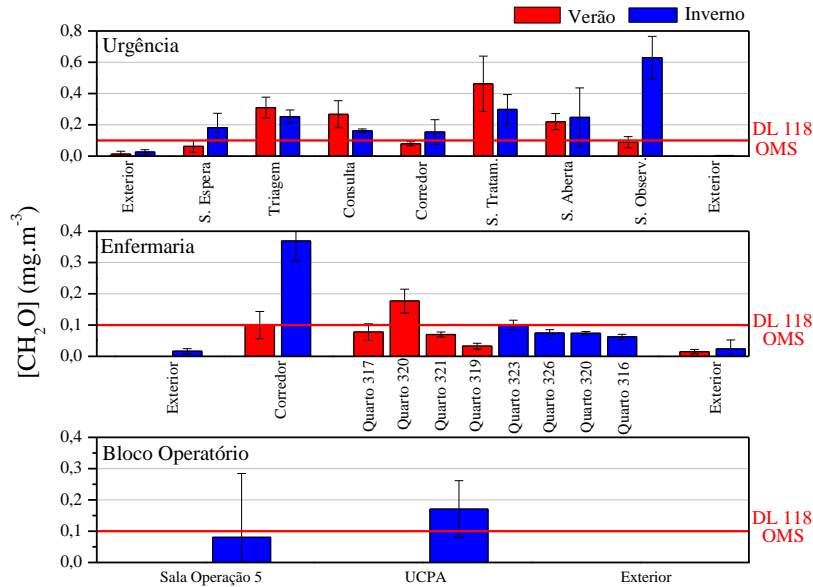


Figura 4.11 - Concentrações de CH_2O medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CH_2O indicado pela legislação portuguesa e pela OMS de $0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

PM

As Figuras 4.12 e 4.13 apresentam as concentrações de PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$, respetivamente. A matéria particulada pode infiltrar-se no interior do edifício pelos sistemas de ventilação mecânica ou através de ventilação natural. Também os ocupantes e as actividades por eles desenvolvidas no interior são possíveis fontes de poluição deste poluente.

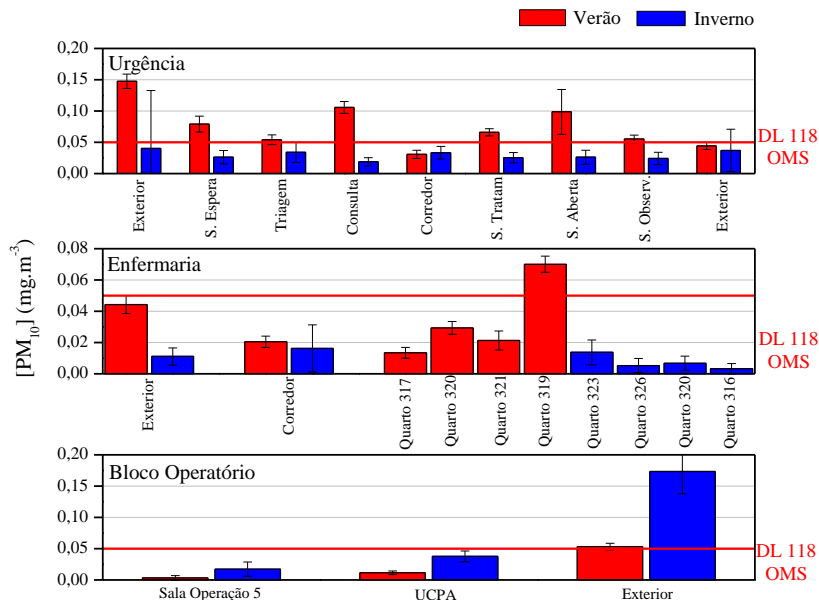


Figura 4.12 - Concentrações de PM_{10} medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para as PM_{10} indicado pela legislação portuguesa e pela OMS de $0,05 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Verificou-se que no verão, as concentrações de PM_{10} nas urgências atingiram valores médios mais elevados, ultrapassando em todos os locais o valor limite de $0,05 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ definido pela

legislação portuguesa e pela OMS, com exceção do corredor. As medições de PM_{10} no exterior indicaram a existência de uma forte influência do ar exterior. Esta situação é verificada especialmente nos locais que têm maior contacto com o exterior, como é o caso da sala de espera e da consulta, onde é evidente essa influência, mais concretamente no verão. No que respeita aos valores encontrados na enfermaria foram registados valores mais uniformes em ambas as estações do ano. No entanto, regista-se uma excedência do valor limite no quarto 319. No bloco operatório verifica-se que as concentrações foram maiores no inverno, tanto no exterior como no interior, verificando-se mais uma vez a influência do ar exterior.

No que respeita às concentrações de $PM_{2,5}$, verificou-se que estas também apresentam valores mais elevados nas urgências, tendo ultrapassado o valor limite de $0,025\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ estabelecido pela legislação portuguesa e pela OMS nomeadamente no corredor, na sala aberta e na sala de observações.

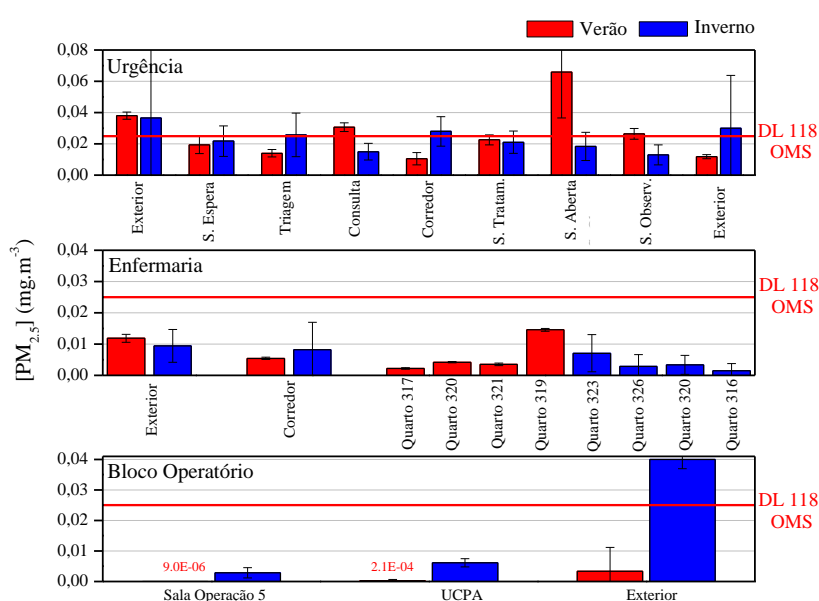


Figura 4.13 – Concentrações de $PM_{2,5}$ medidas no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$). A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para as $PM_{2,5}$ indicado pela legislação portuguesa e pela OMS de $0,025\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

De uma forma geral as concentrações de partículas são maiores nas urgências, onde o maior número de ocupantes promove não só o transporte de partículas para o interior como também a ressuspensão de partículas depositadas. Além disso, neste serviço, existe um maior contacto com o exterior que promove uma infiltração de partículas por portas e janelas abertas. Visto haver uma clara influência do exterior neste serviço, deve limitar-se a infiltração de poluentes reduzindo-se o número de janelas e portas abertas. Em espaços mais interiores deste serviço, também se verificam concentrações que excedem os valores limites estabelecidos, podendo este facto estar associado à transferência de poluentes entre espaços adjacentes ou a um insuficiente tratamento do ar que é insuflado nas urgências, ou ainda a uma deficiente limpeza do sistema AVAC nomeadamente das condutas (note-se que estas não têm portas de visita que permitam a sua inspeção e limpeza).

Todos os espaços da enfermaria (exceto o quarto 319) apresentam concentrações de PM_{10} e $PM_{2,5}$ inferiores aos valores legais, indicando um adequado processo de filtragem, limpeza do sistema AVAC e dos próprios espaços.

No bloco operatório as concentrações foram de forma geral mais reduzidas nas duas granulometrias, especialmente na sala de operações onde é crucial manter a sala limpa de poluentes para não comprometer o ato cirúrgico.

No âmbito da aplicação da norma ISO 14644 e do estabelecido no documento “*Good Manufacturing Practice*”, procedeu-se á contagem de partículas.m⁻³ no bloco operatório (sala 5 limpa), com o objetivo de averiguar o nível de pureza do ar desta sala. Os resultados obtidos para a contagem de partículas.m⁻³ em ambas as estações do ano e respectivas classificações são apresentados no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Classificação do número de partículas.m⁻³ no bloco operatório no verão e no inverno de acordo com a ISO 14644 e *Guidelines to Good Manufacturing Practice*

Tamanhos de partículas considerados	Nº de partículas.m ⁻³ - verão	Classificação ISO	Classificação GMP	Nº de partículas.m ⁻³ - inverno	Classificação ISO	Classificação GMP
>0.5 µm	70.909	ISO 7	Grau D	759.958	ISO 8	Grau D
>1 µm	23.852	ISO 7	Não definido	395.430	ISO 8	Não definido
>5 µm	3.164	ISO 8	Grau D	15.917	ISO 8	Grau D

Pelos resultados obtidos, verificamos que apenas os critérios de conformidade para a classificação ISO 8 foram cumpridos para todos os tamanhos de partículas considerados. Tal como os resultados sazonais de concentração mássica de partículas, os resultados de concentração numérica indicam uma maior incidência deste contaminante no inverno.

4.3.2 Parâmetros Físicos

Apesar de os valores de humidade e temperatura não apresentarem valor definido na legislação sobre a QAI, estes têm um papel importante no que respeita aos parâmetros de conforto e microbiológicos, uma vez que ambos influenciam o crescimento microbiano (Lignell, 2008).

Nas Figuras 4.14 e 4.15 são apresentados os resultados respeitantes aos parâmetros de conforto temperatura e humidade relativa, respetivamente.

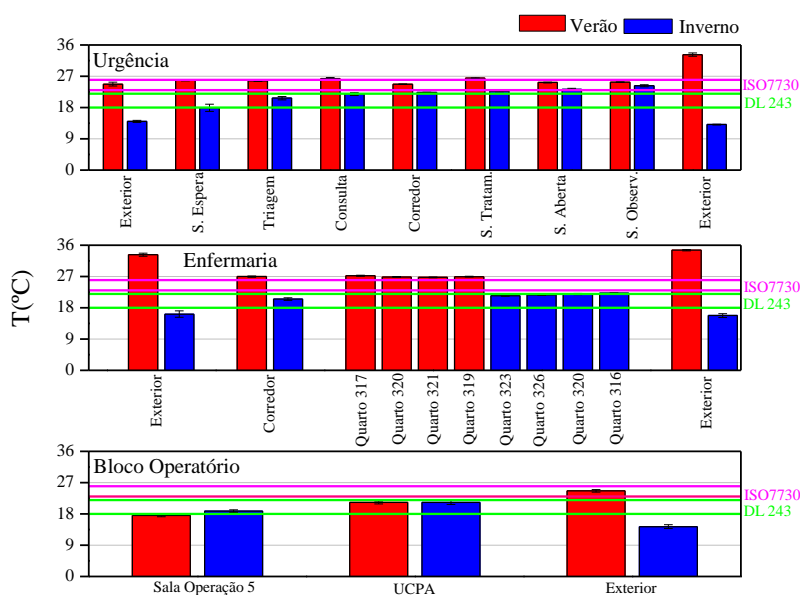


Figura 4.14 - Valores de temperatura medidos no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em °C). A área a azul corresponde ao intervalo definido pela ISO 7730 (23-26 °C) e a área a vermelho corresponde ao intervalo definido pelo Decreto-Lei n° 243/86 (18-22 °C).

Verificou-se que no verão houve uma excedência dos valores de temperatura definidos pelo Decreto-Lei 243/86 (18°C-22°C) em todos os locais da enfermaria e da urgência, encontrando-se, estes últimos, no intervalo definido pela ISO 7730 (23°C-26°C). No verão, a enfermaria registou valores em todos os espaços que excedem ligeiramente os dois intervalos, mostrando uma incapacidade do sistema AVAC para o arrefecimento do ar. Os valores de temperatura mais baixos foram registados no bloco operatório, sendo que estes são exigidos pela atividade em causa.

A ACSS (2008) define valores de temperatura para a urgência geral de 25°C no verão e de 20°C no inverno, o que nos leva a concluir que os valores registados, principalmente no inverno, se encontram acima do definido por este documento. Na enfermaria, os valores definidos pelo documento referido são os mesmo que os da urgência, havendo também neste caso uma excedência nos resultados obtidos. Quanto ao bloco operatório, o citado documento define como intervalo de temperatura para salas de operação de 20°C-24°C independente da estação do ano, o que não se mostra conforme com os resultados obtidos.

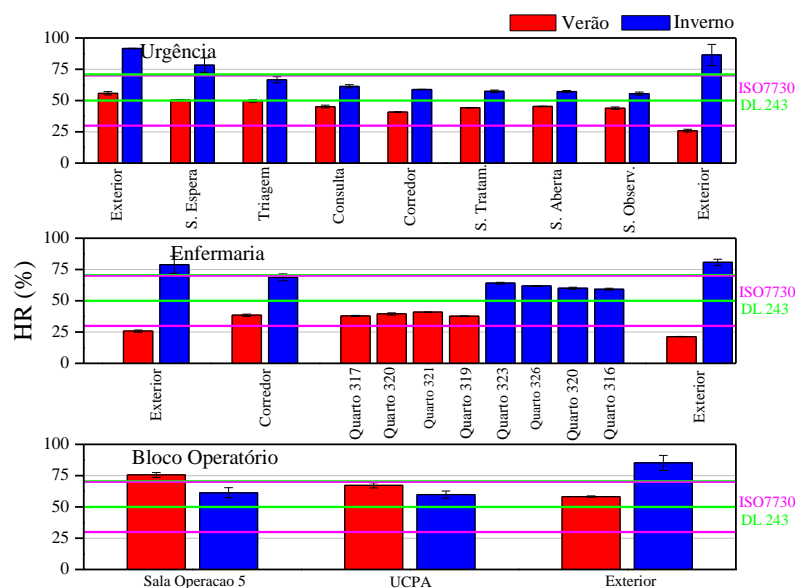


Figura 4.15 - Valores de humidade relativa medidos no serviço de urgências, enfermaria e bloco operatório no verão e no inverno (valores em %). A área a azul corresponde ao intervalo definido pela ISO 7730 (30-70 %) e a área a vermelho corresponde ao intervalo definido pelo Decreto-Lei nº 243/86 (50-70 %).

