

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

**AUDITORIA À QUALIDADE DO AR INTERIOR DE UM
EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – RSECE QAI**

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

FEDRA ALEXANDRA DE SOUSA VAQUERO MARADO FERREIRA

Mestrado em Engenharia Química

Ramo Tecnologias de Protecção Ambiental

Julho 2008

Orientador: Engenheira Rosa Maria Barbosa Rodrigues Pilão

Co-Orientador: Engenheiro João Lima Costa

**AUDITORIA À QUALIDADE DO AR INTERIOR DE UM
EDIFÍCIO DE SERVIÇOS – RSECE QAI**

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Este trabalho de estágio foi realizado na empresa GreenWatt – Energias Renováveis para Edifícios, no âmbito da disciplina de Dissertação/Estágio do Mestrado em Engenharia Química do DEQ/ISEP, com início em Fevereiro de 2008 e duração de 6 meses. A tarefa principal que me foi atribuída consistiu na realização de uma auditoria à qualidade do ar interior à empresa COCIGA S.A. – Construções Civas de Gaia, tendo como base o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE) e elaboração do respectivo relatório.

A primeira parte do trabalho consistiu no estudo do Regulamento e do funcionamento do sistema AVAC. Seguidamente foram seleccionados os equipamentos portáteis e os métodos analíticos de amostragem e quantificação dos diferentes parâmetros que permitem avaliar a qualidade do ar interior em edifícios. A fase de teste dos métodos analíticos e de optimização de condições de amostragem foi realizada, essencialmente, no laboratório de Tecnologia do DEQ/ISEP.

Na segunda fase do trabalho foram efectuadas as visitas à empresa a auditar para recolha das amostras de ar e medição dos diferentes parâmetros a quantificar. Foi feito o tratamento de resultados e iniciou-se a elaboração do respectivo relatório.

Na parte final do estágio, em paralelo com a redacção do relatório colaborei, também, na actividade normal da empresa.

Porto, de Julho de 2008

Agradecimentos

À orientadora, Engenheira Rosa Pilão que, com o seu saber e experiência, me orientou ajudando-me a dissipar dúvidas e a fazer opções nos momentos de incerteza.

Um agradecimento, muito especial, ao Engenheiro João Lima Costa pela sua disponibilidade e experiência sempre que necessitei.

À GreenWatt – Energias Renováveis para Edifícios, uma palavra de agradecimento pelo acolhimento e apoio no momento certo.

À COCIGA, S.A. – Construções Civas de Gaia, especialmente ao Engenheiro Vítor Ventura, pela inteira disponibilidade e amabilidade em todos os momentos.

À Doutora Valentina Rodrigues, pelo apoio e disponibilidade quando necessitei.

Por fim, a todos aqueles que directa ou indirectamente estiveram presentes e me acompanharam ao longo deste percurso, o meu sincero reconhecimento.

Resumo

O objectivo principal deste trabalho é a realização de uma auditoria, à qualidade do ar interior (QAI), a um edifício de serviços – COCIGA, SA, tendo como base o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE).

A auditoria QAI implica a medição de vários parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e também a inspecção aos componentes do sistema de climatização com a finalidade de averiguar o seu estado de limpeza e manutenção. Assim, foram seleccionados 3 espaços, para a realização de amostragens designados por Comercial - Produtos, AVAC e Mezaninne das oficinas, nos quais foi efectuada a medição de diversos parâmetros, de acordo com as imposições do RSECE, utilizando medidores portáteis ou recorrendo a métodos analíticos.

Relativamente aos parâmetros físicos, registaram-se valores de temperatura, para os três espaços estudados, entre os 21 e os 24 °C e valores médios de humidade relativa de cerca de 50 %. Outro parâmetro medido, e de grande importância para garantir o conforto dos ocupantes, foi a velocidade do ar nos postos de trabalho. De acordo com o RSECE este valor não deve ser superior a 0,2 m/s, o que se verificou em todos os pontos medidos. O último parâmetro físico medido foi a concentração de partículas (PM10) tendo-se obtido valores de cerca de 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ar}$, valor bastante inferior ao máximo permitido pelo RSECE (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ar}$).

Também no que diz respeito aos parâmetros químicos, ou seja, CO_2 , CO, formaldeído e ozono, não se verificaram valores superiores aos regulamentares. No caso do CO_2 , o valor máximo encontrado, nestes três espaços, foi de 745 ppm na Mezaninne das Oficinas e para o CO, na zona AVAC com uma concentração de 0,73 ppm. A medição do formaldeído registou valores perto dos 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ar}$ e o ozono apenas foi detectado, em concentração muito reduzida, na zona Comercial – Produtos.

Por fim, as concentrações de bactérias e fungos, de acordo com o RSECE, não devem ultrapassar as 500 UFC/ m^3ar (parâmetros microbiológicos). Em qualquer dos espaços, os valores medidos foram inferiores ao máximo legal, não ultrapassando as 50 UFC/ m^3ar .

Da avaliação do projecto AVAC, e através da medição dos caudais de insuflação/extracção em cada zona, concluiu-se que os seus valores não estão de acordo com os valores do projecto inicial que poderá ser imputada a uma insuficiência no funcionamento do sistema detectada na altura das medições. No que diz respeito ao estado de

limpeza do sistema AVAC, apenas foi possível inspeccionar as unidades de tratamento de ar, tendo-se constatado que se encontram em boas condições.

Ou seja, do ponto de vista do RSECE, e referindo-nos apenas à vertente da Qualidade do Ar Interior, o edifício em causa, cumpre todos os limites impostos para as concentrações de poluentes mas, apresenta algumas deficiências no que respeita aos caudais de ar novo insuflados em cada espaço.

Palavras – Chave: Certificação energética, poluição interior, QAI

Abstract

The aim of this work is to perform an indoor air quality (IAQ) audit in an office building – COCIGA S.A. This audit will be based in the new Portuguese standard RSECE, concerning the HVAC systems and the IAQ.

To perform an IAQ audit, and having in mind the evaluation of the cleanness and maintenance of the building and their systems, implies the measurement of several physics, chemical and microbiological parameters and also the HVAC components inspection. Thus, there were selected three spaces (Commercial - Products, HVAC and workshop Mezaninne) - where, using portable equipments or analytical methods, several parameters, according to the RSECE impositions, were evaluated.

In what come the physics parameters, temperature and relative humidity were measured, in the three spaces. There were obtained values between 21 and 24 °C for the temperature and a relative humidity around the 50 %.

Another relevant parameter that was evaluated was the air velocity near the workplaces. According with RSECE, its value cannot be higher than 0,2 m/s, which was verified in all the performed measurements. The last physics parameter evaluated was the PM10 particle concentration being the measured value around the 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ar}$, quite lower than the maximum allowed in RSECE (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ar}$).

Also in the chemical parameters, which mean, CO_2 , CO, formaldehyde and ozone, there were not achieved values higher than those in the standard. For CO_2 , maximum measured value, in the three spaces, was 745 ppm in the Mezaninne and, for CO, in HVAC zone, 0,73 ppm concentration. The formaldehyde measurements results were around the 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{air}$ and ozone was detected only in the Commercial zone with a very low concentration.

At last, the bacteria and fungi concentration which, according with RSECE, cannot be higher than 500 UFC/ m^3air (microbiologic parameters). In all the spaces, the obtained values were lower than the legal ones, never getting higher than 50 UFC/ m^3air .

From the evaluation of the HVAC project, and through the airflows measurements in each zone, it was concluded that there values are different from those in the initial project and, in what comes the cleanness of the system, it is in good conditions.

From the RSECE point of view, and in what is related with the IAQ strand, the building meets all the pollutants imposed maximum values but presents some insufficiencies in what come the fresh air airflows in each audit space.

Keywords: Energetic Certification of buildings, indoor air pollution, IAQ

Índice

1. Introdução.....	1
1.1 Estrutura do Trabalho.....	3
2. Enquadramento Legal	5
2.1 Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE)	5
2.2 A nova legislação	7
2.3 Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE.....	8
2.4 Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios-RSECE..	8
2.5 Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior.....	9
3. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios – RSECE	11
3.1 Aplicação do RSECE	12
Análise do Projecto.....	12
Análise do que foi construído	14
Auditoria às Condições de Manutenção e Funcionamento	15
4. Qualidade do Ar Interior – QAI	19
4.1 Garantia da Qualidade do Ar Interior	21
Taxas de Renovação de Ar e Caudal de Ar Novo – Excepções	21
Eliminação e diluição de poluentes	22
4.2 Problemas da Qualidade do Ar Interior	23
5. Caracterização de Atmosferas Interiores	25
5.1 Parâmetros Físicos	26
Temperatura	27
Humidade	28
Taxa de Renovação do Ar/Velocidade do Ar	29
Partículas (PM) - RSECE: C (PM10) <150µg/m ³	29
5.2 Parâmetros Químicos.....	30
Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) - RSECE: C (COV's) <600µg/m ³	30
Formaldeído - RSECE: C (Formaldeído) <100µg/m ³	32

Dióxido de Carbono (CO ₂) - RSECE: C (CO ₂) <1800mg/m ³	32
Monóxido de Carbono (CO) - RSECE: C (CO) <12,5mg/m ³	33
Ozono (O ₃) - RSECE: C (O ₃) <200µg/m ³	34
Radão (Rn) - RSECE: C (Rn) <400Bq/m ³	35
Fumo do Tabaco	36
5.3 Parâmetros Microbiológicos.....	36
Bactérias - RSECE: C (Bactérias) <500UFC/m ³	38
Fungos - RSECE: C (Fungos) <500UFC/m ³	38
Legionella - RSECE: C (Legionella) <100UFC/l.....	39
6. Sistemas AVAC.....	41
6.1 Componentes de um Sistema AVAC.....	42
6.2 Eficiência de Ventilação.....	46
Mistura.....	47
Pistão.....	47
Deslocamento.....	48
Pavimento Falso.....	49
Curto-Circuito.....	49
6.3 Plano de Manutenção Preventiva	50
7. Caracterização do Edifício	53
7.1 Identificação do Edifício	53
7.2 Localização Geográfica	53
7.3 Caracterização do Espaço.....	55
7.4 Sistemas AVAC	57
Caracterização do sistema	57
8. Auditoria à Qualidade do Ar Interior.....	61
8.1 Selecção do Ambiente a Auditar.....	61
8.2 Parâmetros medidos.....	65
8.2.1 Parâmetros Físicos	66
8.2.2 Parâmetros Químicos	73

8.2.3 Parâmetros Microbiológicos	76
8.3 Inspeção e Avaliação de limpeza do Sistema AVAC	79
9. Conclusões.....	83
9.1 Sugestões à COCIGA, S.A.	87
10. Bibliografia	89
ANEXOS.....	91
ANEXO I – Ar Exterior.....	93
ANEXO II – Plantas do edifício com representação da instalação Aerúlica	95
ANEXO III – Denominação das zonas e respectivas áreas da COCIGA.....	101
ANEXO IV – Valores reais de ocupação do espaço e locais de amostragem para cada substância.....	103
ANEXO V- Cálculo dos Caudais Mínimos de Ar Novo de Projecto e Reais	105
ANEXO VI – Plano de Manutenção	107
ANEXO VII - Valores de medidos de temperatura, humidade relativa, CO ₂ e CO	109
ANEXO VIII – Unidades Formadoras de Colónias de bactérias e fungos	111
ANEXO IX – Equipamento.....	113
ANEXO X – Procedimentos Experimentais	119
ANEXO XI - Cálculo da concentração de matéria particulada.....	123
ANEXO XII - Cálculo da concentração de Formaldeído no ar	125
ANEXO XIII - Cálculo da Taxa de Renovação do ar teórica e real.....	127
ANEXO XIV – Check – list e Certificado Energético.....	129

Índice de Figuras

Figura 4-1 – Fase de preparação do Projecto – garantir a QAI. (5)	20
Figura 5-1 – Intervalos de Temperatura Operativa aceitável para espaços naturalmente condicionados. (10)	27
Figura 5-2 - Intervalos de Temperatura Operativa aceitável para espaços com ar condicionado. (10)	28
Figura 5-3 – Imagem representativa de uma molécula de formaldeído.	32

Figura 5-4 – Representação da fórmula química, estrutural e modelo espacial da molécula de dióxido de carbono.....	32
Figura 5-5 – Imagem representativa de uma molécula de ozono.	34
Figura 5-6 – Representação do decaimento reactivo do urânio – 238 e do tório – 232. ...	35
Figura 5-7 - Representação dos valores médios anuais de radão por concelho.	36
Figura 5-8 – Fotografia microscópica da bactéria <i>legionella pneumophila</i>	39
Figura 6-1 – Unidades de Tratamento de Ar (UTA's) vista externa e interna, respectivamente.	42
Figura 6-2 – Fotografias do Chiller Bomba de Calor da COCIGA S.A.....	43
Figura 6-3 – Exemplos de filtros de ar utilizados em sistemas AVAC.	44
Figura 6-4 - Exemplos de condutas de ar utilizadas em sistemas AVAC.	44
Figura 6-5 – Figura representativa de um humidificador evaporativo.	45
Figura 6-6 – Esquema representativo da estratégia de ventilação tipo mistura.	47
Figura 6-7- Esquema representativo da estratégia de ventilação tipo pistão.	48
Figura 6-8 - Esquema representativo da estratégia de ventilação tipo deslocamento.....	48
Figura 6-9 - Esquema representativo da estratégia de ventilação tipo pavimento falso...	49
Figura 6-10 - Esquema representativo da estratégia de ventilação tipo curto-circuito.	50
Figura 7-1 – Fotografia aérea da empresa a auditar (COCIGA) (Google Earth).	54
Figura 7-2 – Vista Este, Sul e Norte da COCIGA S.A., respectivamente.	54
Figura 7-3 – Planta do piso de escritórios (piso 1) dividida por zonas (zona 12 – piso intermédio).	55
Figura 7-4 – Planta dos pisos intermédios no armazém e oficinas (piso 0), respectivamente, zona 13 e 14.	56
Figura 7-5 – Planta do armazém e oficinas (piso 0).....	56
Figura 8-1 – Vista do tecto da Comercial – Produtos, assinaladas a grelha de insuflação e uma das cassetes de 4 vias.	63
Figura 8-2 – Grelha de Extracção – Comercial – Produtos.....	63
Figura 8-3 - Vista do tecto da Comercial – Produtos, assinaladas a grelha de insuflação e uma das cassetes de 4 vias.	65
Figura 8-4 – Valores de Temperatura registados nos locais sob estudo e no exterior.	67
Figura 8-5 - Valores de Humidade registados nos locais sob estudo.	67
Figura 8-6 – Concentração de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) no exterior e nas áreas em estudo.	69
Figura 8-7 – Valores de CO ₂ medidos nos locais sob estudo.	73
Figura 8-8 - Valores de CO medidos nos locais sob estudo.	74
Figura 8-9 – Esquema da instalação para recolha do formaldeído.....	75
Figura 8-10 - Valores de CH ₂ O medidos nos locais sob estudo.	76
Figura 8-11 – Esquema da instalação para recolha de microrganismos.	76

Figura 8-12 – Cultura de bactérias e colónias, respectivamente.....	77
Figura 8-13 – Contagem das bactérias e fungos (UFC/m ³) obtidos nos locais sob estudo.	78
Figura 8-14 – Ventiloinvector que introduz ar novo nos espaços, à esquerda. À direita, filtro que condiciona a entrada de poeiras no espaço.	80
Figura 8-15 – Vistas da Unidade de tratamento de ar.....	80
Figura 8-16 – Unidade de tratamento de ar: entrada de ar – insuflação e saída do ar – extracção, respectivamente.....	81
Figura 8-17 – Vista dos pré-filtros da unidade de tratamento de ar.	81
Figura 8-18 – Vista do filtro de mangas da unidade de tratamento de ar.....	81
Figura 8-19 – Vista do permutador da UTA.....	82
Figura 8-20 – Vista da Unidade de tratamento de ar que alimenta a Mezaninne das Oficinas.....	82

Figura A. 1 - Planta representativa do piso de escritórios com respectiva rede aerúlica. ...	
Figura A. 2 - Planta representativa da Mezaninne dos escritórios com respectiva rede aerúlica.	
Figura A. 3 - Planta representativa das oficinas/armazém com respectiva rede aerúlica. ...	
Figura A. 4 - Planta representativa da Mezaninne das oficinas/armazém com respectiva rede aerúlica.	
Figura A. 5 – Equipamento utilizado para medição de humidade e temperatura – teste 625.....	113
Figura A. 6 – Equipamento usado no método gravimétrico para quantificação de partículas.	114
Figura A. 7 – Equipamento utilizado na medição da velocidade do ar – teste 445.	114
Figura A. 8 – Equipamento de medição de CO e CO ₂ – teste 400.....	115
Figura A. 9 – DR 2000, equipamento utilizado na quantificação do formaldeído.....	116
Figura A. 10 – Aeroqual série 200, equipamento utilizado na quantificação do ozono. ...	116
Figura A. 11 – Balómetro, equipamento utilizado para a medição dos caudais.....	117

Índice de Tabelas

Tabela 3-1 - Limites máximos admissíveis das concentrações interiores (6)	18
Tabela 5-1 - Exemplos de Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) emitidos por materiais de construção. (5).....	31
Tabela 5-2 – Exemplos de Compostos Orgânicos Voláteis de origem Microbiológica (MCOV's) e fontes emissoras.....	31