Em relação à humidade relativa, no verão e no inverno, verificou-se que nos três serviços este parâmetro se encontra de uma forma geral dentro do intervalo referido pela ISO 7730 (30-70%) e pelo Decreto-Lei 243/86, com exceção da sala de espera no inverno e da sala de operações no verão que excedem ambos os intervalos. Esta situação pode ser justificada pelo facto de a sala de espera ser um local de proximidade e contacto com o exterior e como tal influenciada pelos valores de HR registados no exterior. Os valores registados na sala de operação no verão, não estão conforme o exigido pela ACSS (60%), registando-se um valor médio de 75%. Como seria de esperar os valores médios de HR em todos os espaços interiores no inverno foram superiores aos valores de verão seguindo a mesma tendência do exterior. Note-se que esta situação não se verifica nos dois espaços analisados no bloco operatório, tratando-se de um local de condições de conforto específicas e que tendem a ser menos influenciadas pelo exterior.

4.3.3 Parâmetros Microbiológicos

Os resultados obtidos na quantificação da biocontaminação do ar por bactérias mesófilas em ambas as estações do ano, encontram-se apresentados na Figura 4.16. No que se refere às amostragens realizadas no bloco operatório (sala 5), apenas foi considerada a primeira intervenção cirúrgica, tanto no inverno como no verão. O Decreto-Lei 118/2013 estabelece que a concentração de bactérias totais no interior do edifício deve ser inferior à concentração no exterior, acrescida de 350 UFC.m^{-3} , o que não se verifica em determinados espaços amostrados, especialmente no serviço de urgências.

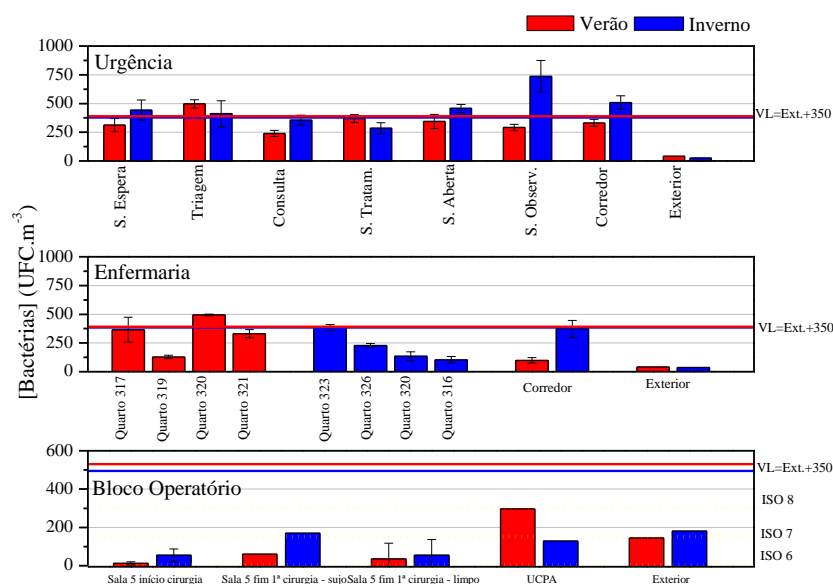


Figura 4.16 - Valores médios de UFC.m⁻³ de bactérias obtidos para os diferentes locais de amostragem no verão e no inverno, e respectiva amostragem exterior. As retas a vermelho e azul correspondem às condições de referência exigidas pelo DL 118 no verão e no inverno, respectivamente. As retas a amarelo correspondem ao valor limite de UFC.m⁻³ e respectiva classificação ISO 14644 para a qualidade do ar de salas limpas.

Segundo os resultados obtidos para as urgências, o número de bactérias em suspensão variou entre 240 e 496 UFC.m⁻³ no verão e entre 284 e 736 UFC.m⁻³ no inverno.

Como se pode observar pela Figura 4.16, no verão, nas urgências, apenas a triagem ultrapassa o valor limite de 374 UFC.m⁻³. Contudo, para o inverno as excedências da condição de referência verificam-se em todos os espaços analisados das urgências, com exceção da sala de tratamentos. Estes resultados vão ao encontro do verificado em outros estudos (Frankel *et al* 2012), que indicam uma maior concentração de bactérias no inverno. Como referido anteriormente, as bactérias têm origem maioritariamente no interior, podendo estar associadas a material particulado. Nas urgências estes resultados podem dever-se a uma maior densidade de ocupação que se verificaram em alguns espaços (sala de observações), que está relacionada com o aumento do número de bactérias, visto a presença humana ser uma fonte de biocontaminação.

Para a enfermaria, o número de bactérias em suspensão no verão variou entre 99 e 495 UFC.m⁻³, sendo o valor máximo verificado no quarto 320 (quarto individual com 2 camas). No inverno, neste serviço, verificou-se que o número de bactérias em suspensão variou entre os 103 e 384 UFC.m⁻³, sendo inferior aos resultados de verão. Estes resultados poderão estar relacionados com a densidade de ocupação registada nesses locais e com o facto da alimentação dos doentes se realizar nos quartos, onde há uma maior quantidade de nutrientes disponíveis, potenciando o desenvolvimento microbiológico. Verificaram-se ainda, para o inverno, excedências no quarto 323 (quarto com 4 camas ocupadas) e no corredor, ultrapassando o valor limite de 386 UFC.m⁻³, que são explicados também pelas razões anteriores (densidade de ocupação e alimentação).

No bloco operatório, mais concretamente nas amostragens realizadas na sala de operação os resultados obtidos indicaram um valor de bactérias em suspensão que variou entre os 12 e 60 UFC.m⁻³ no verão e entre os 54 e 170 UFC.m⁻³ no inverno. No entanto, os valores mais altos em

ambas as épocas sazonais foram verificados na UCPA, local onde se encontram pacientes em fase de recobro e que verifica a maior densidade de ocupação do serviço.

Com base na informação apresentada, verifica-se um aumento do número de bactérias mesófilas em suspensão no fim das cirurgias, o que se deve à ocupação e movimento durante as intervenções. Nas amostragens realizadas depois das operações de limpeza (início da cirurgia e final da cirurgia-limpo), foi constatada uma diminuição do número de microrganismos, o que indica uma adequada limpeza e desinfecção da sala. No inverno as concentrações de bactérias foram superiores em todos os espaços analisados, o que pode ser explicado pela tipologia de operação, densidade de ocupação e maiores índices de humidade. No gráfico relativo ao bloco operatório é ainda apresentada a classificação das salas de acordo com a norma ISO 14644, que classifica as salas de acordo com a concentração de partículas viáveis (fungos + bactérias) em repouso, estando a sala 5 classificada como ISO 7.

Relativamente aos fungos, o Decreto-Lei 118/2013 exige que as concentrações no interior sejam inferiores às registadas no exterior. Os resultados relativos a este tipo de microrganismos são apresentados na Figura 4.17. Não são apresentados os resultados relativos aos fungos filamentosos para o bloco operatório, visto que em ambas as estações do ano os valores se mantiveram abaixo do limite de detecção do método ($< 1 \text{ UFC.m}^{-3}$).

A Figura 4.17 apresenta a concentração de fungos nas urgências e enfermaria. Segundo Linglle, (2008) e Frankel *et al.*, (2012), as concentrações de fungos dependem da estação do ano, registando-se os maiores picos de concentrações fúngicas no verão, oriundas do ar exterior. Pela observação da Figura 4.17, o gráfico das urgências é exemplo do referido onde se verificam maiores concentrações de fungos no verão. No caso da enfermaria, tal situação não é verificada.

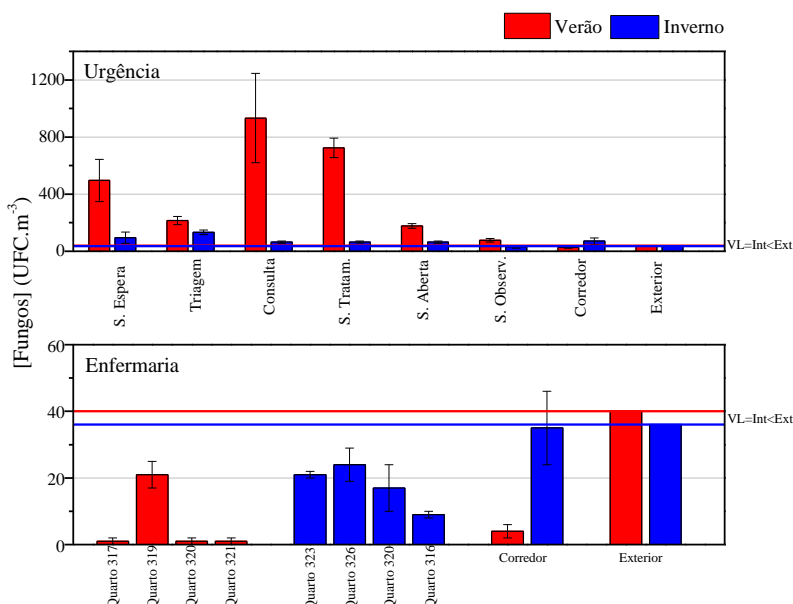


Figura 4.17 - Valores médios de UFC.m^{-3} de fungos obtidos para os diferentes locais de amostragem no verão e no inverno, e respectiva amostragem exterior. As retas a vermelho e azul correspondem às condições de referência exigidas pelo DL 118 no verão e no inverno, respectivamente.

Nas urgências os valores de carga fúngica variaram entre os 27 e 933 UFC.m^{-3} no verão e entre os 31 e 132 UFC.m^{-3} no inverno. Como referido a sazonalidade e a proximidade/contacto com o

exterior podem ser as causas das maiores concentrações registadas no verão. Além disso, a influência de parâmetros como a temperatura, humidade e taxas de ventilação, que variam significativamente entre os serviços analisados, podem estar associadas à presença de microrganismos. No entanto, apesar destes parâmetros estarem associados à biocontaminação do ar, a correlação dos parâmetros com a presença de microrganismos nas diferentes estações do ano, não consegue ser devidamente explicado (Frankel *et al.*, 2012).

Na enfermaria os valores fúngicos variaram entre os 1 e 21 UFC.m⁻³ no verão e entre os 9 e os 35 UFC.m⁻³. Como já foi mencionado, no bloco operatório não foi detetada a presença de fungos filamentosos, que indica uma elevada eficiência do sistema de tratamento e filtração de ar e do procedimento de limpeza dos espaços.

4.3. Campanhas de Longo Período

Como foi referido no capítulo anterior este tipo de amostragem teve uma duração de 24 horas nos diferentes espaços, excetuando o bloco operatório, onde apenas se acompanhou dois atos cirúrgicos. Em seguida apresentam-se os gráficos obtidos relativos à monitorização de todos os parâmetros avaliados. Devido à amplitude de valores registados, em alguns casos, houve a necessidade de adotar diferentes escalas, permitindo uma melhor visualização dos dados.

4.2.1 Parâmetros Químicos

CO

Os resultados das concentrações de CO encontram-se representados na Figura 4.18. Estas concentrações são relativamente baixas, ultrapassando ocasionalmente o valor limite de referência de 10 mg.m⁻³ definido pela legislação portuguesa na sala de triagem, no gabinete de consulta e na sala de tratamentos.

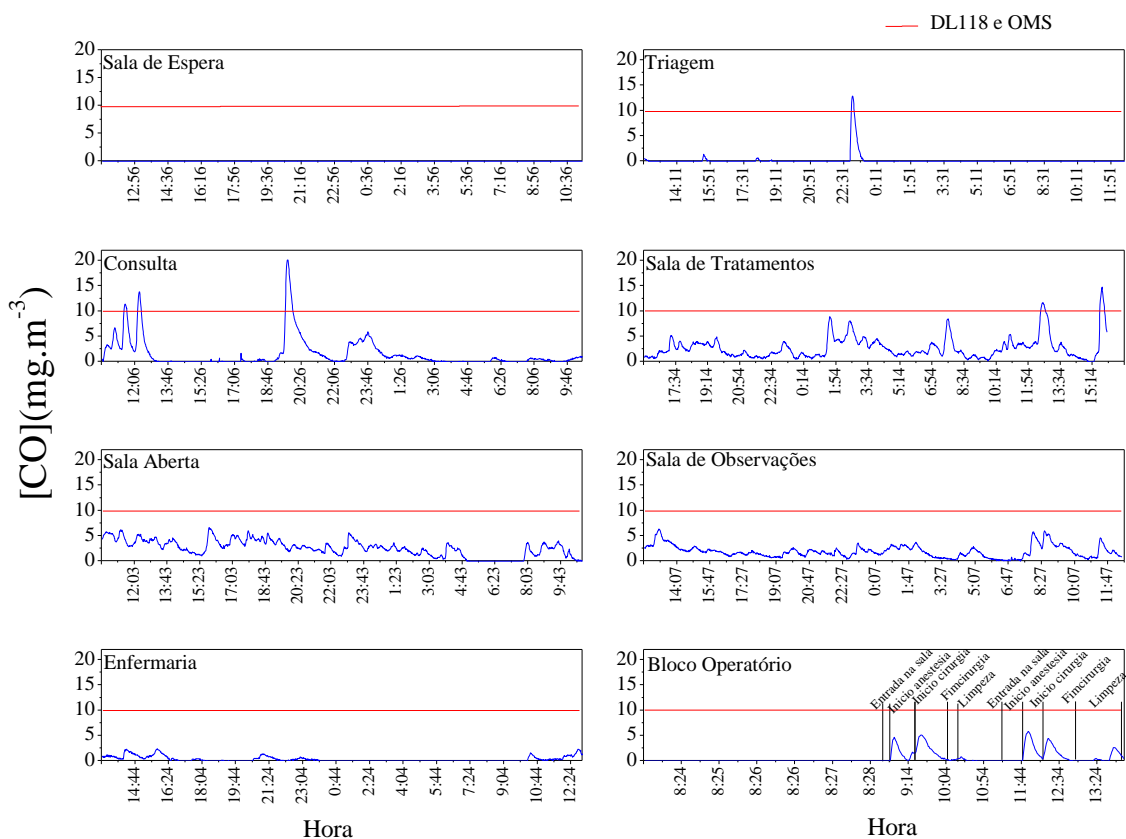


Figura 4.18 - Variação temporal da concentração de CO (mg.m^{-3}) nos espaços avaliados. A reta a vermelho corresponde ao limiar de proteção para o CO indicado pela legislação portuguesa e pela OMS de 10 mg.m^{-3} .

Pela observação da Figura 4.18 é possível observar-se que os seis espaços das urgências apresentam valores médios mais elevados do que a enfermaria e o bloco operatório. Este facto pode dever-se à maior intensidade de tráfego registada à entrada das urgências, o que poderá potenciar a entrada deste poluente nos diferentes espaços. Também o facto de o serviço de urgência se localizar no piso 0 contribui para uma maior concentração de CO, visto que os outros serviços se localizam em pisos superiores.

No caso do gabinete de consulta, espaço de pequena área, são visíveis picos de concentração que ultrapassam o limiar de proteção. O facto deste espaço se situar junto ao exterior e apresentar as janelas abertas durante alguns períodos do dia pode potenciar a entrada de CO, proveniente do tráfego automóvel à entrada das urgências.

No bloco operatório, registaram-se picos de concentração que coincidem com os procedimentos cirúrgicos, não excedendo, no entanto, os limiares de proteção definidos. Esta situação pode ser explicada pela existência de uma sala utilizada para fumar em frente à sala de operação. Esta situação não é autorizada pelo hospital, nem a sala se encontra preparada para o efeito, podendo haver uma infiltração deste poluente aquando a entrada e saída de pessoal da sala de operações.

CO₂

Como já referido, concentrações elevadas de CO₂ são consequência de uma ventilação deficiente ou excesso de ocupação. Este pressuposto, reflecte-se nos resultados obtidos, apresentados na Figura 4.19.

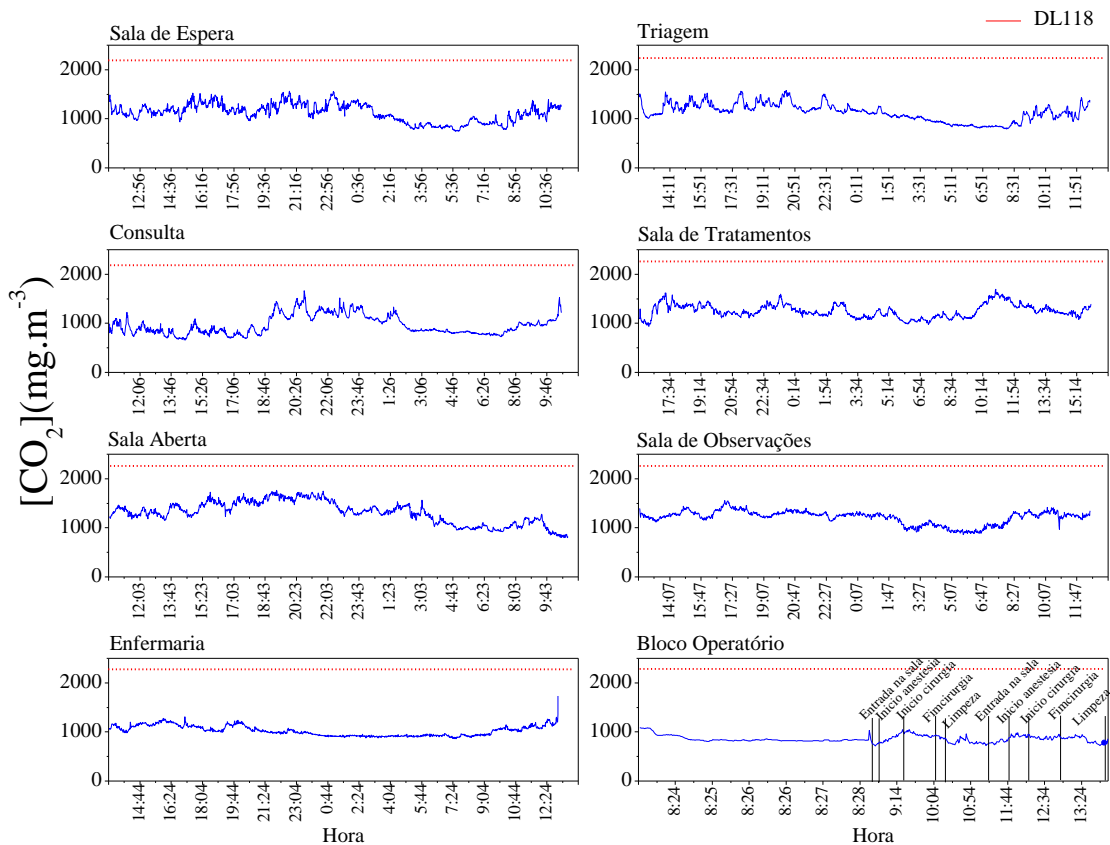


Figura 4.19 – Variação temporal da concentração de CO_2 ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) nos espaços avaliados. A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CO_2 indicado pela legislação portuguesa de $2250 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Pela análise da Figura 4.19 é possível verificar que em nenhum espaço avaliado as concentrações no interior excedem o limiar de protecção para este poluente. É visível nos espaços amostrados a existência de picos de concentração que coincidem com uma maior ocupação dos mesmos, sendo estes períodos das 11:00 às 15:00 e das 19:00 às 21:00. É ainda possível associar um decréscimo na concentração de CO_2 na altura de menor afluência ao hospital (1:00- 7:00). A sala aberta foi o local onde se registou a maior concentração média deste poluente, tendo um valor de $1321 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Este facto está relacionado com o número de ocupantes do espaço que estando definido, no máximo, para 20 doentes, 3 médicos, 3 enfermeiros e 1 assistente operacional é por vezes ultrapassado, registando-se valores mais altos da concentração de CO_2 . No bloco operatório, apesar das medições não terem tido uma duração de 24 horas é possível observar-se que os valores de CO_2 têm um comportamento mais inconstante após início dos atos cirúrgicos, havendo oscilações de concentrações, estando associadas a uma maior movimento e ocupação dos ocupantes.

O_3

O gráfico relativo às concentrações de O_3 encontra-se apresentado na Figura 4.20. É possível verificar que as concentrações no interior são de uma forma geral bastante baixas, não se revelando problemáticas no que respeita às concentrações limite estabelecidas pela OMS. É de salientar os valores mais elevados registados na sala de espera e no gabinete de consulta. A sala de espera é constituída por duas portas de entrada automáticas, enquanto o gabinete de consulta

apresenta durante alguns períodos do dia as janelas abertas, o que poderá originar a entrada deste poluente nestes dois espaços.

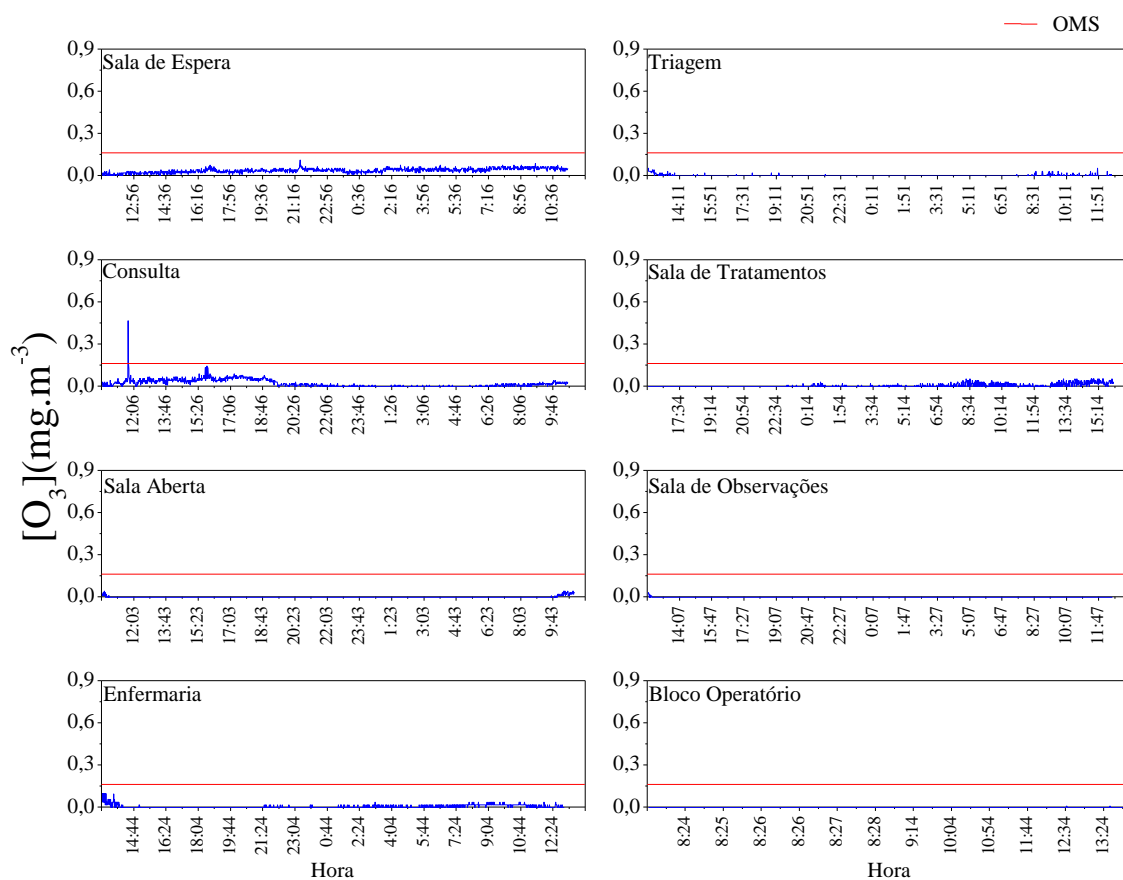


Figura 4.20 – Variação temporal da concentração de O_3 ($mg.m^{-3}$) nos espaços avaliados. A reta a azul corresponde ao limiar de protecção para o O_3 indicado pela OMS de $0,16 mg.m^{-3}$.

COV

A Figura 4.21 apresenta as concentrações de COV registadas nos oito espaços amostrados.

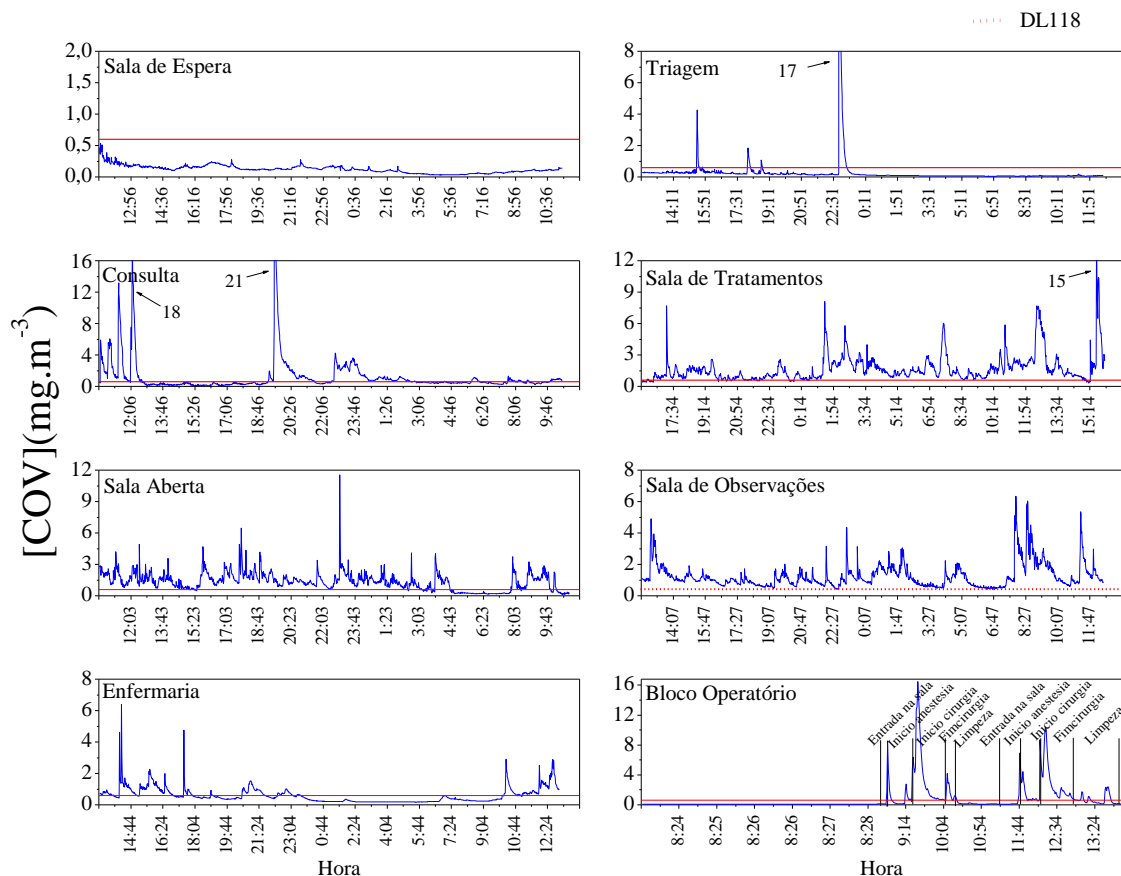


Figura 4.21 – Variação temporal da concentração de COV ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) nos espaços avaliados. A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o COV indicado pela legislação portuguesa de $0,6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Relativamente a este poluente, verifica-se que o limiar de protecção de $0,6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ é ultrapassado na totalidade dos espaços, com excepção da sala de espera e triagem, que apresentam um valor médio de $0,13$ e $0,07 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, respetivamente. Dada a origem deste poluente é fácil compreender os valores mais baixos encontrados na sala de espera, uma vez que é um local onde não são desenvolvidas práticas médicas e ocupado por doentes e acompanhantes. Tratando-se a triagem de um espaço apenas destinado ao pré-diagnóstico de doentes, não destinado à aplicação de procedimentos médicos, também é compreensível o valor registado.