Tabela 5-3 - Alguns bioaerossóis e suas origens.	37
Tabela 8-1 – Valores da taxa de ocupação por área nos locais sob estudo.....	62
Tabela 8-2 – Valores de velocidade do ar medidos nos locais em estudo.	70
Tabela 8-3 – Caudais mínimos de ar novo – sector de serviços.	71
Tabela 8-4 – Caudais de ar novo teóricos por área e por taxa de ocupação, caudais de projecto e reais.....	71
Tabela 8-5 – Taxas de Renovação de Ar Novo.	72
Tabela A. 1 – Valores da Qualidade do Ar Exterior retirados da Agência Portuguesa do Ambiente de dia 3 a 7 de Abril.	93
Tabela A. 2 - Valores da Qualidade do Ar Exterior retirados da Agência Portuguesa do Ambiente de dia 20 a 22 de Abril.	94
Tabela A. 3 – Dados referentes ao piso de escritórios – piso 1.....	101
Tabela A. 4 - Dados referentes ao piso de escritórios – piso 1, zonas comuns.	101
Tabela A. 5 - Dados referentes ao piso de escritórios – piso 1, zonas comuns.....	101
Tabela A. 6 - Dados referentes ao piso Intermédio – Mezaninne.	102
Tabela A. 7 - Dados referentes ao piso de armazém/oficinas – piso 0.....	102
Tabela A. 8 - Valores reais de ocupação do espaço e locais de amostragem para cada substância nos escritórios.	103
Tabela A. 9 - Valores reais de ocupação do espaço e locais de amostragem para cada substância no piso intermédio – Mezaninne dos escritórios.	103
Tabela A. 10 - Valores reais de ocupação do espaço e locais de amostragem para cada substância no piso intermédio – Mezaninne das oficinas.	103
Tabela A. 11 – Valores calculados para os caudais mínimos de ar novo.....	105
Tabela A. 12 – Valores de temperatura e humidade relativa medidos nos locais.	109
Tabela A. 13 – Valores de CO ₂ e CO medidos nos locais em estudo no dia 7 de Abril.	109
Tabela A. 14 – Condições de amostragem das bactérias.....	111
Tabela A. 15 - Condições de amostragem dos fungos.	111
Tabela A. 16 – Valores de massa pesados antes e após amostragem.	123
Tabela A. 17 – Valores de massa pesados antes e após amostragem.	124

Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
ASHRAE	American Society of Heating, refrigeration and Air-Conditioning Engineers
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
COMV	Compostos Orgânicos Muito Voláteis
COSM	Compostos Orgânicos Semi Voláteis
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
COVT	Compostos Orgânicos Voláteis Totais
ETS	Environmental Tobacco Smoke
FID	Detector por Ionização de Chama
GC	Cromatografia Gasosa
MS	Espectrometria de Massa
OMS	Organização Mundial de Saúde
PID	Detector de Foto Ionização
PM10	Matéria particulada com diâmetro inferior a 10 µm
QAI	Qualidade do Ar Interior
SED	Síndrome do Edifício Doente
UTA	Unidade de Tratamento de Ar

Unidades

µg	Micrograma
g	Gramma
L	Litro
m	Metro
m³	Metro cúbico
µm	Micrómetro
ppm	Fracção molar em partes por milhão
RPH	Renovações Por Hora
s	Segundo
UFC	Unidades Formadoras de Colónias

1. Introdução

Actualmente, as pessoas passam muito mais tempo no interior dos edifícios do que no seu exterior. Este facto levou a uma maior preocupação e, conseqüentemente, a um estudo aprofundado sobre quais as fontes de poluição do ar interior e quais os poluentes presentes, normalmente, numa atmosfera interior.

Num edifício, os poluentes surgem de dois tipos de fontes: os que entram no edifício provenientes do seu exterior e os que são gerados internamente. As fontes exteriores podem incluir as exaustões dos edifícios, emissões dos veículos, processos industriais, actividades construtivas, entre outras. As fontes interiores incluem a manutenção do edifício, a actividade nele desenvolvida, produtos químicos e solventes usados na limpeza, renovações no edifício, mobiliário novo e equipamento usado no interior.

Estas fontes de poluição devem estar bem localizadas e controladas para, assim, se assegurar uma boa qualidade do ar interior.

Foi, não só nesta perspectiva, mas também pelo facto de se querer melhorar a eficiência dos edifícios a nível energético, que apareceu o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE).

O SCE (D.L. n.º 78/2006) integra um pacote legislativo composto ainda pelo RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (Decreto-Lei n.º 79/2006), e pelo RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (D.L. n.º 80/2006), todos publicados na mesma data e que, na prática, correspondem à transposição parcial da Directiva Europeia n.º 2002/91/CE, relativa ao desempenho energético dos edifícios, para a legislação Nacional.

A Certificação Energética tem como principal objectivo dar informação aos utentes sobre os potenciais consumos de energia, no caso dos novos edifícios, ou sobre os consumos reais, no caso de edifícios existentes sujeitos a grandes reabilitações.

A energia necessária para, num edifício, satisfazer os requisitos de climatização, aquecimento de água, iluminação, etc., depende de três tipos de factores: do comportamento dos utentes, nomeadamente do seu grau de exigência e padrão de utilização, do valor absoluto das necessidades de energia útil final, que ficam fixadas pelo próprio edifício e

pelo comportamento dos utentes e, finalmente, pela eficiência energética dos equipamentos utilizados para satisfação das necessidades referidas no ponto anterior.

Portanto, um mesmo edifício com os mesmos utentes pode exigir consumos de energia primária (e emissões de CO₂) totalmente distintos em função dos tipos de equipamentos instalados ou disponíveis no edifício.

Neste trabalho vamos centralizar-nos no RSECE, mais concretamente, na parte da Qualidade do Ar Interior (QAI) dos edifícios. A QAI envolve a medição de parâmetros físicos – temperatura, humidade relativa, velocidade do ar, taxa de renovação do ar, caudal mínimo de ar novo, partículas (PM10), parâmetros químicos – dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), formaldeído (CH₂O), compostos orgânicos voláteis (COV's), radão (Rn) e parâmetros microbiológicos – bactérias, fungos e legionella; estes parâmetros têm que encontrar-se dentro dos limites impostos pelo regulamento. Para além da quantificação e avaliação destes parâmetros, faz também parte da QAI, a inspecção ao sistema AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar - Condicionado) instalado no edifício, assim como a avaliação da sua limpeza.

Este trabalho foi desenvolvido em parceria com a GreenWatt – Energias Renováveis para Edifícios, empresa que pretende contribuir para uma construção energeticamente sustentável, onde a qualidade do ar interior impere, assegurando que as acções de manutenção necessárias a este objectivo sejam asseguradas durante a vida das infra-estruturas.

O estudo decorreu numa empresa – COCIGA, S.A. Construções Civas de Gaia, edifício de serviços com aproximadamente 50 anos, mas que sofreu obras recentemente (5 anos), tendo sido remodelado o seu interior no que respeita aos materiais de construção e à instalação do sistema AVAC. O objectivo do trabalho era avaliar a qualidade do ar interior, assim como, fazer a inspecção aos componentes do sistema de climatização e averiguar o seu estado de limpeza.

Para proceder à análise da QAI será necessária a quantificação dos parâmetros já focados anteriormente, para isso vão utilizar-se, não só instrumentos de medição directa, mas também, métodos laboratoriais desenvolvidos para as medições em causa.

Após análise dos resultados obtidos, quer dos parâmetros quantificados, quer do estado do edifício e sistema AVAC, ir-se-ão propor melhorias e alterações, se necessário, tendo em vista a melhoria da QAI no edifício.

1.1 Estrutura do Trabalho

Este relatório de estágio desenvolve-se ao longo de nove capítulos, tendo-se como principal objectivo a avaliação da QAI num edifício de serviços.

No capítulo 2, faz-se um enquadramento legal, introduzindo-se os regulamentos e a sua aplicação.

No capítulo 3, após uma introdução teórica ao RSECE, procede-se à descrição sobre a metodologia de aplicação do regulamento a edifícios de serviços existentes.

O capítulo 4 é dedicado à qualidade do ar interior nos edifícios, dando-se especial atenção aos problemas da QAI.

No capítulo 5, faz-se uma caracterização das atmosferas interiores, descrevendo-se quais os parâmetros a quantificar e porquê.

No capítulo 6 faz-se um estudo dos sistemas AVAC e qual o modo de actuação para a sua inspecção segundo o regulamento.

No capítulo 7, faz-se uma apresentação da empresa, com a caracterização do edifício, dos seus espaços interiores e respectivo sistema AVAC.

O capítulo 8 incide sobre a auditoria à qualidade do ar, propriamente dita, foca os parâmetros medidos, os métodos de medição, resultados obtidos e análise dos mesmos.

Por fim, no capítulo 9 apresentam-se as conclusões do trabalho efectuado, assim como, as propostas de melhoria à qualidade do ar interior no edifício. Este capítulo será encerrado com as sugestões à COCIGA, S.A.

2. Enquadramento Legal

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂ – quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto.

Para fazer face a esta situação, os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. É neste contexto que surge a Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios. A 4 de Abril de 2006 foram publicados em Diário da República (DR 67 - Série I - A) três diplomas que transpõem, parcialmente, para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho.

Estes diplomas contemplam importantes alterações legislativas e dos hábitos de projecto no sector dos edifícios, tais como: aprovação da criação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (DL n.º 78/2006), que se responsabiliza pela aplicação dos regulamentos térmicos para edifícios, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE) (DL n.º 79/2006) e o Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE) (DL n.º 80/2006).

2.1 Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE)

O Decreto-Lei nº 78/2006 aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) que tem em vista a melhoria do desempenho energético dos edifícios dentro da Comunidade, tendo em atenção o clima exterior e condições locais, assim como, as condições requeridas no ambiente interior e custos efectivos. (1)

Esta Directiva estabelece que os Estados membros da União Europeia devem implementar um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualida-

de térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, exigindo também que o sistema de certificação abranja igualmente todos os grandes edifícios que com mais frequência são visitados pelo público.

De acordo com a Directiva, a certificação energética deve permitir aos futuros utentes obter informação sobre os consumos de energia potenciais, no caso dos novos edifícios ou, no caso de edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, dos seus consumos reais ou aferidos para padrões de utilização típicos, passando o critério dos custos energéticos, durante o funcionamento normal do edifício, a integrar o conjunto dos demais aspectos importantes para a caracterização do edifício.

As inspeções no âmbito da certificação energética não se devem resumir ao desempenho energético de caldeiras e instalações de ar condicionado. Os sistemas de climatização devem, também, assegurar uma boa qualidade do ar interior, isento de riscos para a saúde pública e potenciador do conforto e da produtividade. O Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios (RSECE) e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) consubstanciam a actual legislação existente, que enquadra os critérios de conformidade a serem observados nas inspeções a realizar no âmbito deste sistema de certificação. (1)

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios é um dos três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios em Portugal. Juntamente com os diplomas que vieram rever o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, aplicável aos edifícios de habitação e o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril, a aplicar a edifícios de serviços, o SCE define regras e métodos para verificação da aplicação efectiva destes regulamentos às novas edificações, bem como, numa fase posterior, aos imóveis já construídos.

O SCE tem como finalidade:

- Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e às condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e no Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;

- Identificar as medidas correctivas, ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respectivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar – condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

Os hábitos de consumo de energia no sector dos edifícios têm vindo a sofrer alterações nos diferentes países da Comunidade Europeia. No caso dos países do sul da Europa, tem-se verificado um aumento da utilização efectiva do aquecimento ambiente e, também, da instalação de equipamentos de ar condicionado, com todas as implicações negativas que daí resultam, em termos de impacto ambiental, com o conseqüente aumento dos gases de efeito de estufa. Segundo a Directiva, deverá ser dada prioridade a estratégias que contribuam para melhorar o comportamento térmico dos edifícios durante o Verão e desenvolver-se mais as técnicas de arrefecimento passivo, principalmente as que permitem melhorar a qualidade do ambiente interior e o microclima em torno dos edifícios. (2)

2.2A nova legislação

Os regulamentos técnicos (RCCTE e RSECE) entraram em vigor a 4 de Julho de 2006, isso implica que todos os projectos submetidos, neste âmbito, às entidades licenciadoras, deverão cumprir as novas exigências regulamentares e incluir as fichas previstas para esse efeito nos Decretos-Lei nº 79 e nº 80 de 4 de Abril de 2006.

Estão abrangidos pelo Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) os seguintes edifícios:

- Os novos edifícios, bem como os existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação (> 25% do custo do edifício sem terreno), nos termos do RSECE e do RCCTE, independentemente de estarem ou não sujeitos a licenciamento ou a autorização, e da entidade competente para o licenciamento ou autorização, se for o caso;
- Os edifícios de serviços existentes, sujeitos periodicamente a auditorias, conforme especificado no RSECE [área > 1000m², regularmente em cada 6 anos (energia) ou 2, 3 ou 6 anos (qualidade do ar)];
- Os edifícios existentes, para habitação e para serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE. (3)

2.3 Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE

Este diploma aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e veio estabelecer requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente (paredes, envidraçados, pavimentos e coberturas), limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Este regulamento impõe limites aos consumos energéticos da habitação para a climatização e produção de águas quentes, num claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacto em termos de consumo de energia primária. A nova legislação determina, também, a obrigatoriedade da instalação de colectores solares e valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável na determinação do desempenho energético do edifício. (2)

2.4 Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios-RSECE

O Decreto-Lei nº 79/2006 aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios e veio definir um conjunto de requisitos aplicáveis a edifícios de serviços e de habitação dotados de sistemas de climatização, os quais, para além dos aspectos da qualidade da envolvente e da limitação dos consumos energéticos, abrangem também a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização dos edifícios, obrigando igualmente à realização de auditorias periódicas aos edifícios de serviços. Neste regulamento, a qualidade do ar interior surge também com requisitos que abrangem as taxas de renovação do ar interior nos espaços e a concentração máxima dos principais poluentes. (2)

O RSECE é o único regulamento que se aplica aos edifícios de serviços com mais de 1000m² ou que tenham mais de 25kW de potência instalada de climatização, qualquer que seja a sua área útil. Esta aplicação deve-se ao facto de os edifícios de serviços serem dominados pelos ganhos internos e, nestes casos, o aumento do isolamento pode levar a um agravamento de consumos de energia, razão pela qual não se lhes deve aplicar o RCCTE.

2.5 Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior

O Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior é um documento que quantifica o desempenho energético e qualifica a qualidade do ar interior de um edifício ou fracção autónoma. O certificado é emitido por um perito qualificado no âmbito do SCE no decurso do processo de pedido de licença ou autorização de utilização de um edifício ou, no caso de edifícios existentes abrangidos pelo RSECE, na sequência de auditorias periódicas aos consumos energéticos e/ou à qualidade do ar interior.

O Certificado Energético contém diversas informações tais como, a identificação do imóvel e do perito qualificado, etiqueta do desempenho energético, validade do certificado, descrição sucinta do imóvel, descrição das soluções adoptadas, valores de referência regulamentares, resumo/síntese de eventuais medidas de melhorias propostas, entre outros campos que são específicos do edifício considerado.

O processo de certificação envolve a actuação de um perito qualificado, o qual terá que verificar a conformidade regulamentar do edifício no âmbito do (s) regulamento (s) aplicáveis (RCCTE e/ou RSECE), classificá-lo de acordo com o seu desempenho energético, com base numa escala de A+ (melhor desempenho) a G (pior desempenho) e, eventualmente, propor medidas de melhoria para o desempenho energético e/ou qualidade do ar interior. Em resultado da sua análise o perito pode emitir:

- Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR), necessária para o pedido de licença de construção;
- Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior (CE) (ANEXO XIII), necessário para o pedido de licença de utilização ou, no caso de edifícios existentes, para venda ou aluguer do imóvel.

O prazo de validade dos certificados para os edifícios que estejam sujeitos ao RCCTE é de 10 anos. Relativamente aos edifícios sujeitos ao RSECE, o respectivo certificado será válido até à data em que o edifício deve ser sujeito a uma nova auditoria à qualidade do ar interior ou a uma nova auditoria energética. (4)

3. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios – RSECE

O RSECE – Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril – integra um pacote legislativo composto ainda pelo Decreto-Lei nº 78/2006 (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios - SCE) e o Decreto-Lei nº 80/2006 (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios - RCCTE), todos publicados na mesma data e que correspondem, na prática, à transposição para direito nacional da Directiva 2002/91/CE de 16 de Dezembro, relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios.

O RSECE de 2006, por integrar também as questões da Qualidade do Ar Interior (QAI), vai além do previsto na Directiva, exigindo a monitorização da QAI nos edifícios de serviços durante o seu funcionamento normal.

O novo regulamento aplica-se:

- A pequenos edifícios de serviços e edifícios de habitação com sistemas de climatização e com potência instalada superior a 25 kW (novos, grandes reabilitações e existentes);
- A grandes edifícios de serviços (novos, grandes reabilitações e existentes), com área útil superior a 1000 m², ou no caso de edifícios do tipo centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, com área superior a 500 m²;
- A novos sistemas de climatização com mais de 25kW de potência instalada em qualquer tipologia de edifícios (novos, grandes reabilitações e existentes). (4)

O RSECE estabeleceu como principais objectivos:

- A definição das condições de conforto térmico e da qualidade do ar interior (QAI) exigidas nos edifícios;
- A melhoria da eficiência energética de todos os sistemas energéticos dos edifícios abrangidos (novos, reabilitações e existentes);
- O estabelecimento de regras de eficiência nos sistemas de climatização;
- A monitorização das práticas de manutenção dos sistemas de climatização durante o seu funcionamento corrente;

- A monitorização da qualidade do ar interior nos edifícios durante o seu funcionamento corrente. (5)

O RSECE introduz alterações significativas na forma de conceber (elaboração do projecto), de construir (instalação e comissionamento) e de manter o sistema AVAC (aquecimento, ventilação e ar - condicionado), em funcionamento durante a sua vida (manutenção e auditorias), procura e demonstra a eficiência energética, garante a limpeza do sistema, na construção e no seu funcionamento, garante a permanência da qualidade do ar interior e apresenta uma documentação mais detalhada do projecto a licenciar, envolvendo a apresentação simultânea de outros projectos de especialidade.

O novo regulamento não abrange edifícios industriais, armazéns e similares não climatizados, igrejas e outros locais de culto, monumentos e edifícios classificados, infra-estruturas militares de acesso reservado e pequenos edifícios de serviços e residenciais com sistemas de climatização cuja potência instalada de aquecimento, arrefecimento ou águas quentes sanitárias seja inferior a 25kW.