Nos restantes seis espaços amostrados são visíveis as elevadas concentrações deste poluente, que apresenta os maiores valores médios na sala de tratamentos ($1,7 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$), na sala aberta ($1,4 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) e na sala de observações ($1,3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Nestes espaços a utilização de desinfetantes e produtos médicos é muito frequente no dia-a-dia devido à especificidade de atividade praticada nesse local, sendo essa a maior razão para os valores aí encontrados.

Na enfermaria é possível observar-se, ao longo do dia, picos de concentração, estando estes relacionados com as horas das refeições, bem como o horário de limpeza e higiene dos doentes. É ainda de salientar os valores mais baixos e constantes durante o período noturno.

Pela observação do gráfico relativo ao bloco operatório é visível o aumento de concentração de COV aquando o início das cirurgias, o que leva a concluir quanto à relação entre os produtos médicos utilizados e este poluente.

CH₂O

Como já referido o CH₂O é um COV, mas por ser um composto com efeitos nefastos para a saúde a sua abordagem tende a ser individualizada (Carmo & Prado, 1999). Os resultados respeitantes às concentrações de CH₂O são apresentados na Figura 4.22.

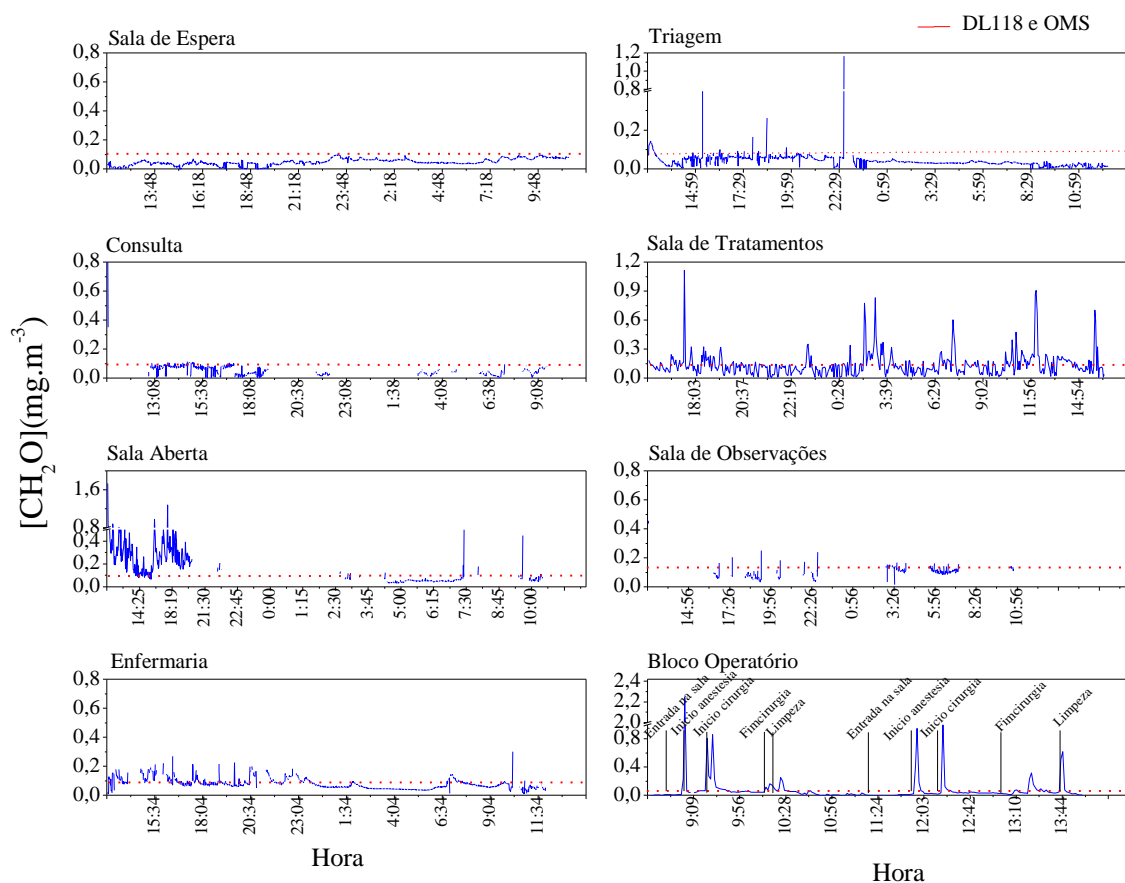


Figura 4.22 – Variação temporal da concentração de CH₂O (mg.m⁻³) nos espaços avaliados. A reta a vermelho corresponde ao limiar de protecção para o CH₂O indicado pela legislação portuguesa de 0,1 mg.m⁻³.

As concentrações de CH₂O apresentam uma variação muito semelhante às concentrações de COV registadas nos espaços estudados. Assim, os locais mais críticos no que respeita a este poluente são os mesmos verificados para os COV, onde os valores médios de concentração na sala de tratamentos (0,14 mg.m⁻³), na sala aberta (0,19 mg.m⁻³) e na sala de observações (0,15 mg.m⁻³), excedem o limite legal estabelecido de 0,1 mg.m⁻³. Pode ainda ser observada uma diminuição de concentração deste poluente durante o período nocturno na enfermaria. Mais uma vez, como seria de esperar, no bloco operatório os picos de concentração aí verificados correspondem aos procedimentos cirúrgicos efetuados, ultrapassando o limite legal estabelecido.

É de salientar em alguns espaços amostrados a interrupção de dados nos gráficos, onde o aparelho não registou os valores continuamente.

PM

A Figura 4.23 representa a distribuição temporal da concentração de partículas em três intervalos granulométricos, nos oito espaços estudados. Apresentam-se também na Figura 4.23 os limites estabelecidos de $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$ para a fracção PM_{10} e $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$ para a fracção $\text{PM}_{2,5}$ correspondentes à legislação portuguesa e aos referenciais da OMS.

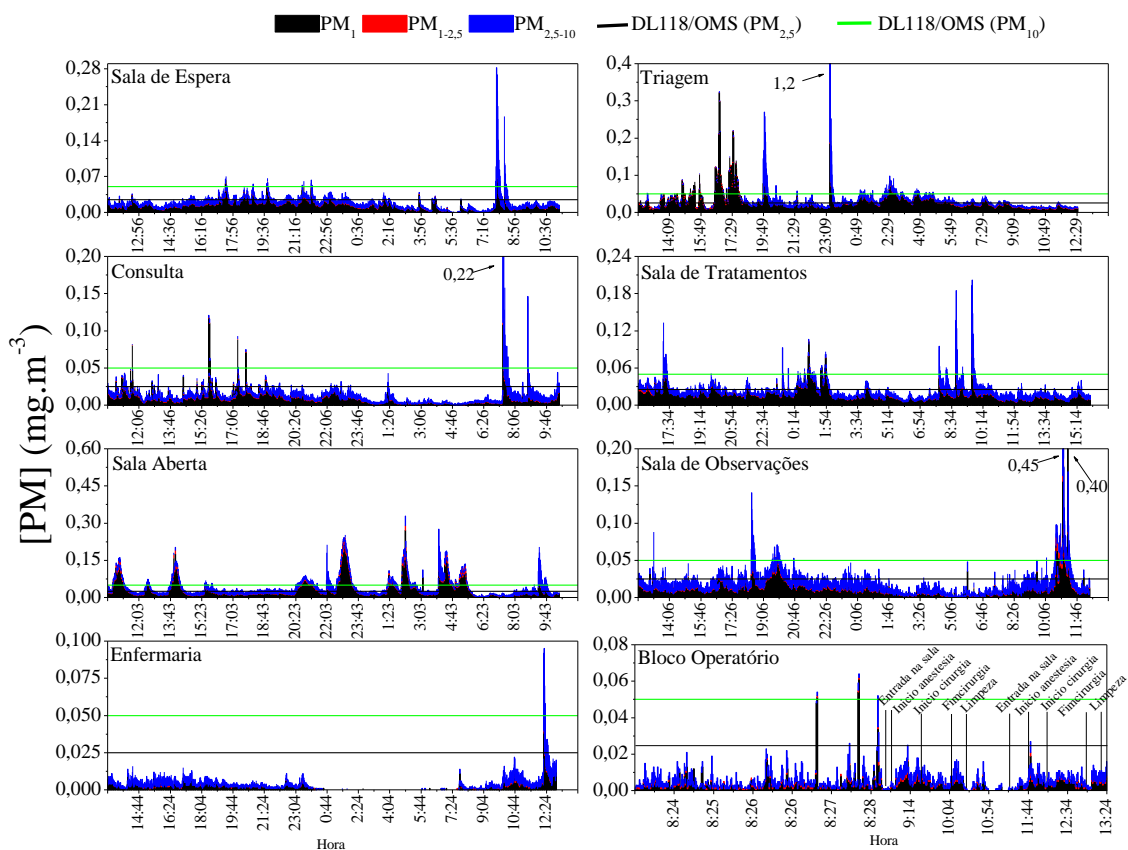


Figura 4.23 – Distribuição temporal da concentração de partículas (mg.m^{-3}) nos espaços avaliados. A reta verde horizontal corresponde ao limiar de protecção definido pela legislação portuguesa e pela OMS para PM_{10} de $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$ e a reta a preto corresponde ao limiar de protecção definido pela legislação portuguesa e pelos referenciais da OMS para $\text{PM}_{2,5}$ de $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$.

Como já mencionado, o teor de partículas tem o ar exterior como uma importante fonte de poluição, sendo que o tipo de actividade no interior do edifício também pode contribuir para o aumento das concentrações deste poluente. Neste sentido, os sistemas AVAC desempenham um importante papel no que respeita a este poluente, uma vez que são eles os responsáveis pelo tratamento do ar que dá entrada no edifício. No entanto, existem locais, nomeadamente no serviço de urgências, que estão em constante contacto com o ambiente exterior, estando naturalmente mais susceptíveis à infiltração deste poluente. Prova disso, são os resultados obtidos no serviço de urgência, em que foram obtidas concentrações diárias mais elevadas comparativamente aos restantes espaços. O facto de se tratar de um serviço com bastante movimento também contribui para os valores superiores de partículas neste serviço que chegam a ultrapassar os valores limite estabelecidos. De salientar o decréscimo da concentração de

partículas durante o período noturno em todos os locais avaliados, explicado pela deposição de partículas.

O bloco operatório trata-se do local de maior criticidade, devido ao tipo de atividades aí realizadas e como tal, seria de esperar uma concentração de partículas inferior ao verificado noutros locais. Como se pode verificar pela Figura 4.23, tal situação não se verificou, havendo uma concentração de partículas superior ao esperado, sendo até maiores que as registadas na enfermaria. Os picos de concentração registados durante as cirurgias correspondem aos picos de concentração de outros poluentes já analisados o que se conclui quanto à existência de uma fonte de poluição aquando as cirurgias. Esta situação pode ser explicada pela ressuspensão de partículas e também por uma possível influência da sala utilizada pelos trabalhadores deste serviço para fumar, existente junto à sala de operações.

4.4. Campanhas Sequenciais

As campanhas sequenciais, tal como o nome indica, seguiram uma sequência de amostragem, acompanhando o movimento do ar desde o exterior, passando pela sala técnica (onde se encontram as UTAN e TV) até ao espaço final. Um dos objetivos deste tipo de amostragem foi avaliar se o facto da admissão do ar ser realizada no interior do edifício, numa sala técnica teria consequências para a qualidade do ar a ser insuflado nos espaços, uma vez que este, ao não ser diretamente admitido do exterior, tem que passar por umas grelhas que fazem a admissão do ar para a sala técnica. Para além das grelhas poderem não ter a manutenção e limpeza adequada, verificou-se que neste local são realizadas as manutenções e limpeza dos filtros, bem como arranjos de materiais como camas e cadeiras. Este tipo de atividade poderá propiciar a formação e dispersão de poeiras.

Importante será referir que a apresentação dos resultados desta campanha destina-se principalmente a uma análise qualitativa da qualidade do ar entre espaços e não tanto a uma análise quantitativa.

4.4.1. Parâmetros Químicos

A Figura 4.24 apresenta os resultados sequenciais para os poluentes CO, CO₂, O₃, COV e CH₂O relativamente à sala de observações do serviço de urgências. As retas a vermelho correspondem ao limiar de proteção definido para cada poluente pela legislação portuguesa, sendo a reta azul correspondente a esse limiar mas apenas definido pela OMS.

Verifica-se que cada um dos cinco poluentes apresenta um comportamento muito próprio ao longo do tempo e dos diferentes espaços que percorre.

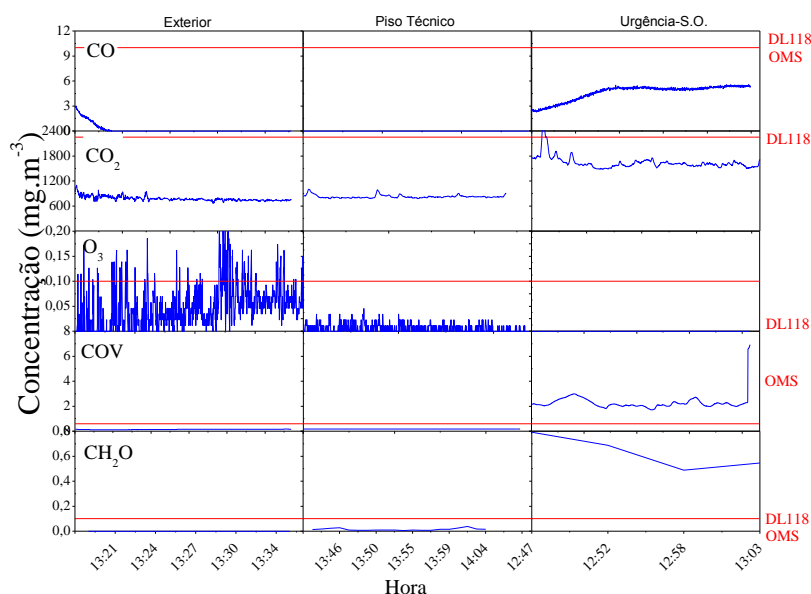


Figura 4.24 - Concentração de CO, CO₂, O₃, COV e CH₂O no exterior, sala técnica e urgências e respetivos limiares de proteção.

Na análise do CO, cujo limiar de proteção, segundo a OMS e a legislação portuguesa, se situa nos 10 mg.m⁻³, verifica-se que não houve violação desse limite. Inclusivamente, no piso técnico (local onde é feita a admissão do ar), o valor de concentração de CO esteve abaixo do limite de detecção do equipamento e conhecendo-se a origem deste poluente (queima de combustíveis fósseis), pode admitir-se que as concentrações registadas nas urgências deverão ter origem do exterior. No entanto, no exterior não se verificam concentrações elevadas, devido possivelmente, ao grau de diluição deste poluente no ar.

Relativamente ao CO₂, pode referir-se que os valores de concentração no piso técnico são muito semelhantes ao exterior. Já no serviço de urgências, as concentrações de CO₂ aumentam chegando mesmo a registar-se um pico que ultrapassa o limiar de 2250 mg.m⁻³ definido pela legislação portuguesa, por volta das 12:48. Como já mencionado na análise das outras campanhas, estes valores de CO₂ mais elevados podem dever-se à densidade de ocupação. Assim se destaca uma evolução crescente da concentração deste poluente do exterior para o interior do edifício.

No que diz respeito à análise ao O₃, verifica-se que a sua concentração é significativamente superior no exterior sofrendo uma primeira diminuição na sala técnica e uma segunda redução no interior do edifício. Este comportamento indica que este poluente tem origem no exterior, não havendo fontes significativas no interior.

Relativamente aos COV, observa-se que as concentrações no exterior e no piso técnico são muito semelhantes. Já nas urgências, a concentração deste poluente ultrapassa o valor estipulado, pela legislação portuguesa (0,6 mg.m⁻³), apresentando um valor médio de 2,2 mg.m⁻³. Este facto demonstra a importância das fontes interiores para este poluente que se devem principalmente à utilização de desinfetantes e produtos médicos, típicos da especificidade das atividades aí praticadas. A análise deste poluente no ar remete-nos para uma tendência de aumento considerável do exterior para o interior em termos de concentração.

Na abordagem ao CH_2O , pode referir-se o aumento significativo da concentração no ambiente interior. Neste sentido, observa-se que é no espaço das urgências que maiores concentrações são registadas, sendo mesmo ultrapassado o limiar de proteção de $0,1 \text{ mg.m}^{-3}$, definido pela OMS e pela legislação portuguesa.

A Figura 4.25 apresenta as concentrações dos mesmos poluentes relativamente ao circuito do ar até à enfermaria (quarto 316).

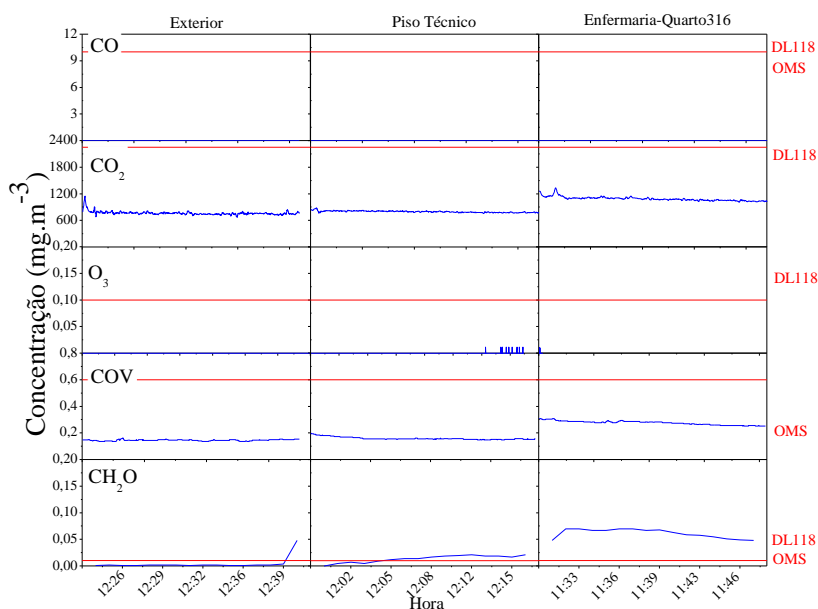


Figura 4.25 - Concentração de CO, CO₂, O₃, COV e CH₂O no exterior, sala técnica e enfermaria e respetivos limiares de proteção.

Relativamente ao CO verificou-se que os seus níveis de concentração estiveram abaixo do limite de deteção em todos os locais. Já o CO₂ apresenta valores superiores na enfermaria, não atingindo, mesmo assim, o limite de proteção estipulado. Estes resultados apontam, mais uma vez, para a importância das fontes interiores para a concentração de CO₂. Para o O₃ verificou-se que a sua concentração esteve quase sempre abaixo do limite de deteção do equipamento em todos os pontos de medição. Relativamente aos COV, foram também registados valores abaixo dos valores limite de referência ao longo do movimento do ar até à enfermaria, registando-se, como seria de esperar, valores mais elevados no último local de amostragem. E por fim, relativamente ao CH₂O, destaca-se uma evolução crescente da concentração deste poluente no ar, sendo que as concentrações no quarto 316 apresentam valores superiores ao limiar de proteção, indicando a sua associação a fontes de emissão interiores.

Os resultados referentes à campanha sequencial do bloco operatório são apresentados na Figura 4.26.

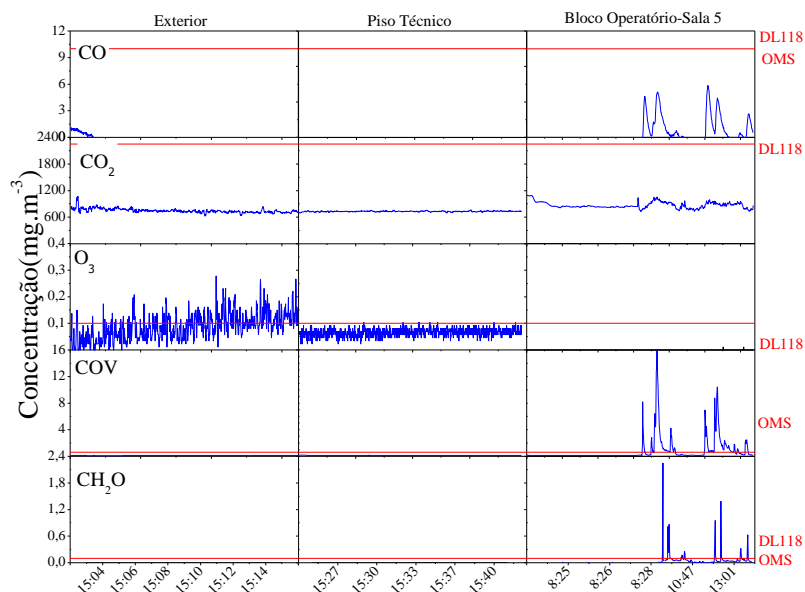


Figura 4.26 - Concentração de CO, CO₂, O₃, COV e CH₂O no exterior, sala técnica e bloco operatório e respetivos limiares de protecção.

Verificou-se que a concentração destes poluentes seguiu um comportamento idêntico aos casos anteriores. CO₂, COV e CH₂O apresentaram concentrações mais elevadas no interior do edifício, indicando a sua origem em fontes interiores, não se detetando diferenças significativas entre o exterior e o piso técnico o que indica a não produção destes poluentes dentro da sala técnica. A exceção, mais uma vez, é observada para as concentrações de O₃ que apresentam valores superiores no exterior.

Em suma, as sequências apresentadas para os três serviços apresentam uma variação muito semelhante, sendo mais distintas nos últimos espaços avaliados (urgências, enfermaria e bloco operatório), o que está relacionado com a diferente tipologia de atividades aí desenvolvidas. Conclui-se, assim, que o facto da admissão de ar ser realizada no interior do edifício não constitui qualquer ameaça para a qualidade do ar admitido.

A Figura 4.27 apresenta os resultados sequenciais referente às partículas nos três serviços. A reta verde horizontal corresponde ao limiar de protecção definido pela legislação portuguesa e da OMS para PM₁₀ de 0,05 mg.m⁻³ e a reta preto corresponde ao limiar de protecção definido pela legislação portuguesa e pelos referenciais da OMS para PM_{2,5} de 0,025 mg.m⁻³.

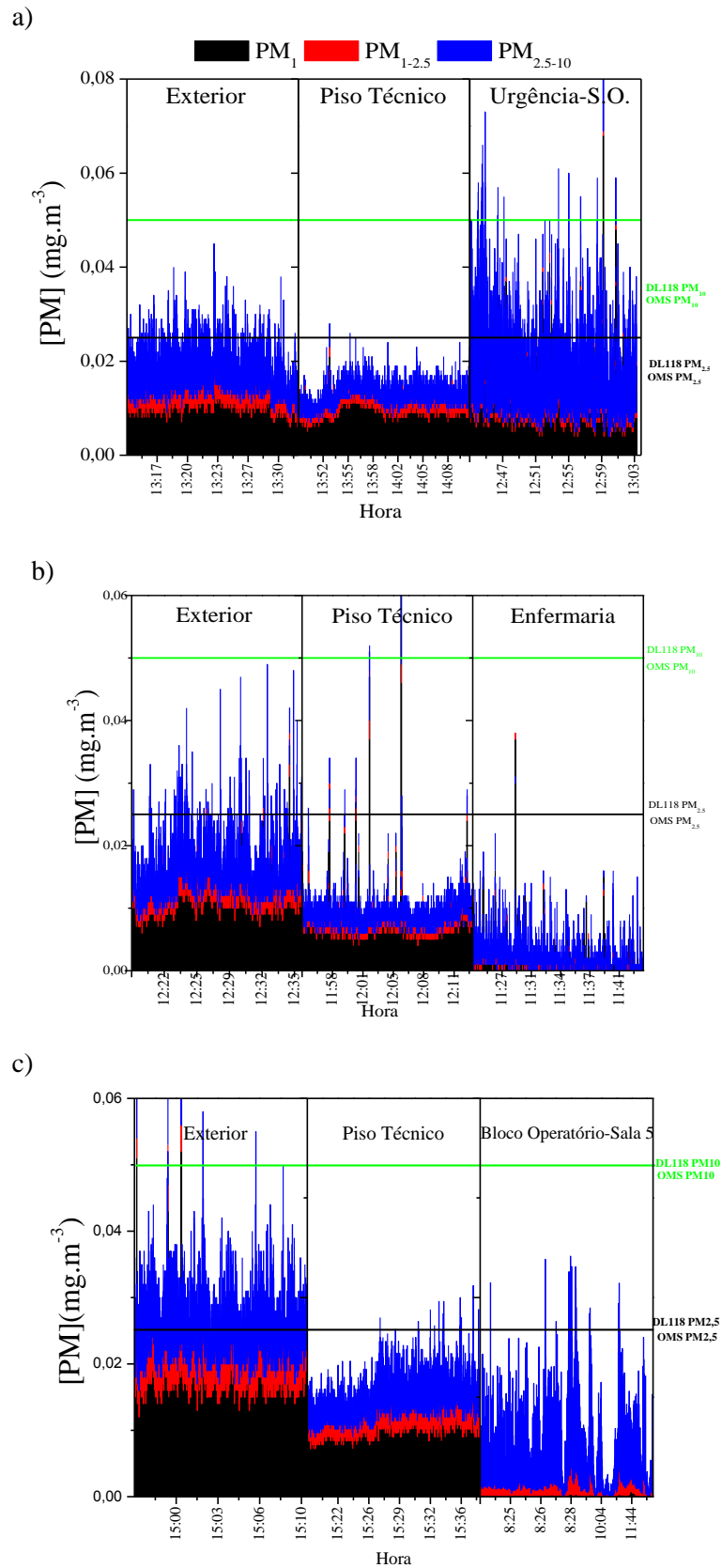


Figura 4.27 - Concentração de PM_1 , $PM_{2.5}$ e PM_{10} no exterior, sala técnica e a) urgência b) enfermaria e c) bloco operatório e respetivos limiares de protecção.