Nas ampliações que não atinjam o limiar da definição de grande reabilitação, o RSECE aplica-se apenas à zona nova, ficando isentas as partes existentes do edifício ampliado, salvaguardando-se uma integração harmoniosa da parte nova e existente. (6)

3.1 Aplicação do RSECE

O RSECE é aplicado em diversos momentos da vida de um edifício, entre elas, aquando da obtenção da licença (autorização) de construção de novos edifícios ou grandes reabilitações – análise do projecto. Outro momento da vida do edifício em que o RSECE é aplicado é aquando da obtenção da licença de utilização no final da construção – análise do que foi construído. Por fim, o RSECE é aplicado durante o funcionamento normal do edifício – auditoria às condições de manutenção e funcionamento.

Análise do Projecto

Nesta fase, o projectista deve elaborar o projecto RSECE, em que, entre outras coisas, deve fazer um levantamento dimensional de cada fracção autónoma, deve satisfazer os requisitos mínimos de qualidade da envolvente, satisfazer os requisitos energéticos sob condições nominais de projecto, atender aos requisitos da qualidade do ar interior, isto é, garantir as taxas de renovação efectivas mínimas em cada espaço e, por fim, satisfazer os requisitos de qualidade dos sistemas energéticos e dos principais componentes.

No que diz respeito aos requisitos da QAI no projecto, a verificação de que o projecto permite obter a qualidade do ar interior imposta, passa pela verificação de fontes de poluição previstas, tais como:

- Materiais e acabamentos, equipamentos e processos previstos;
- Verificação das taxas de renovação efectivas previstas, espaço a espaço, tendo em conta os padrões de circulação – eficiência de ventilação;
- Verificação dos locais e condições de captação de ar novo;
- Verificação da exigência, por parte do projecto, de adequada limpeza durante a construção e montagem do sistema, bem como durante o funcionamento da instalação (manutenção).

Relativamente às fontes de poluição previstas, no caso de estarem presentes no edifício materiais não ecologicamente limpos, o sistema de ventilação deve estar previsto para assegurar uma taxa de renovação do ar efectiva 50% superior à especificada e deve notar-se que o sistema AVAC não tem necessariamente de funcionar com taxas de renovação agravadas em 50%, só tem que estar preparado para essa situação, caso tal se revele indispensável para que as concentrações interiores dos poluentes regulamentados pelo RSECE não sejam ultrapassadas. (5)

Consideram-se materiais não ecologicamente limpos, todos aqueles que não sejam certificados como ecologicamente limpos por laboratório reconhecido.

Deve confirmar-se se existem actividades a desenvolver no interior do edifício que sejam fontes potenciais de poluição, se for o caso, o projecto deve demonstrar que adopta medidas, como por exemplo, limpeza do ar e diluição por ventilação adequada, entre outros, para que não venham a ser excedidas as concentrações máximas admissíveis de poluentes. Se existirem actividades no exterior do edifício que possam ser fontes poluidoras, o projecto deve adoptar as estratégias necessárias para evitar a sua entrada no edifício, como por exemplo, recorrer a uma filtragem adequada.

No que diz respeito à verificação das taxas de renovação efectivas previstas, devem garantir-se os valores previstos para os caudais de renovação de ar em cada espaço, conforme ANEXO V do RSECE. (6)

Relativamente à verificação dos locais e condições de captação de ar novo, deve assegurar-se de que a captação é feita em local adequado, isto é, longe das exaustões do edifício ou de edificações vizinhas – distâncias mínimas a assegurar, e fora da influência destas nas condições de ventos predominantes, deve estar colocada a uma altura suficiente

que garanta que está fora da zona de influência de tráfego urbano ou outras fontes de poluição local, por exemplo, garagens, cozinhas, locais onde é permitido fumar, torres de arrefecimento, tendo em conta os ventos predominantes. A captação de ar em zonas interiores é desaconselhada, mas, caso seja essa a opção, terá de ser garantido que, no plano de manutenção, será exigida uma limpeza efectiva e franca ventilação da zona de captação do ar novo.

O projecto tem também que ter especificações no que respeita à limpeza adequada durante a construção e montagem do sistema, bem como durante o funcionamento da instalação. Relativamente às condutas e unidades de tratamento de ar (UTA's), o transporte tem que ser feito com tamponamento eficaz das extremidades das condutas e de aberturas de UTA's, o contínuo tamponamento das condutas e equipamentos montados é assegurado pela construção, de forma a evitar a deposição de lixo e poeiras no seu interior. No caso de componentes construídos no local, será garantida a limpeza respectiva, pelo interior, e revestimento por material que impeça a libertação de pó derivado dos próprios materiais de construção.

As especificações técnicas do projecto deverão exigir que só poderão ser utilizadas condutas que não sejam isoladas pelo interior, para que não exista contacto directo entre o material de isolamento e o ar circulante, devem estar previstos acessos para limpeza de toda a rede de condutas ou, em alternativa, deve garantir-se o acesso a “robots” de limpeza.

O projecto deve prever o fácil acesso, a filtros, baterias (permutadores de calor), tabuleiros de condensados, torres de arrefecimento, interior das UTAs, ventiladores e condutas, de forma a ser possível a manutenção destes componentes críticos para a qualidade do ar interior.

É nesta fase que se devem detectar todas as não conformidades do projecto, pois correcções em fase de obra ou no final da construção são muito mais dispendiosas e, por vezes, de muito difícil implementação.

Uma vez autorizada a construção, caso não haja qualquer alteração ao projecto em fase de construção, o Perito Qualificado assume também a sua quota-parte de responsabilidade por situações não conformes no final da construção. (5)

Análise do que foi construído

Nesta fase, faz-se a verificação da conformidade do projecto com o construído, assim como a verificação dos resultados dos ensaios de recepção e respectivo relatório.

Os ensaios de recepção permitem garantir que as condições de funcionamento dos sistemas de climatização, estão de acordo com o projectado. Na sua realização devem ser estabelecidas metodologias de execução e critérios de aceitação. Deverá ser efectuado um relatório adequado, comprovativo da data da sua realização, dos respectivos técnicos responsáveis, bem como dos resultados obtidos que satisfaçam os critérios pretendidos, devidamente pelo dono da obra ou seu representante.

É necessária uma declaração do responsável pela construção do sistema AVAC a declarar que há conformidade entre o projecto e o construído e que o sistema instalado cumpre o RSECE. Deve existir um dossier demonstrativo dos ensaios de recepção, devidamente quantificados e com identificação do responsável, assim como uma demonstração de Limpeza e Higiene do Sistema e QAI aceitável.

Deve confirmar-se a existência e analisar o conteúdo do Plano de Manutenção preparado para o sistema AVAC e para o edifício, garantindo que nele estão incluídos todos os requisitos.

Por fim, é emitido o 1º Certificado Energético e da QAI pelo Perito Qualificado. (5)


Auditoria às Condições de Manutenção e Funcionamento

O processo de licenciamento dos novos edifícios de serviços só fica concluído com uma auditoria que demonstre que o seu consumo real, em funcionamento normal, se enquadra nos limites máximos permitidos, esta auditoria deve realizar-se no final do 3º ano de funcionamento do edifício, em condições normais da sua utilização, e pode confirmar ou alterar a classe do Certificado Energético atribuído ao edifício.

Os grandes edifícios de serviços existentes ficam obrigados a fazer uma auditoria energética de 6 em 6 anos. Todos os edifícios de serviços, grandes e pequenos, ficam obrigados a uma auditoria QAI em cada 2, 3 ou 6 anos, consoante a tipologia do edifício. (5)

3.2 Auditoria QAI em Edifícios Existentes - Metodologia

Lista de pontos a seguir:

1. Caracterização do sistema de climatização;
2. Actividades exercidas no interior do edifício;
3. Identificação do tipo e distribuição do tipo de equipamentos no edifício;
4. Taxa de ocupação e distribuição das pessoas pelos espaços;
5. Efectuar, quando possível, um levantamento de eventuais reclamações dos ocupantes e verificar se essas reclamações são generalizadas ou se são específicas de um ponto da instalação;
6. Monitorização de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de acordo com o DL 79/2006;
7. Caso algum parâmetro esteja acima do valor recomendado, procurar identificar a origem do problema;
8. Emissão de relatório com conclusões e recomendações;
9. Cumprimento dos limites previstos  Certificado da QAI emitido pelo perito qualificado (ANEXO XIII).

Recolha prévia de informação:

- Definir a tipologia do edifício, horário de utilização, densidade de ocupação, equipamentos principais, etc;
- Obter a caracterização do edifício (plantas, alçados, etc.) – projecto de arquitectura;
- Obter caracterização dos sistemas de climatização (Projecto AVAC), com ênfase nos aspectos:
 - Distribuição de Ar (UTA's, redes de condutas, caudais, captação de ar novo, circulação interior);
 - Captação de ar novo;
 - Existência de equipamentos com potencial de existência de Legionella (torres de arrefecimento, humidificadores, etc.);
 - Equipamentos que necessitam de limpeza periódica.

- Obter cópia do Plano de Manutenção;
- Obter cópia do anterior certificado QAI e analisar as respectivas recomendações;
- Obter informação do responsável sobre a existência de queixas de QAI dos ocupantes – a confirmar na visita por entrevistas aleatórias aos ocupantes.

Planeamento da Auditoria:

No edifício o trabalho envolve várias tarefas:

- Verificação das concentrações típicas de poluentes na atmosfera na proximidade do edifício;
- Medição das concentrações dos poluentes definidos pelo RSECE;
- Análise dos registos de manutenção preventiva da QAI desde a última auditoria;
- Visita geral ao edifício, avaliando a qualidade do ambiente interior, verificando condições de limpeza, ausência de correntes de ar, conformidade com o que consta nos projectos, confirmar se há queixas relacionadas com a QAI por parte dos ocupantes.

Qualidade do Ar Exterior:

As medições devem ser efectuadas em períodos em que as concentrações ambientes (atmosféricas) no local sejam inferiores a metade dos níveis máximos permitidos pelo RSECE (CO, partículas – PM10, O₃);

Medição das concentrações no Interior:

- Devem seleccionar-se locais representativos no interior do edifício, de acordo com os critérios a definir pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) ou, até lá, baseado no seu melhor julgamento técnico e recomendações existentes;
- Os pontos a medir, normalmente ao nível da mesa de trabalho dos ocupantes, deverão ser escolhidas de entre:
 - Os locais onde há maior libertação de cada tipo de poluente;
 - Os locais onde a taxa de renovação de ar seja mais baixa;
- Devem pré-definir-se os locais de medição antes da deslocação ao edifício, com base nos elementos recolhidos, fazendo acertos no local se assim se justificar.

Limites máximos admissíveis das Concentrações Interiores (Tabela 3-1):

Tabela 3-1 - Limites máximos admissíveis das concentrações interiores (6)

Parâmetros	Concentração máxima de referência
Partículas suspensas no ar	0,15 mg/m ³
Dióxido de Carbono	1800mg/m ³
Monóxido de Carbono	12,5 mg/m ³
Ozono	0,2 mg/m ³
Formaldeído	0,1 mg/m ³
Compostos Orgânicos Voláteis	0,6 mg/m ³
Microrganismos - Bactérias	500UFC/m ³
Microrganismos - Fungos	500UFC/m ³
Legionella	100 UFC/l
Radão ¹	400Bq/m ³

Inspeção ao Sistema de Climatização:

- Devem inspeccionar-se os componentes críticos do sistema de climatização que têm impacto na QAI, e assegurar-se que não há desvios ao previsto:
 - Admissão de ar (pode ser medido o caudal admitido);
 - Limpeza de condutas (por amostragem);
 - Limpeza de UTAs, Filtros e Ventiladores;
 - Limpeza de superfícies de permutadores nas UTAs;
 - Limpeza de humidificadores, torres de arrefecimento e depósitos de condensados;
- Qualquer falta de limpeza deve justificar a recolha de uma amostra para análise e quantificação objectiva;
- Quaisquer anomalias ou desvios são, obrigatoriamente anotados no Relatório da Auditoria e comunicados ao SCE. (5)

¹ O Radão só se mede em certas Regiões do País – zonas graníticas.

4. Qualidade do Ar Interior – QAI

A preocupação com a qualidade do ar interior advém do facto, de hoje em dia, as pessoas passarem cada vez mais tempo dentro dos edifícios (residências, escritórios, escolas, etc.), ficando expostas à acção de uma variedade de poluentes existentes, estando relacionados, essencialmente, com os materiais usados na sua construção e manutenção, com os sistemas AVAC, com os ocupantes e com a qualidade do ar exterior.

Uma reduzida qualidade do ar interior pode ter consequências graves ao nível de efeitos sobre a saúde, nomeadamente ao nível de doenças respiratórias e de pele, alergias e doenças crónicas. Para além disso, pode afectar também os padrões de comportamento dos ocupantes, com reflexos significativos no bem-estar e produtividade dos mesmos.

O controlo da qualidade do ar interior nos edifícios é, sem dúvida, um problema de saúde pública que importa solucionar, em benefício de todos.

De acordo com a Associação Americana dos Engenheiros de Refrigeração, Ar Condicionado e Aquecimento² (ASHRAE), a QAI pode ser considerada aceitável se no ar interior não se verificam concentrações nocivas de contaminantes e se uma maioria substancial (mais que 80%) de pessoas expostas a um determinado ar interior, não apresenta desconforto em relação às condições de qualidade do ar interior. (4)

No interior de um edifício, as principais fontes responsáveis pela degradação da QAI são:

- Fumo de tabaco que liberta gases inorgânicos;
- Metais pesados;
- Partículas;
- Compostos orgânicos voláteis que estão presentes por exemplo: nos vernizes, tintas, espumas de isolamento e produtos de madeira prensada;
- Materiais de construção e isolamentos com fibras de amianto;
- Produtos de limpeza, responsáveis pela libertação de COV's;
- Sistemas de aquecimento, ventilação, sistemas de ar condicionado e humidificadores ineficientes e com problemas de manutenção, que libertam poluentes biológicos;
- Bioefluentes de seres humanos (ar expirado, suores);

² American Society of Heating Refrigeration Air Conditioning Engineers.

- Humidade quando em níveis elevados pois há riscos de condensação nas paredes e janelas, que danificam os edifícios e originam a formação de bolores e favorecem o desenvolvimento de outros microrganismos.

Relativamente à QAI o regulamento impõe um conjunto de regras que permitem/favorecem uma boa Qualidade do Ar Interior, entre elas, estipula caudais de ar novo mínimo para cada tipo de edifício e utilização, tipos e materiais de construção e valores máximos admissíveis para velocidade do ar nas zonas ocupadas.

No que diz respeito ao projecto AVAC e aos aspectos gerais relativos à qualidade, pretende-se garantir um bom funcionamento da instalação AVAC, isto é, espera-se que mantenha os ocupantes com conforto e QAI, e ainda, que a eficiência do sistema, na sua globalidade, seja a máxima possível para o tipo de sistema instalado. O sistema deve ser capaz de evitar a proliferação de substâncias nocivas aos ocupantes e não deve favorecer a degradação das infra-estruturas interiores/exteriores do edifício/zona ocupada.

Logo na fase de projecto deve minimizar-se a entrada de contaminantes no interior da instalação (Figura 4-1).

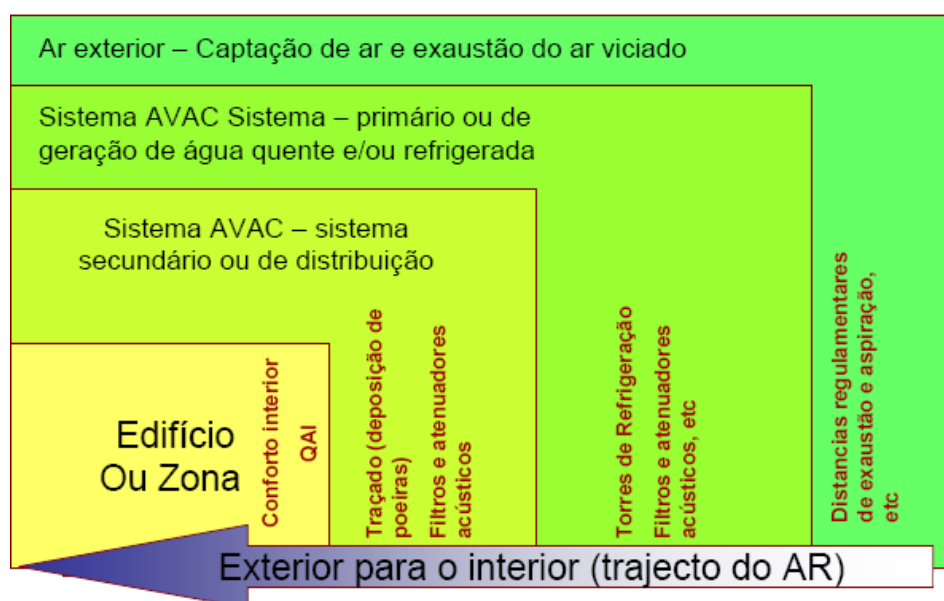


Figura 4-1 – Fase de preparação do Projecto – garantir a QAI. (5)

4.1 Garantia da Qualidade do Ar Interior

Taxas de Renovação de Ar e Caudal de Ar Novo – Excepções

Há no entanto algumas excepções que obrigam a alterações no que diz respeito ao caudal de ar novo, entre elas, a existência de fumadores que leva há necessidade de um caudal de ar novo de $60 \text{ m}^3/(\text{h.ocupante})$, a existência de materiais não ecologicamente limpos, ou acabamentos com elevado potencial de poluição ambiente, nestes casos, o sistema de ventilação deve ser projectado, para possibilitar um caudal real superior em 50%, relativamente aos fixados para condições normais.

Outra excepção diz respeito à presença de fontes de poluição internas anormalmente elevadas, como por exemplo, a existência de um centro de cópias, equipamento eléctrico (libertam ozono), máquinas fotocopiadoras de grande tiragem (libertam pós), zonas contaminadas (zona hospitalar), se se usarem plenums para retorno, é necessário garantir uma limpeza adequada dos mesmos ou, caso contrário, evitar que o ar seja usado como ar de retorno das UTA's.