Através de uma análise às três Figuras 4.27 a), b) e c) é possível observar-se que as concentrações observadas no piso técnico são inferiores às medidas no exterior, principalmente no que se refere à fracção grosseira, pelo que mais uma vez se pode concluir que o facto de as UTAN fazerem a admissão de ar no interior da sala técnica parece não ter um impacto negativo na QAI. No entanto, é de realçar que nos dias em que se efetuaram as avaliações não houve qualquer atividade de manutenção e limpeza de filtros na sala técnica. Caso tais ações se verifiquem, o ar nesse local poderá ser afetado não se garantindo a mesma qualidade de ar insuflado.

Os filtros constituintes das UTAN fazem a retenção de partículas consoante a sua eficiência, sendo esta dependente da qualidade do ar que se pretende insuflar. Como referido no capítulo metodológico a UTAN das urgências possui um pré-filtro G3 com uma eficiência de 90% e um filtro F9 com uma eficiência de 95%. A termoventiladora da enfermaria possui também dois filtros de características idênticas aos da urgência. Já no bloco operatório, além de conter os dois filtros G3 e F9, a UTAN dispõem ainda de um filtro HEPA com uma eficiência de 99%, responsável pela retenção das partículas finas, sendo espectável que haja uma maior retenção de partículas nesta UTAN.

Apesar de filtros de eficiência equivalentes, verifica-se que o nível de partículas é inferior na enfermaria do que nas urgências (todas as granulometrias), sendo portanto neste local onde o valor de carga particulada foi mais preocupante. Esta situação poder-se-á dever à já referida influência do ar exterior, que entra pelas janelas e portas deste serviço, à formação de partículas secundárias através de reações químicas, à ressuspensão de partículas e/ou também a uma contaminação das condutas de ar. Neste serviço, salientam-se os vários picos de concentração de partículas grosseiras, que ultrapassam o valor limite estabelecido pela legislação nacional e pela OMS de $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$.

Quanto ao bloco operatório, segundo os resultados obtidos verifica-se que a retenção de partículas finas foi eficiente, o que indica logicamente uma eficiente retenção também de partículas grosseiras. Neste caso, as concentrações de partículas de maiores dimensões verificadas na sala de operações poderão ter como origem a sua ressuspensão, devido ao movimento de pessoal, a contaminação das condutas de ventilação e/ou fumo de tabaco proveniente de uma sala próxima.

Nos últimos espaços amostrados, a existência de partículas grosseiras, provenientes de fontes internas e externas (urgências), apresentam picos de concentração que ultrapassam os limiares de proteção definidos para esta granulometria. Apesar de se saber que esta gama é a que menor risco representa para a saúde humana, é necessário rever os procedimentos de limpeza e o grau de filtragem das UTAN de modo a melhorar a QAI.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Após a apresentação e discussão dos resultados obtidos, podem ser identificadas algumas dificuldades e limitações relativas a todo o processo de investigação realizado.

A nova legislação veio alterar alguns pressupostos legais relativos à QAI. De uma forma geral, a QAI é menos enfatizada comparativamente à legislação anterior, dando-se uma maior preponderância à eficiência energética, no entanto, estas duas áreas estão indubitavelmente relacionadas. A falta de legislação para a QAI no que respeita a hospitais, constitui um entrave a uma boa gestão da mesma, havendo um desconhecimento generalizado dos responsáveis que não permite uma inequívoca relação entre a QAI e saúde dos ocupantes.

É preciso ter em conta que os requisitos para uma boa QAI num hospital, deverão ser mais exigentes que em outros edifícios. Além de ser um ambiente bastante particular, com variadíssimos elementos susceptíveis de perturbar a saúde, o conforto e a produtividade dos profissionais e auxiliares de saúde, é também um local que alberga doentes que possuem o sistema imunitário mais fragilizado, sendo mais vulneráveis a uma deficiente QAI. Deve salientar-se que um hospital não deve ser visto “como um todo”. O facto de uma unidade de saúde se tratar de um ambiente muito particular, onde se verifica uma pluralidade de atividades, condições e ocupações, que caracterizam os diferentes serviços, faz com que a avaliação da QAI se deva executar de forma individualizada. Assim, cada serviço tem requisitos específicos e há que adequar uma boa QAI ao objetivo de cada atividade, proporcionando uma otimização da produtividade dos seus trabalhadores, bem como bem-estar e conforto de todos os ocupantes.

É de referir que a avaliação da QAI se revelou um processo complexo que relaciona diferentes variáveis e que, por esse aspeto, pode induzir-nos em erros graves de significância dos resultados. Isto é, acontecimentos pontuais ou uma limitação de medições podem influenciar uma ou mais dessas variáveis, comprometendo os resultados finais, nomeadamente em campanhas de menor duração. Por forma a contornar-se este problema efetuaram-se vários tipos de campanhas de monitorização de forma a tornar a avaliação o mais representativa possível, mas que ainda assim não deixa de ser limitada face à especificidade do ambiente hospitalar. Por outro lado, a utilização de equipamentos portáteis na avaliação a QAI, poderá estar associada a uma maior incerteza dos resultados. No entanto, estes métodos, considerados equivalentes aos métodos de referência, possuem várias vantagens, tais como ruído reduzido, a portabilidade, a capacidade de efetuar medições *online* e em curto espaço de tempo, que permite avaliar os níveis de poluentes temporalmente contribuindo para uma fácil identificação de fontes.

Esta investigação teve como principal objetivo uma avaliação da QAI em ambiente hospitalar, concretamente nas três áreas seleccionadas do HSB. Neste sentido, a QAI foi abordada num contexto de exposição do ar interior na saúde não só dos pacientes, mas também dos profissionais e auxiliares de saúde. Esta dissertação mostrou-se importante não só pela escassez de trabalhos relativos a hospitais a nível nacional, mas também internacional no que se refere a parâmetros químicos. O estudo revelou-se também pertinente por ser indiscutível a relação entre uma deficiente QAI e a saúde e o bem-estar dos seus ocupantes durante a prática das suas atividades.

Com base não só num levantamento de informação, legislação e referenciais normativos sobre QAI, em edifícios dedicados à prestação de cuidados médicos, como também na caracterização em termos de ocupação, atividades e fontes emissoras das três áreas piloto seleccionadas pelo projeto, foi estabelecida uma metodologia para avaliar a QAI. Esta metodologia incluiu a

aplicação de um questionário aos trabalhadores do hospital e a avaliação de parâmetros químicos, físicos e microbiológicos segundo três tipos de abordagens:

- Avaliações de curto período - efetuadas em períodos de 20 minutos, no mês de junho e fevereiro, que permitiram a caracterização de um elevado número de espaços e a avaliação do efeito da sazonalidade na QAI;
- Avaliações de longo período - efetuadas em períodos de 24 horas onde tendências diárias foram identificadas permitindo a identificação de fontes emissoras e de associações entre as atividades exercidas nos espaços e a QAI;
- Avaliações sequenciais - efetuadas ao longo do circuito do ar (exterior- sala técnica- espaço ocupado), permitindo avaliar o impacto da admissão de ar ser efetuada numa sala técnica e não no exterior, a eficiência do tratamento do ar nas UTAN e a influência de fontes interiores *versus* fontes exteriores.

Da aplicação desta metodologia destacam-se as seguintes conclusões:

- A aplicação do questionário a 70 trabalhadores demonstrou não só que estes apresentam sintomas normalmente associados a uma fraca QAI, tais como olhos secos e irritados, nariz seco e corrimento nasal, garganta irritada, pele seca, dores de cabeça e cansaço, mas também que acreditam que estes sintomas poderão estar relacionados com as condições ambientais do seu local de trabalho. Os trabalhadores encontram-se insatisfeitos com parâmetros de conforto e bem-estar relacionados essencialmente com a temperatura, circulação de ar, humidade do ar, odores, luminosidade e ruído. A percepção geral do conforto depende grandemente do serviço sendo insatisfatória para os trabalhadores do serviço de urgências e satisfatória para os trabalhadores do bloco operatório. Mais de 50% dos trabalhadores afirma que a sua produtividade pode ser influenciada pelas condições ambientais do seu local de trabalho.
- As campanhas de curta duração demonstraram que cada um dos serviços (ou mesmo cada um dos espaços) analisados tem as suas particularidades. O serviço de urgências apresenta as concentrações de partículas mais elevadas excedendo os valores limite definidos pela OMS e pela legislação nacional. Este facto deve-se não só à elevada infiltração de partículas do exterior através das portas e janelas abertas, mas também à elevada taxa de ocupação deste serviço que promove ressuspensão de partículas. As concentrações de COV e CH₂O apresentam os valores mais elevados não só no serviço de urgências mas também no bloco operatório. As concentrações destes poluentes excedem também os referenciais da OMS e da legislação nacional. Os níveis de microrganismos são particularmente elevados no serviço de urgências. O CO, o O₃ e o CO₂ não apresentaram níveis elevados em nenhum dos pontos monitorizados. Os resultados obtidos mostram a existência de uma forte dependência entre a QAI e os níveis de poluentes medidos no exterior nas duas estações do ano. Este facto é particularmente visível nas urgências, onde os elevados níveis dos poluentes PM₁₀ e COV, medidos no exterior no mês de junho, se refletiram numa diminuição da QAI. Esta relação directa deve-se ao facto deste ser o serviço onde as infiltrações de ar do exterior se fazem sentir com maior intensidade devido à abertura das janelas e das portas.

- As campanhas de longa duração mostraram a existência de uma variabilidade temporal dos poluentes, associada às atividades exercidas nos diferentes espaços. Esta variabilidade é particularmente visível para os poluentes COV e CH₂O nas urgências e no bloco operatório. O aumento das concentrações destes poluentes está relacionado com os variados actos médicos e com a utilização de desinfectantes. Nos períodos de maior ocupação dos espaços observa-se um aumento das concentrações de CO₂, produto do metabolismo humano, e de partículas, resultantes da sua ressuspensão. As concentrações de CO também apresentam uma forte variabilidade nas urgências e no bloco operatório. No primeiro serviço, os picos de CO dever-se-ão à emissão deste poluente pelo tráfego automóvel e à sua entrada pelas janelas e portas abertas para o exterior. No bloco verificou-se a existência de uma sala utilizada pelos trabalhadores para fumar, localizada em frente da sala de operações avaliada. Esta sala para além de não reunir as condições para esta actividade, nomeadamente condições de subpressão e extracção individualizada, encontra-se com a janela aberta para o exterior. Este facto constitui uma situação desaconselhada dada a criticidade do espaço e a necessidade do tratamento do ar exterior com filtros de eficiência muito elevada. Da análise da variação temporal de CO verifica-se que as concentrações na sala de operação apresentam picos no início das cirurgias aquando da abertura das portas para a entrada de pessoas. Provavelmente as condições de sobrepressão, da sala de operações durante a abertura das portas, diminuem dando origem à entrada de poluentes do corredor.
- As campanhas sequenciais mostraram que a admissão de ar no piso técnico não apresenta um impacto negativo para a QAI desde que não sejam realizadas atividades de manutenção neste espaço. A comparação entre a concentração de poluentes no exterior e no interior mostra que os poluentes CO₂, COV, CH₂O apresentam concentrações mais elevadas no interior confirmando a sua associação a fontes interiores, enquanto o O₃ apresenta concentrações superiores no exterior e bastante baixas no interior. A análise das diferentes granulometrias de partículas mostra que existe uma elevada produção de partículas, principalmente grosseiras, no interior do edifício. Esse facto é especialmente relevante nas urgências e, surpreendente, no bloco operatório. Neste último espaço, os filtros utilizados na UTA associada têm uma elevada eficiência (HEPA) que permite a remoção das partículas. Este facto foi comprovado pela remoção eficiente das partículas de granulometria mais fina (e conseqüentemente as de granulometria grosseira). No entanto, verifica-se que dentro da sala de operações as concentrações de PM_{2.5-10} apresentam um incremento significativo comparativamente com o exterior que se pode dever as três possíveis causas: acumulação de partículas nas condutas, produção de partículas na sala ou, a mais provável, influência da sala utilizada para fumar (fumo e janela aberta).

De uma forma geral a QAI nos espaços avaliados apresentou-se deficitária principalmente nos serviços de maior criticidade (urgências e no bloco operatório), ultrapassando em vários locais os limiares de protecção estabelecidos. A excedência de poluentes como os COV e CH₂O é compreensível, visto serem poluentes característicos do tipo de atividades, sendo no entanto, uma situação que do ponto de vista legal necessita de ser regularizada. A influência de poluentes provenientes do ar exterior (PM, CO e COV) mostrou ser também um fator determinante contribuindo para a degradação da QAI. Para além disso, os resultados obtidos nos inquéritos comprovam a existência de uma relação indiscutível entre a QAI, o conforto, a produtividade e a saúde dos trabalhadores.

Com base nas observações efetuadas foram propostas medidas que pretendem melhorar a QAI nos três serviços estudados, das quais se destacam as seguintes:

- Efectuar avaliações dos parâmetros da QAI com regularidade por forma a identificar problemas e obter informações para atuar com eficiência;
- Monitorizar parâmetros essenciais para a garantia da QAI tais como caudais de ar (insuflados e extraídos), renovações, pressão (especialmente importante no bloco), grau de colmatação de filtros, temperatura e humidade;
- Aumentar a renovação de ar, especialmente no serviço de urgência, por forma a diluir os poluentes até níveis aceitáveis, tendo sempre em conta a eficiência energética;
- Controlar a humidade e a temperatura para níveis que limitem a proliferação da matéria microbiana e que propiciem o conforto dos ocupantes;
- Limitar o número de aberturas (janelas e portas) para o exterior, especialmente nas urgências, para evitar a infiltração de poluentes. No bloco operatório proibir a abertura de janelas;
- Proibir o fumo dentro do edifício;
- Promover a manutenção de todos os componentes do sistema AVAC que se consideram críticos para a QAI (especial enfoque na manutenção das condutas);
- Capacitação dos trabalhadores através de ações de formação.

Considera-se fundamental que este tipo de avaliação em hospitais seja mais estudado em Portugal, pois é essencial certificar que acima de tudo as unidades de saúde não estejam por um lado, a contribuir para promover a saúde dos seus utentes, e por outro, a contribuir para a sua doença.

Após a conclusão deste trabalho, podem ser identificadas ações futuras essenciais a uma melhor compreensão da QAI no hospital:

- Identificação dos fungos filamentosos, uma vez que os efeitos adversos para a saúde variam de acordo com a espécie;
- Caracterização fenotípica das bactérias;
- Quantificação dos caudais de ar necessários para diluir as concentrações de poluentes até valores aceitáveis;
- Especificação de COV que fornecerá informação importante no que se refere à sua toxicidade e origem;
- Realização de tratamento estatístico mais aprofundado, por forma a apurar a algumas relações tais como resultados obtidos nos inquéritos e níveis de poluentes observados;

- Alargar a monitorização a outros serviços/espacos do hospital, bem como a realizaco de amostragens mais amplas, tendo em consideraco as rotinas diárias;
- Coordenar todas as aes propostas para a QAI com especialistas em eficincia energtica e manuteno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSS. (2008). *Especificações Técnicas para Instalações de AVAC*. Administração Central do Sistema de Saúde, IP. Ministério da Saúde, Lisboa.
- Águas, M. P. (2000). *Conforto Térmico*. Módulo da disciplina de mestrado em métodos instrumentais em energia e ambiente, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Almeida, S. M. (2004). *Caraterização e origem do aerossol atmosférico em zona urbano-industrial*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Aplicadas ao Ambiente., Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Almeida, S. M. (11 de fevereiro de 2014). *Qualidade do Ar Interior: conceitos base, poluentes, fontes emissoras e impactos. Ação de formação no âmbito do projeto EFICARE*. Lisboa, Portugal.
- Ambu, S., Chu, W. L., Mak, J. W., Wong, S. F., Chan, L. L., e Wong, S. T. (2008). Environmental Health And Building Related Illnesses. *International e-Journal of Science, Medicine e Education*, 2, 11-18.
- ANVS. (2006). *Pediatria: Prevenção e Controle de Infecção Hospitalar*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde, Brasília.
- APA. (2010). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico*. Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora.
- Araujo, R., Cabral, P. J., e Rodrigues, G. A. (2008). Air filtration systems and restrictive access conditions improve indoor air quality in clinical units: Penicillium as a general indicator of hospital indoor fungal levels. *American Journal of Infection Control*, 36 (2), 139-134.
- ASHRAE. (2001). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning , Atlanta.
- ASHRAE. (2011). *ASHRAE Position Document on Indoor Air Quality*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning , Atlanta.
- Bernardes, Â. C. (2009). *Análise dos métodos de auditoria à qualidade do ar interior*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis., Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Bluyssen, P. M., Myriam , A., e Dommelen, P. v. (2011). Comfort of workers in office buildings: The European HOPE project. *Building and Environment*, 46, 280-288.
- Bornehag, C. G., Sundell, J., Hagerhed-Engman, L., e Sigsgaard, T. (2005). Association between ventilation rates in 390 Swedish homes and allergic symptoms in children. *Indoor Air*, 15, 275-280.
- Brickus, L. S., e Neto, F. R. (1999). A Qualidade do Ar de Interiores e a Química. *Química Nova*, 22 (1), 65-74.

- Brink, A., Feldman, C., Duse, A., Gopalan, D., Grolman, D., Mer, M., et al. (Julho de 2006). Guideline for the Management of Nosocomial Infections in South Africa. *Clinical Guideline*, 96 (7), 642-652.
- Carmo, A. T., e Prado, R. T. (1999). *Qualidade do Ar Interno*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo.
- CCOHS. (2004). *Indoor Air Quality - Health and Safety Guide, 2nd Edition*. Canadian Centre for Occupational Health and Safety, Ontário, Canadá.
- CDC. (2003). *Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities*. Centers for Disease Control and Prevention, Department of Health and Human Services, Atlanta.
- CE. (2005). *Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU - The INDEX project*. Institute for Health and Consumer Protection, Ispra, Itália.
- CE. (2008). *Guidelines to Good Manufacturing Practice Medicinal Products for Human and Veterinary Use*. Comissão Europeia, Brussels.
- CHS. (2011). *Manual de Acolhimento de Novos Profissionais no Centro Hospitalar de Setúbal, EPE*. Centro Hospitalar de Setúbal, Serviço de Gestão da Formação, Setúbal.
- Clements, D. J. (2008). Work performance, productivity and indoor air. *Scandinavian Journal of Work, Environment e Health Supplements*, 4, 69-78.
- Cruz, Â. C. (2009). *Análise dos Métodos de Auditoria à Qualidade do Ar Interior - RSEC. Dissertação de mestrado em Sistemas Energéticos Sustentáveis. Universidade de Aveiro*. Aveiro.
- Daschner, F. D., Causda, R., Grundmann, H., Voss, A., e A.Widmer. (2004). Hospital infection control in Europe: evaluation of a present practice and future goals. *Clinical Microbiology and Infection*, 10 (3), 255-266.
- Decreto-Lei n.º 118/2013. (20 de agosto de 2013). Ministério da Economia e do Emprego.
- Decreto-Lei n.º 79/2006. (4 de abril de 2006). Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.
- Decreto-Lei n.º 243/86. (20 de agosto de 1986). Ministério do Trabalho e Segurança Social.
- DGS. (2008). *Planos locais de ação em habitação e saúde*. Direção Geral de Saúde, Lisboa.
- DGS. (2009). *Inquérito Nacional de prevalência de Infeção Nosocomial*. Direção Geral de Saúde, Coimbra.
- Dharan, S., e Pittet, D. (2002). Environmental controls in operating theatres. *Journal of Hospital Infection*, 51, 79-84.
- Ding, J.-G., Sun, Q. F., Li, K. C., Zheng, M. H., Miao, X. H., Ni, W., et al. (2009). Retrospective analysis of nosocomial infections in intensive care unit of tertiary hospital in China during 2003 and 2007. *BMC Infection Diseases*, 9, 115-121.

- Dugan, R. S., e Leytem, A. B. (2009). Qualitative and quantitative methodologies for determination of airborne microorganisms at concentrated animal-feeding operations. *World J Microbiol Biotechnol*, 25, 1505-1518.
- EEA. (2013a). *Every breath we take - Improving air quality in Europe*. European Environment Agency, Copenhaga.
- EEA. (2013b). *Air quality in Europe - 2013 report*. European Environment Agency, Luxemburgo.
- EFA. (2004). *Towards Healthy Air in Dwellings in Europe-The THADE Report*. European Federation of Alergy and Airways Diseases , Itália.
- EPA. (1995). *The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality*. Obtido em 9 de 10 de 2013, de <http://www.epa.gov/iaq/pubs/insidestory.html#Intro1>
- EPA. (2007). *United States Environmental Protection Agency*. Obtido em 2 de 11 de 2013, de http://www.epa.gov/iaq/largebldgs/pdf_files/sec_2.pdf
- EPA. (2008). *United States Environmental Protection Agency*. Obtido em 10 de 11 de 2013, de http://www.epa.gov/iaq/largebldgs/i-beam/pdfs/text_modules_fundamentals.pdf
- EPA. (2012). *United States Environmental Protection Agency*. Obtido em 30 de 10 de 2013, de http://www.epa.gov/iaq/largebldgs/pdf_files/appenb.pdf
- EPA. (2013). *United States Environmental Protection Agency*. Obtido em 20 de 11 de 2013, de <http://www.epa.gov/airquality/particlepollution/>
- Erdmann, C. A., Steiner, K. C., e Apte, M. G. (2002). Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the base study revisited: analyses of the 100 building dataset. *Indoor Air*, 443-448.
- Fanger, P. O. (2006). What is IAQ? *Indoor Air*, 16, 328-334.
- Fernades, E. O., Jantunen, M., Crrer, P., Seppanen, O., Harrison, P., e Kephelopoulos, S. (2009). *Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health Effects - EnVIE Project*.
- Ferreira, P. A. (2006). *Sistemas de Ventilação Híbridos em Edifícios - análise energética resultante da implementação de sistemas de ventilação inovativos*. . Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Mecânica., Universidade do Porto, Porto.
- Ferrer, M., Chernikova, T. N., Yakimov, M. M., Golyshin, P. N., e Timmis, K. N. (2003). Chaperonins govern growth of *Escherichia coli* at low temperatures. *Nature Biotechnology*., 21 (11), 1266-1267.
- Ferro, A. R., Kopperud, R. J., e Hildemann, L. M. (2004). Source Strengths for Indoor Human Activities that Resuspend Particulate Matter. *Environmental Science and Technology*, 38 (6), 1759-1764.

- Fiedler, N., Laumbach, R., Kelly-McNeil, K., Liroy, P., Fan, Z.-H., Zhang, J., et al. (2005). Health effects of a mixture of indoor air volatile organics, their ozone oxidation products, and stress. *Environmental Health Perspectives*, 113 (11), 1542-1548.
- França, C. N. (2010). *Estudo de Bioaerossóis Bacterianos em Ambiente Hospitalar*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Bioquímica Aplicada., Universidade da Madeira.
- Frankel, M., Timm, M., Gustavsen, S., Hansen, E. W., e Madsen, A. M. (2012). Seasonal Variations of Indoor Microbial Exposures and Their Relation to Temperature, Relative Humidity, and Air Exchange Rate. *Applied and Environmental Microbiology*, 78 (12), 8289-8297.
- Gioda, A., e Neto, F. R. (2003). Poluição Química Relacionada ao Ar de Interiores no Brasil. *Química Nova*, 26 (3), 359-365.
- Hayes, S. R. (1991). Use of an Indoor Air Quality Model (IAQM) to Estimate Indoor Ozone Levels. *Journal of the Air e Waste Management Association*, 40, 161-170.
- Hellgren, U. M., e Reijula, K. (2006). Indoor-air-related complaints and symptoms among hospital workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment e Health*, 2, 47-49.
- Hellgren, U.-M., Palomäki, E., Lahtinen, M., Riuttala, H., e Reijula, K. (2008). Complaints and symptoms among hospital staff in relation to indoor air and the condition and need for repairs in hospital buildings. *Scandinavian Journal of Work, Environment e Health*, 58-73.
- Horvath, E. P. (1997). Building-related illness and sick building syndrome: from the specific to the vague. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 64 (6), 303-309.
- Hoskins, J. A. (2003). Health Effects due to Indoor Air Pollution. *Indoor Built Environ*, 12, 427-433.
- Indoor Air Quality Management Group. (2003). *Guidance Notes for the Management of Indoor Air Quality in Offices and Public Spaces*. The Government of Hong Kong, Hong Kong.
- ISO 14644. (2010). *Cleanrooms and associated controlled environments - Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration*. International Organization for Standardization.
- ISO 7730. (2005). *Ergonomics of the Thermal Environment - Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria*. International Organization for Standardization.
- Jones, A. (1999). Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*, 33, 4535-4564.
- Kampa, M., e Castanas, E. (2007). Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, 151, 362-367.
- Kataoka, H., Ohashi, Y., Mamiya, T., Nami, K., Saito, K., Ohcho, K., et al. (2012). Indoor Air Monitoring of Volatile Organic Compounds and Evaluation of Their Emission from

- various Building Materials and Common Products by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. In D. M. Mohd, *Advanced Gas Chromatography - Progress in Agricultural, Biomedical and Industrial Applications* (pp. 161-183). Rijeka, Croatia: inTech.
- Kim, K.-H., Jahan, S. A., e Lee, J.-T. (2011). Exposure to Formaldehyde and Its Potential Human Health Hazards. *Journal of Environmental Science and Health*, 29, 277-299.
- Koistinen, K., Kotzias, D., Kephlopoulos, S., Schlitt, C., Carrer, P., Jantunen, M., et al. (2008). The INDEX project: executive summary of a European union project on indoor air pollutants. *Allergy*, 63, 810-819.
- Leung, M., e H.S.Chan, A. (2006). Control and management of hospital indoor air quality. *Medical Science Monitor*, 12 (3), 17-23.
- Lignell, U. (2008). *Characterization of microorganisms in indoor environments*. Kuopio, Finland: Publications of the National Public Health Institute.
- LQAI. (2013). *Laboratório da Qualidade do Ar Interior, FCUP-FEUP*. Obtido em 12 de 11 de 2013, de http://paginas.fe.up.pt/~lqai/lqai_laboratorio.html
- Magalhães, A. M. (2009). *Avaliação do Contributo na Qualidade do Ar Interior Hospitalar da Humidade e dos Fungos*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Maksutut, M. (2007). *Indoor air quality management (IAQM): case study: emergency department of outpatient in hospital A*. Partial Fulfillment of the Requirements of Master of Science in Management Technology, Shinawatra University.
- Massa, A. C. (2010). *Auditoria à Qualidade do Ar Interior nos edifícios da Universidade do Minho em Azurém*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil. , Universidade do Minho, Guimarães.
- Mendes, A. C. (2008). Indoor Air Quality in Hospital Environments. *20th Congress of IFHE, XXVI Seminario de IH, Congresso Nacional*, (pp. 1-8). Barcelona.
- Monteiro, V. (7 de novembro de 2009). A QAI segundo a EN 13779. *Importância de uma boa filtragem na prevenção de doenças transmitidas por via aérea*. Porto, Portugal.
- Ohura, T., Amagai, T., Shen, X., Zhang, P., e Zhu, L. (2009). Comparative study on indoor air quality in Japan and China: Characteristics of residential indoor and outdoor VOCs. *Atmospheric Environment*, 43 (40), 6352-6359.
- Persily, A. K. (1997). Evaluation Building IAQ and Ventilation with Indoor Carbon Dioxide. *ASHRAE Journal*, 103, 1-12.
- PNCI. (2007). *Programa Nacional de Prevenção e Controlo da Infecção Associada aos Cuidados de Saúde*. Direção Geral de Saúde, Lisboa.
- Pope, C. A., e Dockery, D. W. (2006). Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *Journal of the Air e Waste Management Association*, 56, 709-742.