Os parques de estacionamento situados nos pisos térreos dos edifícios, representam também grandes fontes de poluição interna, nestes casos, quando os elevadores estão acessíveis desde os pisos de estacionamento, é já obrigatória uma antecâmara em sobrepressão, para evitar que os movimentos dos elevadores promovam o efeito de êmbolo e arrastem os contaminantes desde os pisos dos parqueamentos.

Outras fontes de poluição interna são os WC's e as cozinhas, neste caso, deve recorrer-se a gradientes de pressão para evitar a migração de poluentes para as zonas ocupadas. Podem instalar-se pressostatos e ventiladores de caudal variável para implementar este tipo de sistemas, ou pode ser empregue uma simples estratégia de ventilação (insuflação e extracção).

Outra excepção é referente à poluição exterior, sendo necessária uma pré-avaliação dos solos e identificar factores de risco potenciais e reais, como por exemplo, se o terreno se situar numa zona granítica (emissão de radão), ou o solo se encontrar contaminado por metais pesados. As captações de ar exterior (incluindo janelas ou aberturas na envolvente dos edifícios) devem ser sempre colocadas de modo a nunca sofrerem a influência das fontes de poluição exterior, logo, devem ser evitadas, extracções de cozinhas, casas de banho, garagens e tráfego normal, respiros sanitários, sistemas AVAC, proximidades a torres de arrefecimento e às chaminés das caldeiras.

As tomadas do ar exterior devem ser localizadas tendo em consideração as direcções dos ventos dominantes, assim como as descargas para o exterior devem igualmente ter os mesmos cuidados.

Eliminação e diluição de poluentes

Um aspecto muito importante para garantir a QAI passa pela eliminação e diluição de poluentes, para isso, podem adoptar-se algumas medidas para não se atingirem os valores máximos de concentrações de poluentes apresentados pelo regulamento. Por exemplo, relativamente aos poluentes interiores, podem substituir-se os equipamentos problemáticos, utilizar métodos de diluição – caudais de ar mínimos adequados ou, utilizar métodos de remoção de poluição localizada. Quanto aos poluentes exteriores, pode evitar-se a entrada (afastamentos, ventos dominantes, etc.) e podem utilizar-se processos de remoção mecânica e química dos mesmos.

A eliminação dos poluentes pode também passar pela utilização de filtros, nos casos em que se usam caudais recirculados, de forma a evitar o aumento da poluição na zona climatizada. O projecto deverá prever os níveis de filtração adequados às necessidades da instalação a construir.

Relativamente às Unidades de Tratamento de Ar, há alguns cuidados necessários para garantir o seu bom funcionamento, entre eles, a escolha de filtros próprios e a existência de dois níveis dos mesmos, isto é, um de menor custo e outro de melhor qualidade. Deve efectuar-se o correcto projecto de todos os sistemas de drenagem para evitar a estagnação dos mesmos, em todos os drenos deve existir um sifão, os ventiladores devem ser de acoplamento directo e devem utilizar-se atenuadores acústicos, de preferência, que não libertem facilmente fibras, as caixas devem ser estanques para evitar a entrada de poeiras.

A limpeza dos sistemas é um factor de extrema importância no que respeita a QAI. Esta consegue-se, por exemplo, com o uso de componentes ecologicamente limpos no fabrico, transporte e instalação, o armazenamento do equipamento em locais limpos e devidamente protegido, os equipamentos devem ser resguardados após a sua instalação e, principalmente, se houverem paragens prolongadas durante a fase de instalação e as condutas devem ser estanques de forma a evitar ao máximo a entrada de poeiras.

Na fase de projecto é obrigatório especificar todos os procedimentos de limpeza dos equipamentos de AVAC no caderno de encargos. O projecto deve antecipar todas as

dificuldades em manter limpo o sistema de condutas, incluindo pormenores de traçado, acessórios, materiais de difícil limpeza, tipos de condutas, entre outros.

4.2 Problemas da Qualidade do Ar Interior

Os seres humanos necessitam de regular, continuamente, o fornecimento de água, alimento e ar ao seu organismo. As necessidades diárias de ar e água são, respectivamente, de 10-20 m³ e 1-2 litros. O livre acesso a ar e água de qualidade aceitável é um direito humano fundamental, reconhecido pela Organização Mundial de Saúde.

Acredita-se que a inalação de um poluente com concentração e tempos de exposição, abaixo dos valores limite aconselhados, não provoque efeitos adversos na saúde e, no caso de compostos com odores, não crie incómodos com consequências indirectas na saúde. No entanto, o cumprimento das recomendações não garante, por si só, a exclusão absoluta da ocorrência de efeitos a níveis abaixo dos valores limite. Por exemplo, grupos altamente sensíveis, como pessoas com doenças, ou outras limitações fisiológicas, podem ser afectadas por poluentes a níveis próximos dos valores limite.

Toda a informação relevante sobre os poluentes é cuidadosamente considerada durante o processo de estabelecer valores limites. Idealmente, os valores limite representam concentrações de compostos no ar que não provoquem nenhum efeito na saúde do ser humano. Realisticamente, para a avaliação dos riscos para a saúde humana necessitamos de distinguir entre segurança absoluta e risco aceitável.

A produção de um valor limite com alta probabilidade de oferecer segurança absoluta advém de um conhecimento detalhado da relação dose - resposta dos indivíduos relativamente às fontes de exposição, dos tipos de efeitos tóxicos escolhidos, da existência ou não de limites para efeitos tóxicos específicos, do significado as interações e da variação da sensibilidade e níveis de exposição dentro da população humana. A maioria das vezes, dados relevantes são escassos e as relações quantitativas incertas. O julgamento científico e o consenso representam um papel muito importante no estabelecimento de valores aconselhados, que podem ser usados para indicar níveis aceitáveis de exposição da população. (5)

A Qualidade do Ar é um indicador dos tipos ou quantidades de poluentes no ar que podem causar desconforto ou risco de efeitos adversos na saúde humana ou animal, ou causar estragos nas plantas. Esta é, habitualmente referenciada através da concentração

no ar de um ou mais poluentes e, normalmente, expressa-se através da concentração média ao longo de um certo período de tempo. (7)

A diminuição da permeabilidade dos edifícios e a introdução de novos materiais e técnicas de construção têm vindo a criar problemas, relativamente, à qualidade do ar nos ambientes interiores.

As técnicas de construção estão, juntamente com outros factores, na base dos problemas da QAI. Hoje em dia, os edifícios são construídos de forma a serem mais estanques, recorrendo-se a caixilharias duplas, entre outras coisas, o que leva a uma diminuição da ventilação, a construção é feita de forma acelerada, diminuindo-se os tempos de secagem dos materiais, isto leva a um aumento da humidade e das emissões de poluentes pelos materiais e, conseqüentemente, dão-se reacções de hidrólise nos mesmos e aparecem fungos, isto leva a emissões de compostos orgânicos voláteis de origem microbológica.

O uso de novos materiais, teoricamente mais modernos, como por exemplo os materiais sintéticos, que levam ao aumento das emissões de poluentes pelos materiais, são outro dos problemas no que respeita a QAI, assim como, o aumento do uso de aditivos no fabrico de materiais para aumentar o seu desempenho (retardadores de chama, secantes, anti-fúngicos).

Por fim, muitas vezes os produtos de manutenção/limpeza usados não são os mais adequados, havendo libertação de compostos prejudiciais para a QAI.

5. Caracterização de Atmosferas Interiores

Poluição do ar pode ser definida como a presença na atmosfera, interior e/ou exterior, de uma ou mais substâncias contaminantes cuja concentração e o tempo de permanência na atmosfera pode provocar danos nos humanos, ou interferir com o seu conforto e bem-estar.

O termo “exposição ao ar interior” é usado com frequência e pretende englobar tanto os contaminantes do ar, originados por fontes interiores, como os contaminantes provenientes do ar exterior e que entram nos edifícios através dos sistemas de ventilação ou, simplesmente, por janelas e portas abertas.

A importância das fontes de poluição interiores e da QAI na saúde humana deve-se a dois factores:

1. As fontes interiores estão muito mais próximas das pessoas que as fontes exteriores e a diluição dos contaminantes no interior situa-se apenas entre 1/100 e 1/1000, relativamente, à diluição de contaminantes no exterior;
2. A maioria das pessoas, nas sociedades industrializadas, passa uma grande percentagem do seu tempo em espaços fechados.

Para se tentar agir, no sentido da diminuição desta exposição, é necessário focar mais a atenção nos materiais que constituem o edifício, os equipamentos e as actividades, susceptíveis de poluir, que se desenvolvem no mesmo. (8)

A principal função de um edifício é fornecer um ambiente confortável para os seus ocupantes, isso inclui, entre outras coisas, conforto térmico, visual e acústico, assim como uma qualidade do ar interior boa.

No processo de um edifício, existem três vectores a serem tomados em conta: o conforto, a saúde e o ambiente, que se relacionam entre si.

O efeito dos poluentes do ar interior na saúde pode ser verificado pouco depois da exposição aos mesmos, ou até, alguns anos depois. Os efeitos imediatos, ou a curto prazo, incluem as irritações dos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça e fadiga, estes efeitos podem ser verificados após apenas uma exposição e pode ser resolvido com a eliminação da fonte poluente. Por outro lado, os efeitos a longo prazo podem ser muito graves e

levar mesmo à morte, entre eles encontram-se as doenças respiratórias, cardíacas e cancro, estes efeitos podem ser observados após anos, ou repetidos períodos de exposição. (8)

O termo “Síndrome do Edifício Doente” (SED) é utilizado quando nos referimos a edifícios cujos ocupantes apresentam um conjunto lato de sintomas médicos, desconforto ambiental e queixas face a odores desagradáveis. Hoje em dia descreve, mais precisamente, irritações das membranas mucosas, sintomas do sistema nervoso central, rigidez do tronco, alergias e afecções da pele. Diversas destas afecções são originadas por microrganismos em suspensão na atmosfera que se designam por bioaerossóis e por contaminantes presentes no ar interior. Este e outros problemas, levam ao estudo cada vez mais pormenorizado dos poluentes, normalmente, presentes no ar interior.

À medida que tanto as habitações antigas como as novas têm vindo a ser adaptadas de forma a serem mais eficientes em termos energéticos, as concentrações de certos contaminantes da atmosfera têm vindo a aumentar, e a prevalência do SED e doenças relacionadas com as atmosferas interiores tem crescido assustadoramente.

Os principais poluentes do ar são provenientes da combustão de produtos, produtos químicos, radão e agentes biológicos, estes podem ser emitidos directamente por inúmeras fontes internas, tais como, fumo de tabaco, materiais de construção do edifício, produtos de limpeza, entre outros.

A principal fonte de poluição no ambiente interior é o fumo de tabaco (ETS³), quando está presente é a maior fonte de partículas, inúmeros COVs, monóxido de carbono e também, óxidos de azoto.

A maioria dos poluentes característicos do ar interior, também é encontrada no exterior, embora originários de outras fontes, como por exemplo os compostos orgânicos voláteis provenientes das indústrias petroquímicas ou veículos. (8)

As atmosferas interiores são caracterizadas por parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

5.1 Parâmetros Físicos

O conforto individual é afectado por factores climáticos influentes no ambiente interior do edifício e por outros directamente influenciados pelo seu ocupante. Os primeiros dizem

³ Environmental tobacco smoke

respeito à temperatura, humidade e movimentação do ar, ruído, luz, odores, entre outros. No que diz respeito aos ocupantes do edifício, o seu bem-estar físico e psíquico passa também pela sua actividade e o seu vestuário, o seu metabolismo, a idade e o sexo. (9)

Temperatura

A temperatura é um dos factores físicos e ambientais que influencia o conforto higrotérmico e daí ser tão importante a sua regulação. Considera-se que um indivíduo está em condições de conforto higrotérmico quando não experimenta qualquer desagrado ou irritação de molde a distraí-lo das suas actividades de momento.

A norma 55-2004 da ASHRAE (Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy) para espaços naturalmente condicionados, estabelece que a resposta térmica destes espaços depende em parte da temperatura do exterior no mês em questão e tem em conta também as mudanças no vestuário usado, que acompanha as estações do ano. Deste modo, os limites de conforto são calculados para cada mês, pelo seguinte gráfico (Figura 5-1). (10)

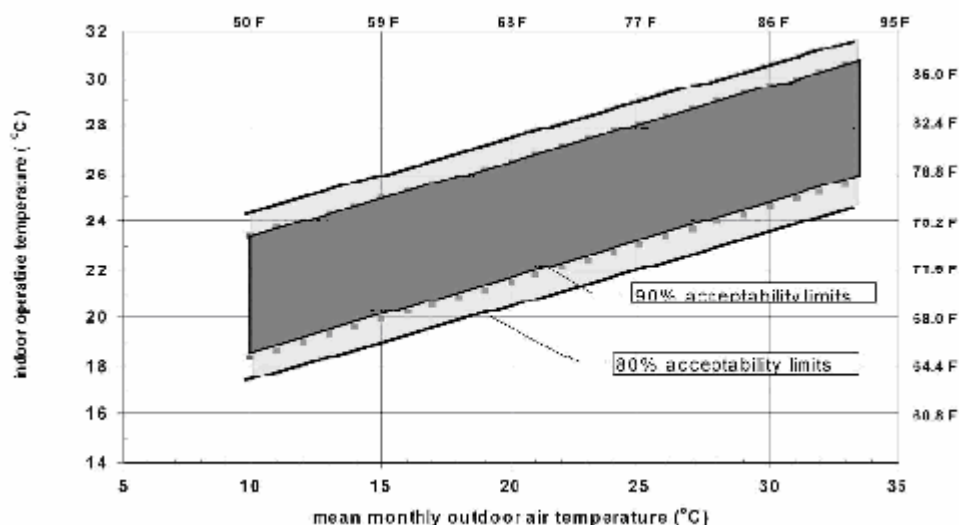


Figura 5-1 – Intervalos de Temperatura Operativa aceitável para espaços naturalmente condicionados. (10)

A norma 55-2004 da ASHRAE (Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy) para espaços com ar condicionado, estabelece que a resposta térmica depende da taxa metabólica, da resistência térmica do vestuário, temperatura do ar, temperatura radiante, velocidade do ar e humidade, como se encontra representado na Figura 5-2. (10)

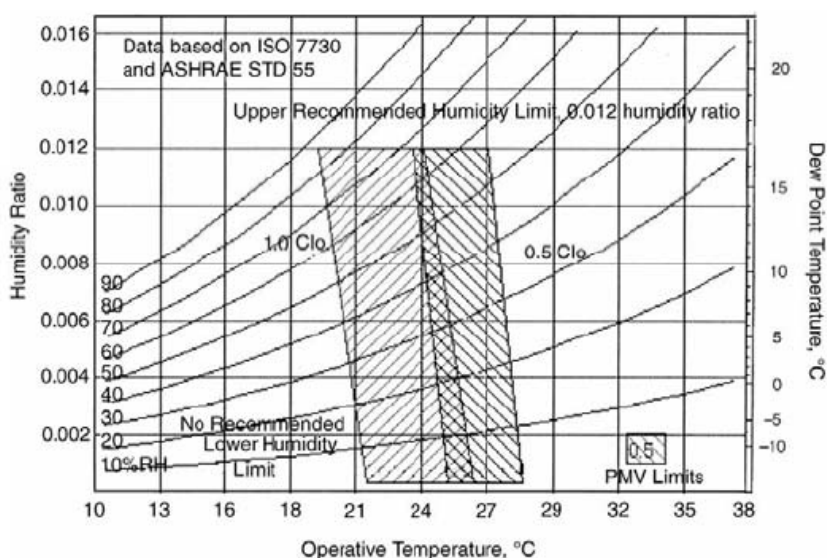


Figura 5-2 - Intervalos de Temperatura Operativa aceitável para espaços com ar condicionado.
(10)

Segundo a ISO 7730 a temperatura na estação de aquecimento – Inverno – deverá ser de 20°C e na estação de arrefecimento – Verão – a leitura recomendada é de 25°C.

Humidade Relativa

O edifício deve ser desenhado de modo a reduzir a humidade do ar, através do isolamento contínuo dos seus elementos construtivos exteriores. Este isolamento, apesar de impedir a admissão de água no interior, deve deixar o edifício “respirar” ao permitir a transmissão de vapor de água para o exterior.

O edifício torna-se húmido com o admitir da humidade do ar exterior (através das janelas), com a evaporação gerada pelos ocupantes e com a variação súbita da temperatura interior que origina condensações superficiais (uma temperatura ascendente leva ao aumento da humidade).

A humidade relativa deve estar compreendida entre os 30% e os 70%. Para valores superiores há risco de ocorrência de condensação e podem criar-se condições propícias ao aparecimento de microrganismos, para além da possível ocorrência de reacções de hidrólise nos materiais de construção.

Taxa de Renovação do Ar/Velocidade do Ar

A taxa de renovação de ar corresponde ao caudal de ar novo que é efectivamente introduzido no espaço proveniente directamente de uma abertura exterior, ou diluído no ar total insuflado no espaço proveniente de uma Unidade de Tratamento de Ar (UTA).

Os caudais de ar mínimo devem ser garantidos para que não se atinjam as concentrações máximas de poluentes no interior, aquando do funcionamento da instalação.

Deve garantir-se uma boa distribuição de ar na zona para que o sistema de ventilação seja eficiente e o caudal efectivo de ar novo seja o desejado. É necessária uma estratégia de colocação e localização de grelhas de insuflação e extracção cuidada, como já foi focado anteriormente.

A velocidade do ar tem que ser cuidadosamente controlada. Nas zonas de ocupação, esta não deve ser superior a 0,2m/s, uma vez que a velocidades mais elevadas pode criar-se uma situação de desconforto para os ocupantes (sensação de frio). Nas zonas de insuflação as velocidades devem rondar os 3,5m/s, não são aconselhadas velocidades mais elevadas por causa do ruído que provocam.