- Portaria n.º 353-A/2013. (4 de dezembro de 2013). Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social.
- Quadros, M. E., Lisboa, H. d., Oliveira, V. L., e Schirmer, W. N. (2009). Qualidade do ar interno em ambientes hospitalares. *Rev. Tecnológica*, 30, 38-52.
- Ramos, C. A. (2013). *Qualidade do ar interior em ginásios - exposição a poluentes do ar interior a atividade física*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Gestão Integrada da Qualidade, Ambiente e Segurança., Instituto Superior de Educação e Ciências, Lisboa.
- Santos, J. P. (2008). *Avaliação experimental dos níveis de qualidade do ar interior em quartos de dormir*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil. , Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica.
- Schirmer, W. N., Pian, L. B., Szymanski, M. S., e Gauer, M. A. (2008). Air pollution in internal environments and sick building syndrome. *Ciência e Saúde Coletiva*, 3583-3590.
- Sobotová, L., Nosková, T., Voleková, J., e Ághová, L. (2006). Practical Training on Nosocomial Infections in a Hospital Environment. *Indoor and Built Environment*, 15 (1), 73-76.
- Spengler, J. D., Samet, J. D., e McCarthy, J. F. (2001). *Indoor Air Quality Handbook*. McGRAW-HILL Education.
- Sterling, E. (1993). Indoor Air Quality for Hospitals. *CHES/SCHI*, 13 (4), 9-15.
- Sundell, J. (2004). On the history of indoor air quality and health. *Indoor Air*, 14 (2), 51-58.
- Sundell, J., Levin, H., Nazaroff, W. W., Cain, W., Fisk, W. J., Grimsrud, D. T., et al. (2011). Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature. *Indoor Air*, 21 (3), 191-204.
- Tennant, C. (2001). Work-related stress and depressive disorders. *Journal of Psychosomatic Research*, 51, 697-704.
- Vermont Department of Health. (2013). *Web site de Vermont Department of Health*. Obtido em 19 de Novembro de 2013, de A Vermont Government Website: http://healthvermont.gov/enviro/indoor_air
- Viegi, G., Simoni, M., Scognamiglio, A., Baldacci, S., Pistelli, F., Carrozzi, L., et al. (2004). Indoor air pollution and airway disease. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 12 (12), 1401-1415.
- Wan, G. H., Chung, F. F., Tang, C. S., Shan, K., e Sinjhuang. (2011). Long-term surveillance of air quality in medical center operating rooms. *American Journal of Infection Control*, 39 (4), 302-309.
- Wang, S., Ang, H., e Tade, M. O. (2007). Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: Stat of art. *Environment International* 33, 33, 694-705.

- WHO. (2002). *Prevention of hospital-acquired infections - A Practical Guide*. World Health Organization, Lyon, France.
- WHO. (2005a). *Air Quality Guidelines - Global Update 5*. World Health Organization, Copenhagen, Denmark.
- WHO. (2005a). *Air Quality Guidelines - Global Update 5*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- WHO. (2005b). *Diretrizes da OMS sobre higienização das mãos na assistência à saúde*. World Health Organization, Copenhagen, Denmark.
- WHO. (2006a). *Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality*. World Health Organization, Copenhagen, Denmark.
- WHO. (2009). *WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould*. World Health Organization, Copenhagen, Denmark.
- WHO. (2010). *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. World Health Organization, Copenhagen, Denmark.
- WHO. (2013). *Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP Project*. World Health Organization, Copenhagen, Denmark.
- WHO. (2013a). *World Health Organization*. Obtido em 21 de 10 de 2013, de www.who.int/indoorair
- Wolkoff, P., e Nielsen, G. D. (2001). Organic compounds in indoor air - their relevance for perceived indoor air quality? *Atmospheric Environment*, 35, 4407-4417.

ANEXOS

Anexo 1

Inquérito sobre a Qualidade do Ar Interior no Hospital São Bernardo no âmbito do projecto de investigação EFICARE

Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas

Data:

CARATERIZAÇÃO INDIVIDUAL

1. Nome (opcional):

2. Idade: _____

3. Género: Feminino Masculino

4. Nº de telefone (opcional): _____

5. Concelho onde vive: _____ Freguesia onde vive: _____

6. Profissão: _____

7. Qual o nível máximo de educação que completou? _____

8. **Como** se desloca e **quanto tempo** leva ao seu local de trabalho?

Carro/Táxi, ____ min Comboio, ____ min Autocarro, ____ min Mota, ____ min

A pé, ____ min Bicicleta, ____ min Outro, ____ min

9. Bebe **café**? Sim Não **Quantos** cafés bebe por dia? _____

10. Bebe **chá**? Sim Não **Quantos** chás bebe por dia? _____

11. É **fumador**? Sim Não Há **quanto tempo** fuma (*estimativa*)? _____

12. **Quantos cigarros** fuma por dia (*estimativa*)? _____

13. Se já foi fumador, há quanto tempo **deixou** de fumar? _____

14. **Alguém fuma** em sua casa?

Sim Não

15. Bebe **álcool**? Sim Não **Especifique quantos copos** bebe por semana para cada bebida (*estimativa*):

Cerveja_____ Vinho_____ Bebidas destiladas (vodka, whiskey etc)_____

16. Quantos **dias por semana** pratica exercício físico?_____

17.Quanto **tempo**, em média, demora a **sessão de exercício**?_____

18. Em sua casa são utilizadas **velas, incensos ou ambientadores, pelo menos uma vez por semana**?

Sim Não

19. Tem algum **animal doméstico**?

Sim Não Quantos?_____ Qual?_____

20. Qual o tipo de **habitação**?

Vivenda Apartamento

21. Caso seja um apartamento, qual o **andar**?_____

22. Qual é a **distância (m)** da sua casa a uma rua de maior movimento (rua principal, estrada nacional, etc) ?_____

23. Para cada uma das seguintes questões e doenças/problemas, preencha o Quadro:

	23.1 Atualmente sofre de algum dos seguintes problemas de saúde/doença?	23.2 Quando lhe foi diagnosticado pela primeira vez (<i>ano</i>)?	23.3 Recebeu tratamento médico, incluindo medicamentos nos últimos 12 meses ?	23.4 Recebeu tratamento médico, incluindo medicamentos nas últimas 4 semanas ?
Enxaqueca	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano:_____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Asma	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano:_____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Eczema	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano:_____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Alergia	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano:_____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Colesterol	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano:_____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	23.1 Atualmente sofre de algum dos seguintes problemas de	23.2 Quando lhe foi diagnosticado pela primeira	23.3 Recebeu tratamento médico, incluindo	23.4 Recebeu tratamento médico, incluindo

	saúde/doença?	vez (<i>ano</i>)?	medicamentos nos últimos 12 meses ?	medicamentos nas últimas 4 semanas ?
Hipertensão Arterial	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano: _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Diabetes	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano: _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Depressão	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano: _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Ansiedade	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano: _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Problemas Cardíacos	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano: _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Problemas Respiratórios	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano: _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Problemas Psiquiátricos	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Ano: _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

24. **Especifique** o problema/doença que tem:

Alergia _____

Problemas Cardíacos _____

Problemas Respiratórios _____

Problemas Psiquiátricos _____

CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE TRABALHO

25. **Quando** começou a trabalhar no Hospital **S. Bernardo** (*ano*)? _____

26. **Quando** começou a trabalhar na **Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas** (*ano*)? _____

27. Em média **quantas horas** por **semana** trabalha no hospital? _____

28. Em média **quantas horas** por **semana** trabalha na **Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas**? _____

29. Qual o **local** onde passa **mais tempo** na Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas? _____

30. Trabalha **noutro** serviço?

Sim

Não

Qual? _____

31. Usa **computador** na **Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas**?

Sim

Não

32. Em média, na Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas, **quantas horas** por semana opera no computador? ___

33. Usa **óculos** ou **lentes de contacto**?

Sim

Não

34. Preencha a seguinte tabela referente aos parâmetros de **conforto** e **bem-estar** na **Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas**.

Temperatura	<input type="checkbox"/> Demasiado fria <input type="checkbox"/> Confortável <input type="checkbox"/> Demasiado quente	
	<input type="checkbox"/> Varia demasiado durante o dia	<input type="checkbox"/> Sem grandes variações
Circulação do ar	<input type="checkbox"/> Correntes de ar	<input type="checkbox"/> Sem ventilação
Qualidade do ar	<input type="checkbox"/> Húmido <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Seco	
	<input type="checkbox"/> Abafado <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Arejado	
	<input type="checkbox"/> Com odores	<input type="checkbox"/> Sem odores
	<input type="checkbox"/> Satisfatória	<input type="checkbox"/> Insatisfatória
Luz Natural	<input type="checkbox"/> Satisfatória	<input type="checkbox"/> Insatisfatória
Luz artificial	<input type="checkbox"/> Satisfatória	<input type="checkbox"/> Insatisfatória
Reflexos/Brilho	<input type="checkbox"/> Reflexos	<input type="checkbox"/> Sem reflexos
Iluminação Global	<input type="checkbox"/> Satisfatória	<input type="checkbox"/> Insatisfatória
Ruído no exterior do edifício	<input type="checkbox"/> Não incomodativo	<input type="checkbox"/> Incomodativo
Ruído no interior do edifício	<input type="checkbox"/> Não Incomodativo	<input type="checkbox"/> Incomodativo
Ruído Global	<input type="checkbox"/> Satisfatório	<input type="checkbox"/> Insatisfatório
Vibrações	<input type="checkbox"/> Satisfatórias	<input type="checkbox"/> Insatisfatórias

Conforto Global	1	2	3	4
	Insatisfatório <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Satisfatório			

35. Se considerou o **Conforto Global abaixo de 3**, qual considera ser a razão? (**Assinale com uma cruz o/os motivo/os**).

Temperatura	<input type="checkbox"/> Demasiado fria	<input type="checkbox"/> Demasiado quente
	<input type="checkbox"/> Varia demasiado durante o dia	<input type="checkbox"/> Sem ventilação
Circulação do ar	<input type="checkbox"/> Muita corrente de ar	<input type="checkbox"/> Sem correntes de ar
Qualidade do ar	<input type="checkbox"/> Húmido	<input type="checkbox"/> Seco
	<input type="checkbox"/> Abafado	<input type="checkbox"/> Com odores
Luz	<input type="checkbox"/> Demasiada Luz	<input type="checkbox"/> Pouca Luz
Reflexos/Brilho	<input type="checkbox"/> Demasiados reflexos/brilho do sol e céu	
	<input type="checkbox"/> Demasiado brilho da iluminação artificial	
Ruído	<input type="checkbox"/> Demasiado ruído no exterior do edifício	
	<input type="checkbox"/> Demasiado ruído no interior do edifício	
Vibrações	<input type="checkbox"/> Demasiadas Vibrações	

36. Pensa que a sua **produtividade** pode ser influenciada pelas condições ambientais da **Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas**? Sim Não

37. Se sim, estime em que aspeto _____

38. Qual das **estações do ano** associa a problemas com a qualidade do ar interior na **Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas**?

Inverno Primavera Verão Outono Não se aplica

39. Qual a **altura do dia** em que os problemas de qualidade do ar interior são mais notórios?

Manhã Tarde Noite O dia todo Não se aplica

40. Alguma vez você ou os seus colegas fizeram **pedidos para uma melhoria** em algum aspecto na Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas (aquecimento, ventilação, ar condicionado)?

Sim Não

Se sim, especifique: _____

41. Ficou satisfeito com a **velocidade de resposta**?

Satisfatória Insatisfatória Não se aplica

42. Ficou satisfeito com a **eficiência da resposta**?

Satisfatória Insatisfatória Não se aplica

SINTOMAS EM AMBIENTE DE TRABALHO

43. Para cada uma das seguintes questões e sintomas, preencha o Quadro:

	43.1 Já experienciou algum destes sintomas enquanto trabalhava na Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas (incluindo hoje)?	43.2 Nas últimas 4 semanas quantos dias experienciou os seguintes sintomas (nº)?	43.3 Na última semana quantos dias experienciou os seguintes sintomas (nº)?	43.4 Assinale se os sintomas melhoram quando está longe da Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas (fim-de-semana; férias).
Olhos secos	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Irritação nos olhos	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Nariz seco	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Corrimento nasal	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Garganta seca/irritada	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Dificuldades respiratórias	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Sintomas gripais	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Pele seca	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Irritação na pele	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Dores de cabeça	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Cansaço	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Tosse	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Espirros	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Pieira	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Batimentos Cardíacos irregulares	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

	43.1 Já experienciou algum destes sintomas enquanto trabalhava na Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas (incluindo hoje)?	43.2 Nas últimas 4 semanas quantos dias experienciou os seguintes sintomas (nº)?	43.3 Na última semana quantos dias experienciou os seguintes sintomas (nº)?	43.4 Assinale se os sintomas melhoram quando está longe da Enfermaria das Especialidades Cirúrgicas (fim-de-semana; férias).
Taquicardia (Batimentos acelerados)	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Bradycardia (Batimentos de baixa frequência)	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Catarro	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Nº _____	Nº _____	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

44. Se já experienciou algum sintoma que **não esteja listado**, por favor especifique: _____

45. Acredita que algum dos sintomas apresentados possa estar ligado com o seu ambiente de trabalho?

Sim Não

46. O seu trabalho exige muito de si fisicamente?

Sim Não

47. O seu trabalho exige muito de si psicologicamente?

Sim Não

48. Globalmente está satisfeito com o seu trabalho?

Sim Não

MUITO OBRIGADO PELA COLABORAÇÃO