Partículas (PM) - RSECE: C (PM10) <150µg/m³

A composição e distribuição do tamanho das partículas não são constantes, podendo ser diferente no ambiente interior e exterior, e podendo variar com a localização do edifício, uma vez que dependem do tipo de fontes presentes no exterior e das actividades desenvolvidas no seu interior.

A designação utilizada para as partículas tem a ver com a sua designação em microns - PM10 → matéria particulada com diâmetro aerodinâmico inferior a 10µm ($d < 10 \mu\text{m}$) e PM2.5 → matéria particulada com diâmetro aerodinâmico inferior a 2.5µm ($d < 2.5 \mu\text{m}$). Normalmente, em termos de QAI, não se consideram partículas acima de 10µm, dado que estas permanecem durante pouco tempo no ar.

As PM10, também denominadas de inaláveis, resultam essencialmente de pós das estradas, indústria e da terra.

As PM2.5, também chamadas de respiráveis, são consideradas mais nocivas para a saúde humana que as partículas de maiores dimensões, são provenientes de aerossóis for-

mados secundariamente, partículas de combustão, vapores metálicos e orgânicos condensados, entre outros.

A concentração de matéria particulada é afectada pela ventilação, velocidade do ar e direcção da origem da massa de ar, pela temperatura e pela humidade relativa.

A maior fonte de matéria particulada, na ausência do fumo do tabaco, é o ar exterior. A concentração interior é, normalmente, 90% da concentração exterior total. (8)

5.2 Parâmetros Químicos

Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) - RSECE: C (COV's) <600µg/m³

Os Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) podem ser definidos como todos os compostos contendo carbono e que participam de reacções fotoquímicas na atmosfera, excluindo o carbono elementar, monóxido e dióxido de carbono. Estes compostos constituem uma classe de poluentes do ar emitidos na atmosfera, predominantemente, pelo tráfego automóvel (combustão de combustíveis fósseis e perdas evaporativas) e por processos industriais, mas também podem ser gerados naturalmente por processos metabólicos de alguns tipos de vegetais.

Os COV's têm sido alvos de estudo devido aos impactos ambientais negativos que provocam quando presentes na atmosfera, os quais incluem prejuízo aos seres humanos, animais e plantas. Quando emitidos, os COV participam em reacções fotoquímicas, entre elas a de formação de ozono troposférico. (11)

Alguns COV's geram directamente diversos problemas sobre a saúde humana, pois são tóxicos e apresentam potencial carcinogénico; outros causam a diminuição da visibilidade, irritação dos olhos e do trato respiratório superior, problemas de pele e no sistema nervoso.

Os compostos orgânicos voláteis, por existirem no ambiente interior em concentrações superiores às do exterior têm sido objecto de estudos por investigadores da área do ambiente interior.

É importante efectuar uma análise detalhada dos compostos orgânicos voláteis, pois a presença em elevada concentração de um único composto mais tóxico, pode ser indicativo de um ambiente interior de má qualidade e muito prejudicial para a saúde humana.

A legislação não obriga a esta disposição, mas um gestor de edifício preocupado com a saúde dos seus utilizadores deverá ter esta preocupação e procurar efectuar uma análise o mais completa possível.

Depois do monóxido de carbono, os COV's são os compostos encontrados em maior quantidade e são, conseqüentemente, os responsáveis pela maior exposição de longo termo da população.

As maiores fontes interiores de compostos orgânicos voláteis são os produtos de limpeza, produtos de construção e ambientadores.

Tabela 5-1 - Exemplos de Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) emitidos por materiais de construção. **(5)**

Fonte	COV's Típicos Emitidos
Tintas	Tolueno, xilenos, decano, undecano, dodecano, limoneno, texanol, TXIB
Vernizes	2-butxi-etanol, 2- (2-butoxi-etoxi) etanol, 1-butoxi-2-propanol
Parquet de Pinho	Pentanal, hexanal, estireno, α – pineno, β – pineno, etoxi-etanol, metilmetacrilato
Aglomerado de Cortiça	Furfural, fenol, butanol, 2- etil-1-hexanol, ácido acético, ciclohexanona

Tabela 5-2 – Exemplos de Compostos Orgânicos Voláteis de origem Microbiológica (MCOV's) e fontes emissoras.

Fonte	MCOV's Típicos Emitidos
Tintas	3 – metil – furano, 1 – octen – 2 – ol, 2 – octen – 1 – ol
Cortiça atacada por fungos	3 – metil – 1 – butanol, 1 – octen – 2 – ol, 1 – octanol, 2 – metilborneol
Filtros de sistemas de ar condicionado	2 – pentanona, 2 – hexanona, 1 – octen – 2 – ol, 3 – octanol, 2 – octanol

Formaldeído - RSECE: C (Formaldeído) <100µg/m³

O formaldeído é o mais abundante e importante aldeído no ambiente, caracterizando-se por ser um gás incolor com um forte odor irritante, muito solúvel em água e possuindo alta reactividade química.



Figura 5-3 – Imagem representativa de uma molécula de formaldeído.

São várias as fontes presentes na atmosfera que originam aldeídos. Os processos de combustão, as resinas usadas em materiais aglomerados, fumo de tabaco, o trânsito automóvel e a indústria são apenas exemplos de algumas das fontes de formaldeído. Estes também advêm das reacções de outros COV's e de acção microbiológica.

A toxicidade do formaldeído tem sido bastante estudada. Ele é reconhecidamente irritante para os olhos e trato respiratório e, de acordo com a IARC – International Agency for Research on Cancer - foi considerado carcinogénico em Dezembro de 2006.

Dióxido de Carbono (CO₂) - RSECE: C (CO₂) <1800mg/m³

O dióxido de carbono, ou anidrido carbónico, ou gás carbónico é um composto químico constituído por dois átomos de oxigénio e um átomo de carbono (Figura 5-4).

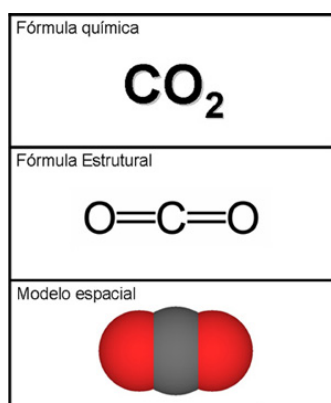


Figura 5-4 – Representação da fórmula química, estrutural e modelo espacial da molécula de dióxido de carbono.

O dióxido de carbono é um gás incolor, insípido. A sua presença em ambientes interiores, não industriais, deve-se principalmente à respiração humana, ao fumo de tabaco, processos de combustão, trânsito automóvel e à indústria.

De um modo geral, o dióxido de carbono que se incorpora ao ar interior é maioritariamente resultante do metabolismo humano. Com efeito, a concentração de CO₂ no ar interior está intimamente relacionada com o perfil de funcionamento do edifício, com a taxa de ocupação dos espaços e com o tipo de actividade humana neles desenvolvida, podendo ser um bom indicador da eficácia do sistema de ventilação.

Normalmente é um bom indicador da taxa de ocupação de um espaço, não é tóxico, mas pode provocar asfixia se estiver em concentrações muito elevadas (por substituição do oxigénio). A sua concentração no ar varia com a taxa de ventilação, o número de pessoas na sala e o tempo de permanência no local. Pode ser utilizado como indicador do grau de ventilação ser, ou não, suficiente para o número de pessoas presentes.

Monóxido de Carbono (CO) - RSECE: C (CO) <12,5mg/m³

O monóxido de carbono é um gás incolor, inodoro, insípido, inflamável e altamente tóxico. É produzido pela queima em condições de pouco oxigénio (combustão incompleta) e/ou alta temperatura de carvão ou outros materiais ricos em carbono, como derivados de petróleo.

Deve-se principalmente a combustões incompletas de combustíveis fósseis, fumo de tabaco, fumos de escapes de veículos e indústria.

O monóxido de carbono é um agente redutor, retirando oxigénio de muitos compostos em processos industriais (formando CO₂), como na produção de ferro e outros metais a partir dos seus minérios e hidrogénio a partir da água. Também se combina com o níquel metálico produzindo um composto volátil que é usado na purificação deste metal.

Relativamente a efeitos na saúde humana, o monóxido de carbono uma vez no organismo, forma a carboxihemoglobina que impede a captação do oxigénio, podendo levar à morte.

A exposição a doses relativamente elevadas em pessoas saudáveis pode provocar problemas de visão, redução da capacidade de trabalho, redução da destreza manual, diminuição da capacidade de aprendizagem, dificuldade na resolução de tarefas complexas ou mesmo matar.

Concentrações abaixo de 400 ppm no ar causam dores de cabeça e acima deste valor são potencialmente mortais, tanto para plantas e animais quanto para alguns microrganismos.

Ozono (O₃) - RSECE: C (O₃) <200µg/m³

O Ozono (O₃) (Figura 5-5) é uma variedade alotrópica do elemento oxigénio (O), que em vez de dois átomos contém três. Este gás é extremamente oxidante e reactivo, a sua ocorrência natural é feita na estratosfera, através de raios ultravioletas do Sol. Pode reagir com vários compostos químicos presentes no ambiente interior, originando produtos de reacção muito irritantes, como é o caso do formaldeído.



Figura 5-5 – Imagem representativa de uma molécula de ozono.

Curiosamente, o Ozono presente na troposfera é um perigoso poluente que além de provocar problemas respiratórios e o *smog* (nevoeiro fotoquímico), também degrada tecidos e danifica plantas. O que contrasta com o papel protector que geralmente é atribuído ao Ozono estratosférico. O Ozono é produzido, principalmente, por motores (combustão e eléctricos). (12)

As principais fontes de ozono num ambiente interior são as fotocopiadoras, aparelhos de “limpeza do ar” e o exterior, como produto das reacções entre os poluentes de origem industrial e o trânsito automóvel e os raios de sol.

Os sintomas associados à exposição do ozono troposférico, ou de superfície, manifestam-se, numa primeira fase, por irritações nos olhos, nariz e garganta, seguindo-se de tosse e cefaleias. Em situações mais graves, este poluente penetra nas vias respiratórias, afectando os brônquios e os alvéolos pulmonares.

os valores mais elevados de radão em Portugal observados em casas situadas em zonas graníticas (Figura 5-7).

A unidade de medida da concentração de radão no ar é o Becquerel por metro cúbico (Bq/m^3), um Bq corresponde a uma desintegração nuclear por segundo.

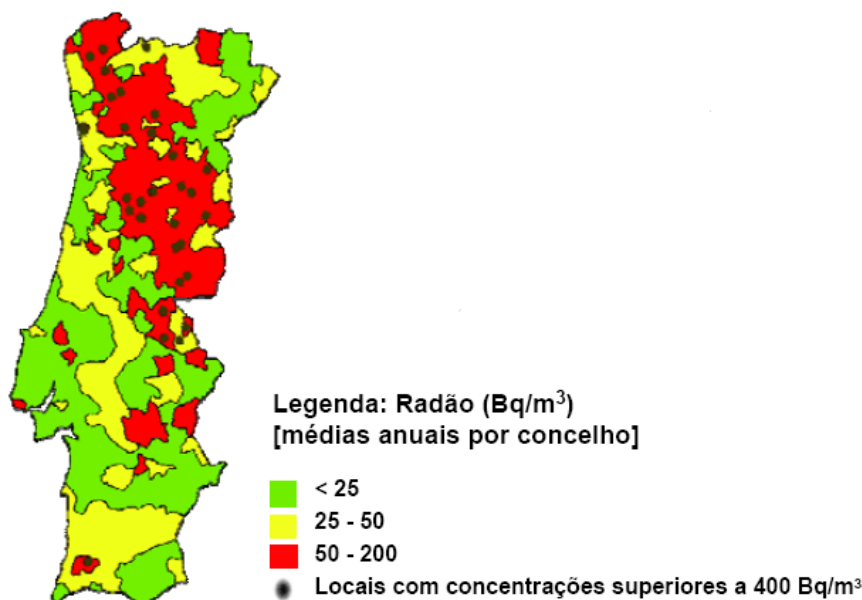


Figura 5-7 - Representação dos valores médios anuais de radão por concelho.

O fumo do tabaco e o radão produzem efeitos sinérgicos resultando um risco acrescido de cancro do pulmão. O radão é carregado electricamente e tende a acoplar-se às partículas suspensas no ar, superfícies circundantes e paredes. Após a inalação estas partículas radioactivas tendem a depositar-se nas vias respiratórias. (8)

Fumo do Tabaco

O fumo do tabaco no ar interior é uma das maiores fontes de poluentes do ar interior. Este fumo é uma mistura complexa de matéria particulada (PM_{10}) e de gases poluentes, contém mais de 4000 componentes, e mais de 40 desses compostos são conhecidos por causarem cancro em humanos e animais e muitos deles são, ainda, fortemente irritantes. Como foi referido anteriormente, pode desenvolver efeitos sinérgicos quando em contacto com outros poluentes, como por exemplo o radão. (8)

5.3 Parâmetros Microbiológicos

Os ambientes climatizados artificialmente são considerados ambientes complexos, em virtude da infinidade de componentes químicos (substâncias tóxicas, carcinogénicas,

radioactivas) e biológicos (microrganismos patogénicos) emitidos por diversas fontes, e que, dependendo das condições físicas (humidade do ar, temperatura do ar, ventilação inadequada) do ambiente, podem estar interagindo entre si. Além disso, vários estudos têm evidenciado, que o ar interior dos ambientes fechados, pode ser mais poluente do que o ar exterior.

Os riscos para a saúde associados à exposição de contaminantes biológicos, como as bactérias, fungos e ácaros, em ambientes fechados, principalmente para pessoas alérgicas e/ou com o sistema imunológico debilitado, são continuamente estudados.

Os microrganismos – bactérias, fungos, vírus e protozoários - existem em todos os ambientes - solo, água, superfícies das plantas, nos animais e no ar, logo, pode afirmar-se que não existem ambientes estéreis (Tabela 5-3). O desenvolvimento dos microrganismos dá-se num ambiente com uma humidade relativa do ar superior a 70% e depende da actividade em água dos materiais (0,9 numa escala de 0 a 1), com uma boa fonte de nutrientes e com temperatura adequada.

Nos ambientes interiores, as fontes de microrganismos são os ocupantes e as suas actividades, os materiais de construção, o mobiliário e a decoração e o sistema AVAC. Relativamente ao exterior, a contaminação do ambiente pode advir do ar insuflado para o edifício.

Juntamente com o SED, as doenças associadas a agentes biológicos podem incluir fungos, bactérias e toxinas microbianas, tais como endotoxinas e compostos orgânicos voláteis libertados pelos contaminantes biológicos. A humidade em excesso está associada ao aumento da prevalência de sintomas respiratórios, provavelmente através da promoção do crescimento de fungos e ácaros. (13)

Tabela 5-3 - Alguns bioaerossóis e suas origens.

Aerossóis	Fontes Vivas	Fontes Inanimadas
Vírus	Animais infectados	Água
Bactérias	Animais infectados	Água, solo, folhas, ar
Endotoxina	Bactérias gram-negativas	Água, solo, folhas, ar
Esporos de fungos, micotoxinas	Cogumelos, bolores	Superfícies de plantas vivas e mortas, solo, água e ar
Protozoários	Animais infectados	Água, solo
Algas		Água, solo

Aerossóis	Fontes Vivas	Fontes Inanimadas
Pólen	Árvores, relva, plantas	Superfícies de folhas, solo
Alérgenos de pólen	Pólen	Água
Efluentes animais	Animais vivos	Solo, água, ar

Relativamente aos efeitos na saúde, estes podem provocar irritações nos olhos, nariz, garganta e pele, reacções do tipo alérgico, reacções tóxicas e infecções.

Bactérias - RSECE: C (Bactérias) <500UFC/m³

As bactérias utilizam tanto os compostos orgânicos como os inorgânicos para crescimento e multiplicação.

É importante efectuar uma análise detalhada das espécies pois a presença em elevada concentração de uma única espécie pode ser indicativo de um ambiente interior de má qualidade e muito prejudicial para a saúde humana.

A análise deve ser feita de forma a serem distinguidas as bactérias Gram (-) das bactérias Gram (+), uma vez que a predominância de bactérias Gram (-) num ambiente interior sugere a presença de fontes de contaminação que devem estar ausentes em ambientes limpos e com boa ventilação e concentrações destas da ordem das 500 UFC/m³ devem ser consideradas suficientemente elevadas para que se suspeite de contaminação do ar. Em ambientes interiores, a maioria das bactérias no ar são resultantes de descamação da pele humana e provenientes do tracto respiratório (Gram +) e níveis elevados deste tipo de bactérias sugere má ventilação ou sobreocupação humana.

Fungos - RSECE: C (Fungos) <500UFC/m³

Os fungos, como seres heterotrofos, necessitam de fontes externas de carbono de modo a produzirem hidratos de carbono. Algumas destas fontes são a celulose (papel e tecidos), queratina (escamas de pele humana ou animal), linhina (madeira) e pastas de amido (papel de parede).

Os fungos do exterior são a maior fonte de contaminação do interior. No interior os fungos deterioram papéis de parede, peles, lã e carpetes. Multiplicam-se, essencialmente, nos ambientes feitos pelo homem originando a disseminação de espécies indicadoras da contaminação.

Existem partes de edifícios com condições propícias ao seu desenvolvimento, como tetos afectados por infiltrações de água provenientes de sistemas de ventilação com deficiente manutenção. O controlo deste tipo de situações pode conseguir-se através da limpeza adequada dos locais, remoção de qualquer tipo de material biológico, a manutenção do sistema de ventilação, remoção de quaisquer fontes de água no interior e manter a humidade relativa do ar a 50% no Verão e 70% no Inverno.

Legionella - RSECE: C (Legionella) <100UFC/l

A legionella (Figura 5-8) é um caso particular nas bactérias, o seu estudo individual deve-se, principalmente, ao seu frequente aparecimento em ambientes interiores.



Figura 5-8 – Fotografia microscópica da bactéria *legionella pneumophila*.

A legionella é uma bactéria ambiental capaz de sobreviver numa ampla gama de condições físico-químicas, multiplicando-se entre 20 e 45 °C, destruindo-se a partir dos 70 °C. A temperatura óptima para o seu crescimento é a gama dos 35 a 37 °C. O seu local de proliferação são as águas superficiais, tais como lagos, rios e águas estagnadas, formando parte da sua flora bacteriana. A partir destes reservatórios naturais, a bactéria pode colonizar os sistemas de abastecimento das cidades e, através da rede de distribuição de água, incorporar-se nos sistemas de água sanitária (tanto fria como quente) e outros sistemas que necessitem de água para o seu funcionamento como é o caso das torres de refrigeração.

Quando as instalações estão mal dimensionadas, sem manutenção ou quando esta não é adequada, favorece-se a permanência de águas estagnadas e a acumulação de produtos nutrientes da bactéria, como sejam, lamas, matéria orgânica, matérias de corrosão e amibas, que irão formar uma “biocapa”. As instalações que, mais se encontram contaminadas são os sistemas de distribuição de águas sanitárias quentes e frias, os equipamen-

tos de refrigeração de água do tipo evaporativo, como as torres de refrigeração e os condensadores evaporativos, que se encontram, frequentemente, em centros de saúde e hospitalares, na indústria hoteleira e em grandes edifícios.

A contaminação dá-se apenas por inalação de gotículas suficientemente pequenas para atingirem os alvéolos pulmonares (1-5mm:fracção respirável).

Como medidas de prevenção pode tentar impedir-se o desenvolvimento da bactéria evitando a estagnação das águas, a acumulação de resíduos e a corrosão, efectuar o controlo da qualidade da água (microbiológica e físico-química) e manter a água a uma temperatura que iniba a multiplicação da bactéria.

6. Sistemas AVAC

Os sistemas AVAC englobam os sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado ou seja, os sistemas que permitem controlar os valores máximos e mínimo da temperatura da humidade relativa, bem como, a qualidade do ar interior.

Os ocupantes de um edifício dependem do sistema AVAC a nível de conforto térmico e da qualidade do ar interior, a eficácia destes sistemas afecta directamente o seu desempenho, produtividade e saúde.

Deve ser garantido um bom funcionamento da instalação AVAC, isto é, a eficiência do sistema, na sua globalidade, deve ser capaz de evitar a proliferação de substâncias nocivas aos ocupantes e não deve favorecer a degradação das infra-estruturas interiores/exteriores do edifício/zona ocupada. Quando bem projectados, estes sistemas resolvem 80% dos problemas de QAI.

Quando um edifício se encontra com problemas ao nível da qualidade do ar interior, existe uma forte probabilidade que o sistema de AVAC sofra de uma concepção deficiente, mau funcionamento, falta de manutenção e/ou má exploração. Ao nível do projecto, os maiores problemas encontrados são os caudais de ar novo insuficientes, estratégia de difusão inadequada, má selecção de filtragem, inexistência de hierarquização de pressões e falta de acessibilidade para manutenção.

Devem ser inspeccionados os componentes críticos do sistema de climatização que têm impacto na QAI e assegurar-se de que não há desvios ao previsto, tais como a admissão de ar (pode ser medido o caudal admitido, em caso de dúvida), limpeza de condutas, e dos diferentes componentes da UTA's, limpeza de torres de arrefecimento e depósito de condensados. Qualquer falta de limpeza deve justificar a recolha de uma amostra para análise e quantificação objectiva e quaisquer anomalias ou desvios são, obrigatoriamente, anotados no Relatório da Auditoria e comunicados ao SCE.

Há muitos factores que podem ser responsáveis pela origem e causas de poluição provocadas pelos sistemas AVAC e os seus componentes. Estes factores podem ser distribuídos em três categorias:

- Factores relacionados com os próprios componentes (projecto, materiais);

- Factores relacionados com os parâmetros físicos e químicos que rodeiam os componentes (temperatura, humidade relativa, velocidade do ar);
- Factores relacionados com o manuseamento e a conservação dos componentes.

Após a submissão dos sistemas AVAC a vários estudos concluiu-se que a qualidade do ar interior, principalmente no que diz respeito a maus odores é devida, essencialmente, aos filtros, condutas, permutadores de calor e humidificadores. (14)

Um sistema típico de AVAC inclui o equipamento de produção de frio ou calor (bomba de calor, caldeira, etc.), bombas e/ou ventiladores, rede de condutas, e permutadores de calor que transferem ou absorvem calor de um espaço ou processo. Detalhes sobre estes equipamentos são apresentados de seguida.

6.1 Componentes de um Sistema AVAC

Unidades de Tratamento de Ar

As Unidades de Tratamento de Ar (Figura 6-2) são, especialmente, concebidas para responder às necessidades de climatização e renovação do ar interior em edifícios. Estas, aliadas a equipamentos de regulação e controlo adequados, tornam-se sistemas muito eficazes e fiáveis tanto em aquecimento como em arrefecimento e em tratamento de ar, contribuindo para a qualidade do ar interior, conforto térmico e eficiência energética das instalações em que se inserem.



Figura 6-1 – Unidades de Tratamento de Ar (UTA's) vista externa e interna, respectivamente.

Requerem especial cuidado, no que diz respeito à escolha de filtros, tendo em atenção de que a existência de dois níveis de filtros é indispensável, assim como, a existência de sifão em todos os drenos, a presença de atenuadores acústicos, entre outros.

Dependendo do tipo de projecto, podemos ter um sistema de 100% de ar novo, isto é, não há recirculação de ar que vem do edifício, e nesse caso usa-se uma Unidade de Tratamento de Ar Novo (UTAN), caso exista uma percentagem de ar, proveniente do edifício, que vá ser recirculado este junta-se ao ar novo e, neste caso, usa-se uma Unidade de Tratamento de Ar (UTA).

Chiller – Bomba de Calor

O Chiller (Figura 6.2) é uma unidade exterior à qual podem ser interligadas diversas unidades interiores (ventiloconvectores, radiadores...), tem a capacidade de aquecer ou arrefecer a água, que é o fluido utilizado como meio de transporte do calor ou frio para cada divisão do edifício. Uma das grandes vantagens do Chiller é que, apesar de funcionar a electricidade, os seus consumos são extremamente baixos, tanto na função de arrefecimento como na de aquecimento.

Alguns estudos realizados demonstram que 60% do consumo em energia num sistema AVAC é devido ao chiller/bomba de calor, sendo o equipamento periférico responsável por cerca de 40% do consumo de energia.



Figura 6-2 – Fotografias do Chiller Bomba de Calor da COCIGA S.A.

Filtros

Os filtros de ar de um sistema AVAC (Figura 6-4) têm, na generalidade, duas funções:

- Prevenir os efeitos negativos (potenciais) na saúde e conforto dos ocupantes do edifício;
- Limpar e proteger o sistema AVAC, as condutas, o edifício e o equipamento.

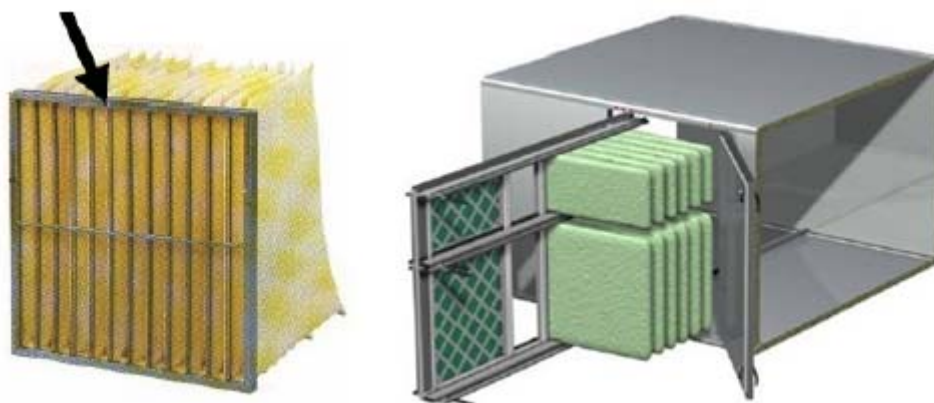


Figura 6-3 – Exemplos de filtros de ar utilizados em sistemas AVAC.

Uma limpeza completa do ar requer a remoção de partículas, microrganismos e gases poluentes. O desempenho dos filtros de ar decai, geralmente, com o tempo passando o filtro a poluir mais o ar do que a limpá-lo. A sua poluição passa, essencialmente, por microrganismos (fungos) quando se apresentam as condições de humidade e temperatura adequadas ao seu desenvolvimento, com a passagem do ar nos filtros, esses microrganismos são insuflados para dentro dos edifícios. (14)

Condutas

Os sistemas de condutas poluem quando não estão limpos, quer sejam novos ou usados (Figura 6-4). Para além de uma fonte de poluição, as condutas também podem ser a causa de perda de eficiência na ventilação.



Figura 6-4 - Exemplos de condutas de ar utilizadas em sistemas AVAC.

Os parâmetros estudados, no que respeita às condutas, são não só os microrganismos e o depósito de poeira presentes na superfície, mas também a qualidade do ar fornecido, em termos de partículas, microrganismos, compostos orgânicos voláteis e odores.

No que respeita as condutas, uma quantidade significativa de poeira pode acumular-se na sua superfície, esta poeira pode promover a sobrevivência e o crescimento de micror-

ganismos o que provoca a libertação de produtos metabólicos, esporos e células viáveis, para o ar insuflado, causando problemas de saúde aos ocupantes do edifício.

No geral, a concentração de partículas no ar é o parâmetro que mais influencia a formação de uma camada de poeira na superfície das condutas. Outros parâmetros, tais como, a velocidade do ar e a geometria das condutas, pouco afectam a deposição de partículas na superfície. (14)

Humidificadores

No que diz respeito aos humidificadores, os microrganismos são quase sempre a causa dos problemas.

Por exemplo, num humidificador evaporativo (Figura 6-6), a água é aquecida acima dos 100°C estando assim o sistema desinfectado no que respeita aos microrganismos. No entanto, quando o humidificador está parado, a água permanece no tanque e as bactérias e fungos têm tempo para crescerem. Quando se restabelece o funcionamento do humidificador, partículas e maus odores podem entrar no ar em circulação. (14)



Figura 6-5 – Figura representativa de um humidificador evaporativo.

Permutadores de Calor

Os permutadores de calor não são, em princípio, fontes de poluição, embora possam transportar contaminantes por adsorção – dessorção. A má instalação dos permutadores de calor pode piorar esse efeito.

6.2 Eficiência de Ventilação

A ventilação permite manter um conforto adequado e uma boa qualidade do ar nos edifícios e, quando é eficiente, contribui para preservar a saúde dos ocupantes.

O ar exterior entra e sai num ambiente interior por infiltração e por ventilação. A infiltração é o fluxo incontrolado de ar para o interior de um local através de aberturas e juntas não intencionais na superfície do edifício. A sua taxa depende da porosidade da superfície e da magnitude do vento e da temperatura. É frequentemente ignorada pelos projectistas, mas pode aumentar, consideravelmente, a quantidade de ar que entra e sai do local e distorcer o padrão de fluxos projectados.

A ventilação é um processo intencional de troca de ar: ar exterior é insuflado, ar interior é extraído. Por ser controlável, é um meio útil e eficiente para a manutenção da qualidade do ar interior. (15)

A eficiência de ventilação permite avaliar se a distribuição do ar no interior de um espaço é eficiente, quer do ponto de vista de eliminação de poluentes, quer na sua taxa de renovação. Para fazer uma correcta avaliação dos pontos anteriormente referidos é necessário analisar os diferentes tipos de circulação do ar nos espaços e o seu desempenho, que depende da estratégia global, locais de insuflação e extracção e velocidades de insuflação, e a eficácia de remoção de poluentes.

As taxas de renovação exigidas pelo RSECE referem-se a caudais de ar novo e não aos caudais totais insuflados num espaço logo, o ar novo só coincide com o caudal insuflado em sistemas de 100% de ar novo, isto é, sistemas sem recirculação. Quando existe recirculação torna-se necessário o cálculo da fracção de ar novo no ar de mistura insuflado (ar novo + ar recirculado), que é um valor constante para cada UTA e respectiva rede de distribuição. Em sistemas não equilibrados, isto é, quando o caudal extraído é superior ao insuflado, deve verificar-se a proveniência do excesso de ar extraído através de um balanço global ao espaço, uma vez que pode haver caudal adicional proveniente de infiltrações do exterior.

Existem vários tipos de estratégias de ventilação, cada uma com vantagens e inconvenientes, para garantir a QAI e o conforto dos ocupantes deve seleccionar-se a mais adequada em função de cada tipo de utilização e da geometria do espaço.

Mistura

A ventilação por mistura de ar é a técnica mais antiga e a mais utilizada (Figura 6-6). A mistura é impulsionada pela turbulência natural do ar e pelos mecanismos de inserção. Com este método pretende-se obter condições tão uniformes quanto possível em todo o espaço e isso implica insuflar ar com quantidade de movimento suficiente para que os jactos promovam uma circulação que garanta uma boa mistura. Se a mistura for perfeita, a concentração é uniforme no local e os poluentes são diluídos.

A técnica tanto pode ser usada para aquecimento como para refrigeração. Na maior parte dos sistemas, a corrente de inserção vem do tecto ou de aberturas basculantes, para que as maiores velocidades do ar fiquem restritas às proximidades do tecto e das paredes e que no centro do local e próximo do chão a velocidade seja suficientemente pequena ($\approx 0,20\text{m/s}$), de forma a não causar desconforto aos ocupantes. A remoção dá-se geralmente, próximo do tecto. (15)

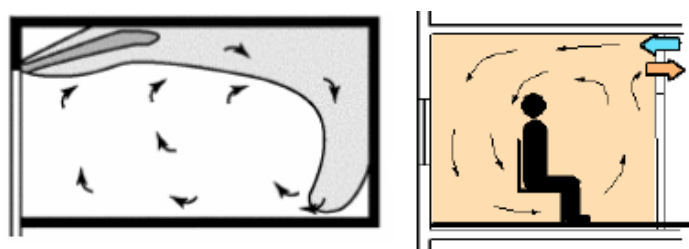


Figura 6-6 – Esquema representativo da estratégia de ventilação tipo mistura.

Nos sistemas de ventilação por mistura, dependendo das cargas térmicas e da localização dos registos/grelhas de insuflação e de extracção, pode considerar-se, salvo demonstração de valor mais preciso pelo projectista, como tendo eficiência de ventilação de 80% nos casos em que insuflação e extracção não sejam ambas feitas pelo tecto falso ou junto deste, ou de 60% neste último caso.

Pistão

Este tipo de estratégia de ventilação é muito especializado, para espaços onde seja necessária 100% de eficiência de ventilação, isto é, no espaço tratado garante-se ar limpo, e exige difusores e grelhas de grandes dimensões o que implica directamente com a arquitectura e tem custos elevados. O escoamento dá-se a baixas velocidades não havendo, assim, problemas de conforto para os ocupantes.

O tipo pistão usa-se, essencialmente, em salas de operações, oficinas de pintura, salas limpas para indústrias sensíveis, onde é impensável que os poluentes possam circular pelo espaço e contaminem os ocupantes e também em espaços onde seja necessário garantir um escoamento laminar, como por exemplo, em salas de queimados que são muito sensíveis à turbulência no escoamento de ar.

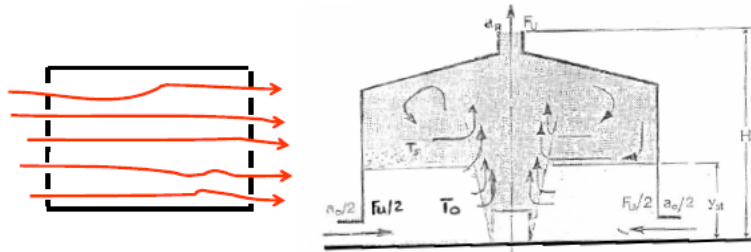


Figura 6-7- Esquema representativo da estratégia de ventilação tipo pistão.

Deslocamento

Na ventilação por deslocamento de ar, os poluentes são deslocados e retirados. O deslocamento dá-se pela inserção de ar mais frio ($5-10^{\circ}\text{C}$) que o interior: o ar mais frio desloca o mais quente, uma vez que é mais denso e aquece, gradualmente, com as fontes de calor presentes no local (ocupantes e equipamentos). A configuração mais comum é com a corrente de inserção localizada próximo do chão, com remoção do ar próximo do tecto. Na zona ocupada, o ar respirado pelos ocupantes está limpo e a temperatura bastante uniforme. (15)

Por inserir ar mais frio, não promove o aquecimento do local, apenas promove a refrigeração logo, quando se pretende aquecer, tem que ser usado outro meio de aquecimento.

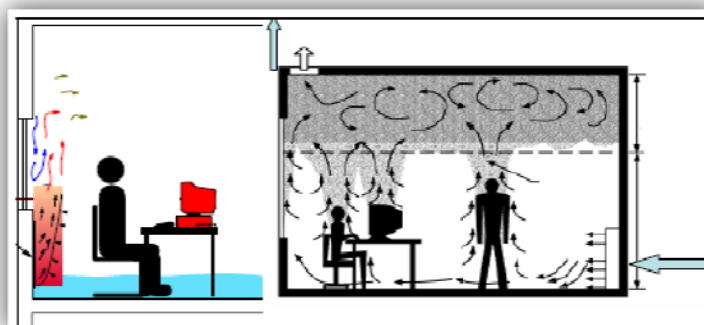


Figura 6-8 - Esquema representativo da estratégia de ventilação tipo deslocamento.

A eficiência de ventilação é perto dos 100%, mas os difusores por serem a baixa velocidade, são maiores e mais caros, interferindo com a arquitectura.

O “displacement” é aconselhado sempre que os contaminantes forem mais quentes e/ou leves do que o ar ambiente (restaurantes, salas de aula e de espectáculo, supermercados e locais de venda, entre outros), sempre que o ar de insuflação for mais frio do que o ar ambiente, em salas com pé direito elevado ($> 3\text{m}$) e quando for necessário insuflar grandes caudais de ar em salas de pequena dimensão.

Pavimento Falso

É uma variante à estratégia “Deslocamento”, em que o ar é insuflado na sala através de um “plenum” existente sob o pavimento da sala, permite que o ar entre de forma distribuída em toda a sala, o que pode ser útil para o concentrar próximo das fontes de calor ou de poluição, onde é mais necessário.

Uma vez que, o ar entra mais próximo dos ocupantes e perto das zonas sensíveis (tornozelos), são necessários cuidados e difusores especiais que reduzam a velocidade do ar. Trata-se de uma estratégia dispendiosa em termos de equipamentos, solução construtiva e de ocupação de espaço.

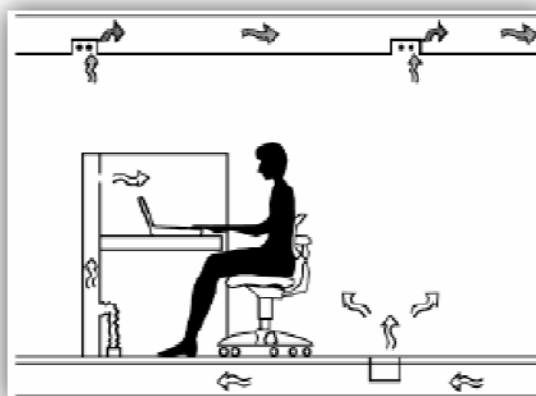


Figura 6-9 - Esquema representativo da estratégia de ventilação tipo pavimento falso.

É particularmente adequado a situações com grandes necessidades de insuflação, como por exemplo, salas de reunião, auditórios, salas de computadores, entre outros. (5)

Curto-Circuito

Variante dos sistemas “Mistura” com muito baixa eficiência, nomeadamente nos períodos de aquecimento.

Caracteriza-se por uma insuflação e extracção ao mesmo nível, ou equivalente, e saída directa de grande parte do ar insuflado da sala sem passar pela zona ocupada. Cria-se uma recirculação interior pouco eficiente que não facilita a diluição e remoção de poluentes. O ar nas camadas mais baixas apresenta uma idade elevada (fraca renovação de ar). A eficiência de ventilação é muito baixa (< 50%). (5)

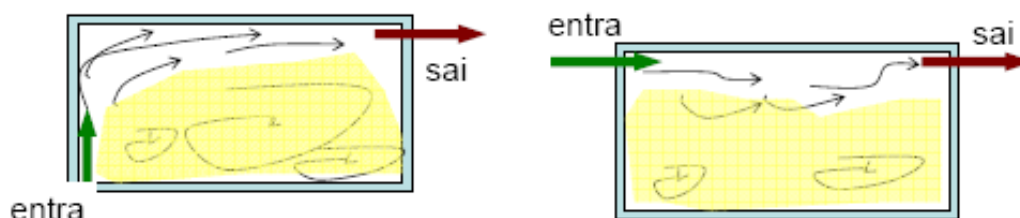


Figura 6-10 - Esquema representativo da estratégia de ventilação tipo curto-circuito.

6.3 Plano de Manutenção Preventiva

O RSECE impõe regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético efectivo e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, quer ao nível da instalação, quer durante o seu funcionamento, através de uma manutenção adequada e indica a necessidade de monitorizar, com regularidade, as práticas de manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios.

O artigo 19º - Condução e manutenção das instalações – indica que todas as instalações e equipamentos objecto deste regulamento devem possuir um Plano de Manutenção Preventiva “PMP” actualizado, e que a sua comprovação pelo SCE é obrigatória, para a obtenção de licença ou autorização de utilização. (6)

Do Plano de Manutenção Preventiva “PMP” devem constar a identificação completa do edifício, localização do mesmo, identificação e contactos do proprietário ou locatário e identificação do técnico responsável, assim como, a descrição e caracterização sumária do edifício e dos respectivos compartimentos interiores climatizados indicando o tipo de actividade, número médio de utilizadores fixos e ocasionais, área climatizada total e a potência térmica total.

Para além do conteúdo obrigatório, um “PMP” deve também registar, sempre que aplicável, a compilação de documentação técnica, o inventário e codificação das instalações, fichas técnicas de equipamentos, fichas de funcionamento dos equipamentos, “famílias” de equipamentos, selecção de rotinas e frequência, programas específicos de manuten-

ção, planeamento do serviço, pedidos de trabalho sistematizados, aperfeiçoamento do plano e rotinas e registos tipo de consumos energéticos e de funcionamento.

O Perito Qualificado deve confirmar a existência e analisar o conteúdo do Plano de Manutenção preparado para o sistema AVAC e para o edifício, garantindo que nele são focados todos os pontos abordados anteriormente.

O Plano de Manutenção Preventiva deve ser elaborado e mantido permanentemente actualizado sob a responsabilidade de técnicos responsáveis pelo funcionamento, com as qualificações e competências definidas no Art.21º do DL 79/2006.

7. Caracterização do Edifício

7.1 Identificação do Edifício

A COCIGA, SA – Construções Civis de Gaia – foi fundada em 1983 e é uma empresa vocacionada para a área da construção civil com uma ampla vertente comercial.

Nome	COCIGA, SA
Morada	Avenida Vasco da Gama, 780 4430-247 Vila Nova de Gaia
Telefone	22 377 66 00
Fax	22 377 66 80
e-mail	mail@cociga.pt
Site	www.cociga.pt
Concelho	Vila Nova de Gaia
Distrito	Porto

7.2 Localização Geográfica

O objecto da nossa auditoria à qualidade do ar interior (COCIGA, SA) é um edifício de serviços, com aproximadamente 50 anos, que sofreu uma remodelação em 2003 com colocação de tectos, chão e armários novos e a instalação do sistema AVAC.

Encontra-se localizado em Vila Nova de Gaia (Latitude – 41° 7' 05" N, Longitude – 8° 36'00 " O, Elevação – 172m) (Figura 7-1).



Figura 7-1 – Fotografia aérea da empresa a auditar (COCIGA) (Google Earth).



Figura 7-2 – Vista Este, Sul e Norte da COCIGA S.A., respectivamente.

7.3 Caracterização do Espaço

A empresa é composta por um edifício com dois andares, no primeiro andar situa-se uma zona de escritórios, existindo um piso intermédio (Mezaninne) e o piso inferior é composto pelas oficinas que contém, igualmente um piso intermédio (Mezaninne) que é uma zona de escritórios.

A Figura 7-3 é um esquema da planta relativa ao 1º piso – escritórios, com uma área total de, aproximadamente, 1400 m². A zona 12, designada por AVAC é o piso intermédio, que se situa por cima das zona 5 (escadas) e da e zona 6 (sala de reuniões) possuindo uma área total de, aproximadamente, 198 m².

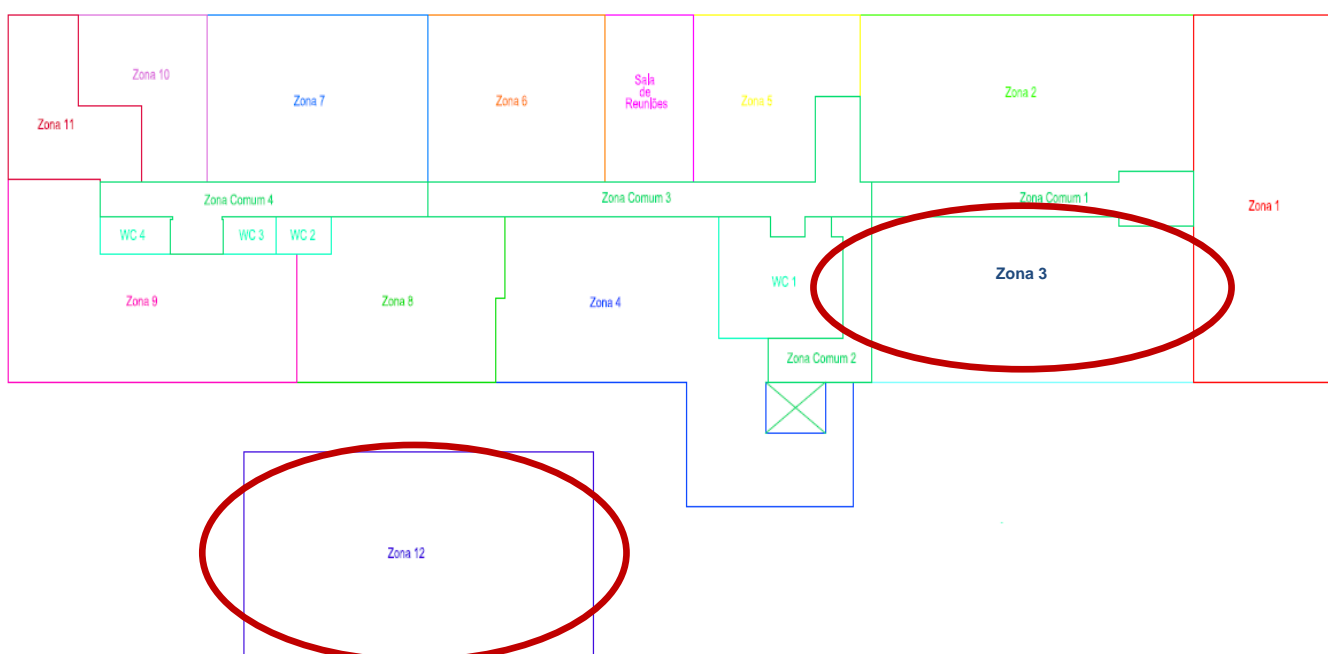


Figura 7-3 – Planta do piso de escritórios (piso 1) dividida por zonas (zona 12 – piso intermédio).

A Figura 7-4 representa o piso intermédio do piso zero, isto é, situa-se entre o piso 1 (escritórios) e o armazém/oficina, tem uma área total de, aproximadamente, 611 m².

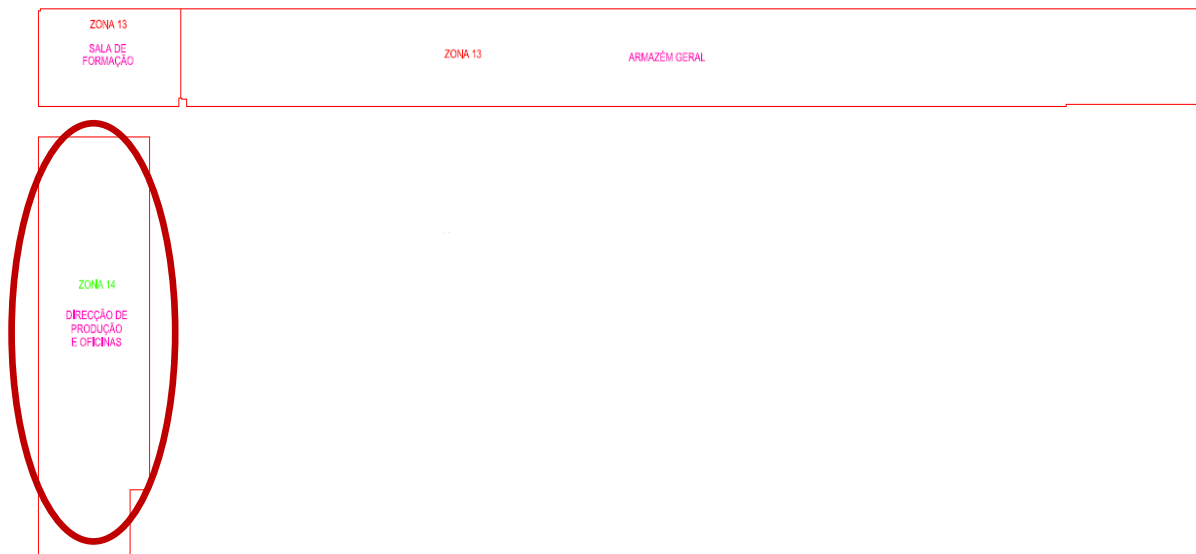


Figura 7-4 – Planta dos pisos intermédios no armazém e oficinas (piso 0), respectivamente, zona 13 e 14.

A Figura 7-5 representa o piso zero, relativo ao armazém e oficinas, tem uma área total de, aproximadamente, 3015 m².

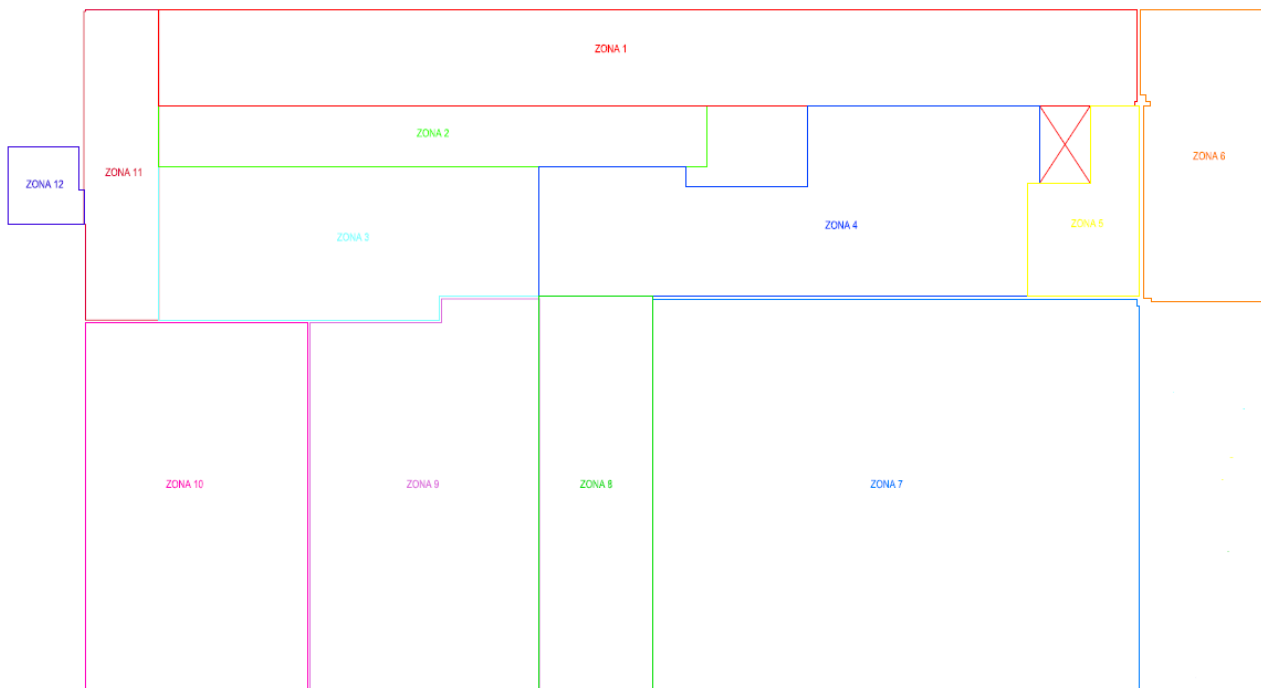


Figura 7-5 – Planta do armazém e oficinas (piso 0).

O armazém e oficinas não se encontram no domínio do RSECE, motivo pelo qual não foram efectuadas quaisquer medições neste local.

7.4 Sistemas AVAC

Caracterização do sistema

Central produtora de água fria/quente

A central produtora de água fria/quente é um chiller, bomba de calor, colocado no exterior, com ventiladores helicoidais e compressores alternativos semi-herméticos. A potência de arrefecimento é de 264 kW e a potência de aquecimento é de 293 kW. Inclui apoios anti-vibráteis de mola e um painel de controlo remoto termológico. O caudal nominal deste equipamento é de 45410 l/h e a perda de carga na instalação hidráulica é de 15 mca⁴.

O chiller produz água fria ou água quente, consoante tenha sido pré-determinado. A água é pré-arrefecida, ou pré-aquecida, respectivamente no Verão ou no Inverno e o ajuste de temperatura ambiente final é feito dentro de cada compartimento.

Circuito de distribuição de água

Existem vários tipos de unidades ventiloconvectores instaladas no edifício:

- Unidades ventiloconvectores, do tipo cassete de 4 vias, colocadas em tecto falso, versão dois tubos, com kit de válvulas de 3 vias, tabuleiro de condensados e controlo termostático de parede;
- Unidades ventiloconvectores, do tipo mural, versão 2 tubos, com kit de válvulas de 3 vias, tabuleiro de condensados e controlo termostático de parede;
- Unidades ventiloconvectores, para encastrar em tecto falso, sem móvel, versão 2 tubos, com kit de válvulas de 3 vias, tabuleiro de condensados e controlo termostático de parede;
- Unidades de ventiloconvectores, vertical, com móvel, versão 2 tubos, com kit de válvulas de 3 vias, tabuleiro de condensados e controlo termostático incluído no próprio aparelho;

A tubagem é em ferro preto, série média, isolada a coquilha de borracha esponjosa com 25 mm de espessura e revestida a alumínio de 0,6 mm de espessura.

⁴ Metros de Coluna de Água

Unidade climatizadora independente

No CTD, área informática, existe uma unidade climatizadora independente de expansão directa, do tipo cassette, com uma potência de aquecimento e de arrefecimento de 5,2 kW.

Extracção de ar viciado/Insuflação de ar novo

Existem duas unidades de tratamento de ar no sistema:

- Unidade de insuflação de ar novo/extracção de ar viciado com recuperação de energia, com bateria de água.
 - Volume Insuflação = 3360 m³/h, P=220 Pa;
 - Volume Extracção = 2080 m³/h, P=190 Pa.

Dentro do edifício, para insuflação de ar estão colocados difusores quadrados de 1 via, em alumínio, incluindo pleno de ligação. Para extracção do ar estão colocadas grelhas de extracção de ar, anodizadas, em alumínio, incluindo pleno de ligação. Esta unidade serve o piso 1.

- Unidade de insuflação de ar novo/extracção de ar viciado com recuperação de energia, com bateria de água.
 - Caudal de ar novo = 1765 m³/h, P=120 Pa;
 - Caudal de Extracção = 1905 m³/h, P=110 Pa.

Dentro do edifício existem difusores de 1 via, para insuflação de ar novo, incluindo pleno e registo de regulação. As grelhas de extracção, incluem, igualmente, pleno e registo de regulação. Esta unidade serve o piso zero.

Extracção do WC geral e dos Escritórios do Armazém

Neste espaço existe um ventilador heliocentrífugo, para colocação intercalada na conduta de extracção, com um motor de duas velocidades, incluindo uma grelha para colocação na saída para o exterior, de modo a evitar a entrada de corpos estranhos.

- Caudal =915 m³/h; Perda de carga=150 Pa.

Extracção de ar viciado e insuflação de ar novo – Cantina

Na cantina existe um recuperador de calor, do tipo ar/ar, dotado de dois circuitos de ar (ventilador de insuflação e ventilador de extracção). O sistema é composto por difusores de 1 via para insuflação de ar novo e por grelhas de extracção.

Águas sanitárias dos balneários

Para aquecimento das águas quentes sanitárias, existe um termoacumulador eléctrico, com uma capacidade de acumulação de 500 L, incluindo todos os acessórios necessários para o seu correcto funcionamento.

8. Auditoria à Qualidade do Ar Interior

“Nos edifícios de serviços existentes dotados de sistemas de climatização (...) devem ser efectuadas auditorias à QAI, no âmbito do SCE, segundo metodologia por este definida, com periodicidade e complexidade adequadas ao tipo e à dimensão do edifício.” (6).

Inicialmente visitou-se o espaço a auditar, com o objectivo de conhecer o espaço e o ambiente interior, o tipo de actividade aí desenvolvida, os materiais de construção utilizados e a sua taxa real de ocupação. Esta visita tinha como principal objectivo planear a amostragem no sentido de identificar e definir os micro – ambientes a estudar, ou seja, os locais de verificação da qualidade do ar interior e os poluentes a quantificar. O plano de amostragem deve ser previamente estudado com vista a definir a escolha dos dias de amostragem, a frequência de amostragem, o período do dia e duração da amostragem mais adequado às medições, tendo em conta os parâmetros a medir e a ocupação do espaço ou as tarefas desenvolvidas no mesmo conforme indicação do RSECE.

8.1 Selecção do Ambiente a Auditar

A escolha do micro-ambiente a estudar teve em atenção o facto de este dever ser representativo de toda a área sob estudo. Assim, a visita efectuada permitiu avaliar o seguinte:

O edifício de serviços em estudo era, na sua grande maioria, constituído por escritórios individuais, ou áreas de “open space”. Durante a visita pode verificar-se que era nas áreas de “open space” que se sentia maior desconforto relativamente à QAI, uma vez que o número de ocupantes era mais elevado e era nesses locais que mais facilmente se poderiam encontrar valores de poluentes fora dos limites permitidos pelo RSECE.

Não foi detectada qualquer falta de limpeza, nem de higiene, nos espaços visitados, não se tendo encontrado quaisquer manchas de humidade, ou presença de microrganismos nas paredes ou nos tectos.

Constatou-se ainda, que o interior do edifício se apresenta em óptimas condições, possuindo um bom estado de manutenção em todos os espaços interiores.

Todos os locais tinham os mesmos materiais de construção e mobiliário. A única excepção verificou-se nos dois escritórios da Administração que possuíam alcatifa no chão. Os materiais encontrados foram:

- Tectos – Chapa perfurada com isolamento superior de fibra de vidro (zona dos escritórios) e aglomerado de madeira (Mezaninne das Oficinas);
- Chão – placas de Poli Cloreto de Vinil (PVC) plastificado;
- Armários – aglomerados de madeira com laminados.

Foi, também, pedida uma cópia do plano de manutenção implementado na empresa, que pode ser consultado no ANEXO VI, e ainda, feito o levantamento relativo a eventuais reclamações de desconforto por parte dos ocupantes, constatando-se que estas assentavam, apenas, em divergências relativamente à regulação da temperatura nos espaços.

O tipo de ventilação presente em todos os espaços é do tipo mistura com a insuflação e extracção ambas efectuadas pelo tecto, ou seja, como já focado anteriormente, a eficiência de ventilação é considerada de 60%. Foi, ainda, feito o levantamento os valores reais de ocupação do espaço conforme indicado na Tabela 8-1.

Tabela 8-1 – Valores da taxa de ocupação por área nos locais sob estudo.

Zona	Área (m ²)	Nº ocupantes Reais	Taxa de ocupação por área (nº ocupantes/m ²)
Comercial – Produtos	146	10	0,07
AVAC	159	4	0,025
Mezaninne das Oficinas	85	6	0,07

Após a avaliação efectuada aos diferentes espaços da empresa foi decidido seleccionar como micro-ambientes a estudar os seguintes espaços:

- Zona Comercial – Produtos metálicos/Sistemas de decorações:

Zona relativa à área Comercial – Produtos – zona 3, assinalada na Figura 7-3. A escolha deste espaço teve como principais razões o facto de ser o local com maior taxa de ocupação, dez pessoas, e de ter sido identificado como representativo da actividade desenvolvida na empresa, pelo facto de existir uma fotocopiadora e de possuir todos os materiais de construção e mobiliário utilizados nos outros espaços. A visita a este espaço permitiu verificar alguma saturação do ar ambiente.

- Este local possui duas cassetes de 4 vias que têm a capacidade de insuflar 70 m³/h cada uma, para além disso, fazem o retorno do ar da sala à temperatura desejada;
- Tem uma grelha de insuflação que debita 210 m³/h;
- Tem uma grelha de extracção que retira 175 m³/h;
- Área total de 146 m²;
- Pé direito de 3m;
- Taxa de Ocupação = 0,07 ocupantes/m².



Figura 8-1 – Vista do tecto da Comercial – Produtos, assinaladas a grelha de insuflação e uma das cassetes de 4 vias.



Figura 8-2 – Grelha de Extracção – Comercial – Produtos.

- Zona AVAC – Mezaninne dos Escritórios:

Zona AVAC, situada na mezaninne do piso 1 assinalado como zona 12 na Figura 7-3. Esta escolha deveu-se ao facto de ser um espaço independente, e onde se poderiam encontrar valores diferentes dos parâmetros medidos pela sua proximidade ao telhado. Este espaço é ocupado, permanentemente, por quatro pessoas e possui uma fotocopiadora.

- Este local possui três unidades ventiloconvectores, verticais, com móvel, versão dois tubos que fazem o retorno do ar da sala à temperatura desejada;
- Tem duas grelhas de insuflação que debitam 210 m³/h cada uma;
- Tem uma grelha de extracção que retira 210 m³/h;
- Área total de 159 m²;
- Pé direito de 2,40m;
- Taxa de Ocupação = 0,025 ocupantes/m².

A zona AVAC, embora seja um “open space” com uma área elevada, tem uma taxa de ocupação muito baixa (0,025 ocupantes/m²), onde valores como CO₂, CO e ozono, directamente relacionados com esta, se apresentaram muito baixos. Neste local, a temperatura e a humidade relativa encontravam-se, também dentro da normalidade, mesmo este piso estando situado junto à cobertura. A baixa taxa de ocupação, as parecenças com a zona Comercial – Produtos e também a falta de disponibilidade de tempo, fizeram-nos optar por um estudo mais completo nas outras duas áreas. Assim, as PM10, o formaldeído e os microrganismos não foram medidos neste espaço.

- Escritório – Mezaninne das Oficinas:

A Mezaninne das Oficinas – zona 14, assinalada na Figura 7-4. Este local era constituído pelos escritórios que apoiavam as oficinas, possuía três salas, recaindo o estudo sobre a zona com maior área, uma vez que trabalhavam neste local seis pessoas em permanência. Este espaço é servido por uma UTA diferente da dos dois espaços anteriores. A visita a este local deu indicação de má qualidade do ar interior.

- Este local possui duas cassetes de 4 vias, nas quais é introduzido um caudal de ar novo de 70 m³/h cada uma, para além disso, fazem o retorno do ar da sala à temperatura desejada;
- Tem uma grelha de extracção que retira 140 m³/h;
- Área total de 85 m²;
- Pé direito de 3m;
- Taxa de Ocupação = 0,07 ocupantes/m².



Figura 8-3 - Vista do tecto da Comercial – Produtos, assinaladas a grelha de insuflação e uma das cassetes de 4 vias.

Quanto ao período, duração e frequência de amostragem foi decidido efectuar apenas uma caracterização em Abril. Consoante os parâmetros, serão efectuadas medições ao longo do dia ou apenas uma medição para os parâmetros que impliquem grandes tempos de amostragem.

O armazém e oficinas não se encontram no domínio do RSECE, motivo pelo qual não foram efectuadas quaisquer medições neste local.

8.2 Parâmetros medidos

Os instrumentos para medir a poluição do ar no interior dos espaços podem ser de três tipos: monitores portáteis, monitores contínuos ou laboratoriais, em cada caso há vantagens e desvantagens, mas para o fim a que se destina este trabalho, os métodos mais expeditos serão os escolhidos, uma vez que se tratam de medições numa empresa, logo as medições com monitores portáteis facilitam, grandemente, o trabalho e a perda de amostra é muito reduzida.

Para os parâmetros que, para sua quantificação, foram usados métodos laboratoriais, foi necessário o desenvolvimento prévio do método experimental (consulta dos procedimentos experimentais no ANEXO X).

Os parâmetros medidos foram a temperatura, humidade, velocidade do ar e taxa de renovação do mesmo, partículas (PM10), formaldeído, dióxido de carbono, monóxido de carbono, ozono, bactérias e fungos.

A medição da legionella não foi necessária, uma vez que o sistema de climatização não possui torres de arrefecimento nem humidificadores de água líquida onde a legionella pudesse proliferar. As águas quentes sanitárias para chuveiros são aquecidas por termoacumulador eléctrico a uma temperatura que ronda os 80°C logo, uma temperatura superior à suportada por esta bactéria (60°C).

Não se achou necessário proceder à análise do radão, uma vez que, para além de ser uma análise muito dispendiosa e morosa, o edifício sob estudo não possui caves, nem tem granito na sua construção.

A medição dos compostos orgânicos voláteis não se realizou por falta de orçamento para aquisição do material e reagentes necessários. Para a realização deste trabalho foi necessário investir na compra de algum equipamento e reagentes, tendo sido necessário fazer algumas opções.

8.2.1 Parâmetros Físicos

Temperatura e Humidade Relativa

O Instrumento de medição de humidade e temperatura utilizado foi o testo 625 (ANEXO IX), é um instrumento compacto com sonda integrada de humidade para a medição de humidade e temperatura ambiente. O amplo ecrã de 2 linhas apresenta a humidade, temperatura do bolbo húmido ou ponto de condensação, assim como, a temperatura.

A avaliação destes parâmetros deve ser efectuada afastada de fontes de calor ou com incidência directa da luz solar.

A campanha foi efectuada no dia 7 de Abril e recolheram-se os valores para a temperatura e para a humidade relativa apresentados, respectivamente, nas figuras 8-4 e 8-5.

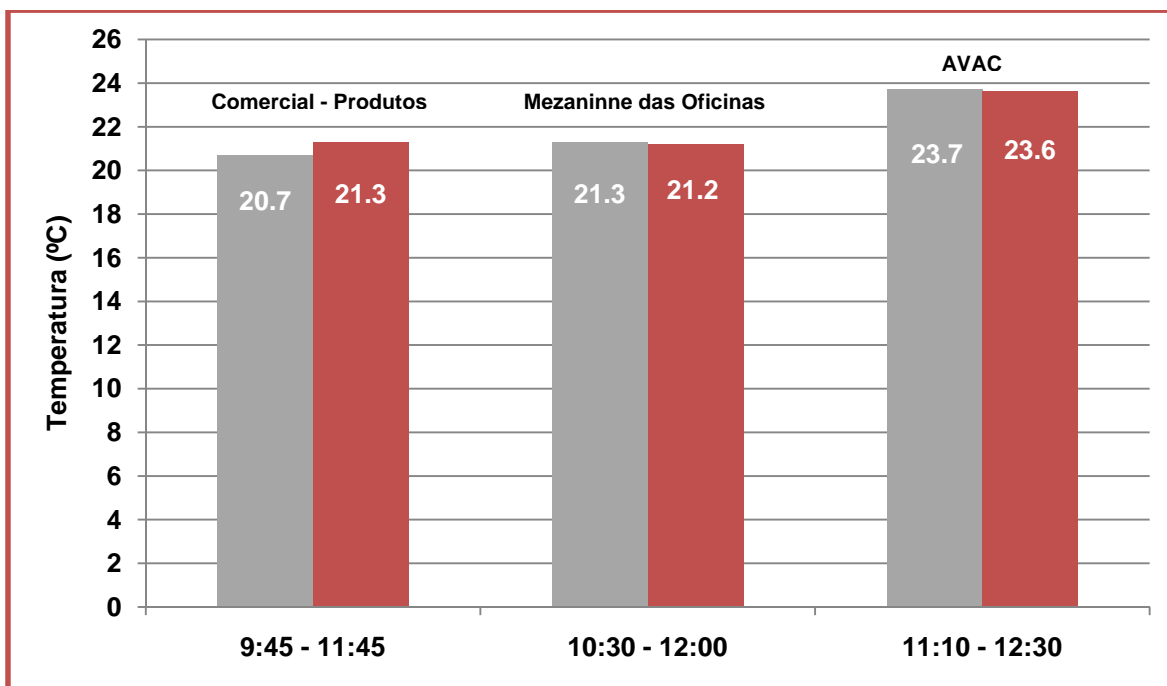


Figura 8-4 – Valores de Temperatura registados nos locais sob estudo e no exterior.

Segundo o RSECE, a temperatura ideal no inverno deve rondar os 20°C e no verão 25 °C. Na Comercial – Produtos e na Zona AVAC, as temperaturas eram ligeiramente mais elevadas, mas não significativamente. No entanto, na Mezaninne das Oficinas, a temperatura encontrava-se, aproximadamente, 4°C acima do recomendado. Este facto denotava-se, claramente, ao entrar no espaço em causa. No exterior o valor da temperatura era de 17 °C.

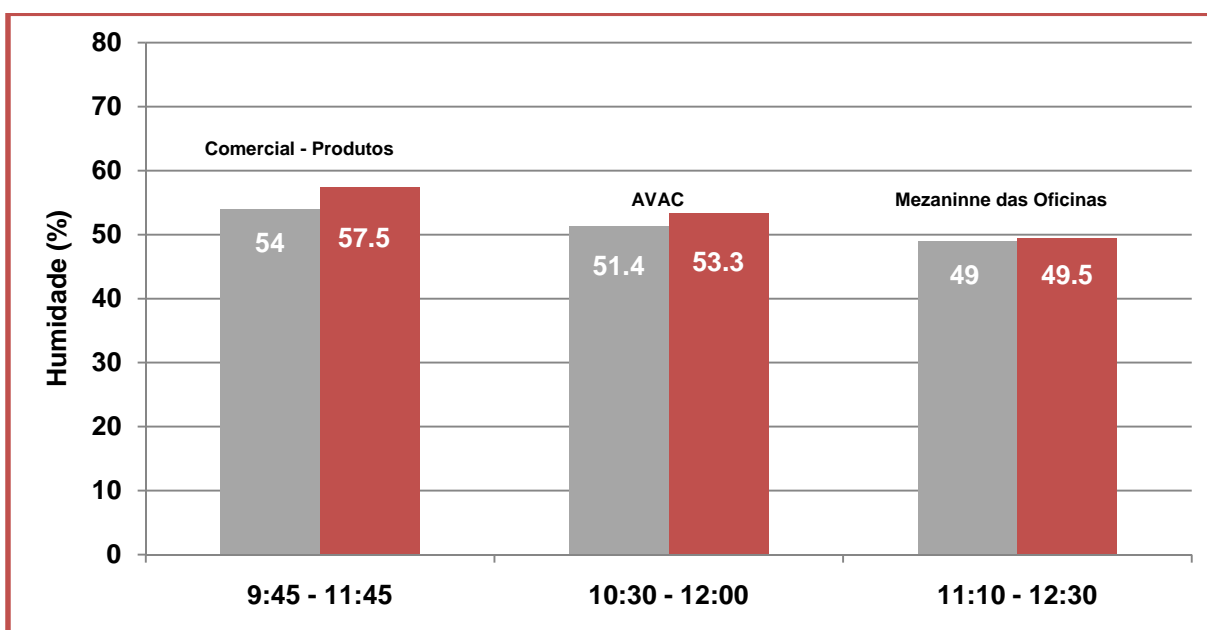


Figura 8-5 - Valores de Humidade registados nos locais sob estudo.

No que respeita à humidade relativa, esta deve rondar os 50%. Na primeira medição, na Comercial – Produtos (9:45) e na Zona AVAC (10:30), os valores medidos já se encontravam acima dos 50%. Convém referir que no exterior o dia se encontrava com uma humidade bastante elevada. Na segunda medição, por volta das 12h, o aumento de humidade foi significativo, resultado do agravamento das condições climatéricas exteriores caracterizado por chuva intensa e descida de temperatura, chegando a humidade relativa, no exterior, a alcançar os 75%. Uma vez que o sistema de climatização não possui controlo de humidade é natural que, a humidade interior, seja afectada por alterações na humidade do ar insuflado. A diferença encontrada para o teor de humidade entre os dois espaços, por volta das 12.00 h, poderá ser o reflexo da diferente taxa de ocupação dos mesmos.

Quanto à Mezaninne das Oficinas não se verificou um aumento da humidade relativa significativo entre as duas medições, ambas efectuadas após se ter registado o agravamento das condições climatéricas exteriores. A diferença do teor de humidade deste local relativamente aos outros dois explica-se com a temperatura mais elevada que se sentia na Mezaninne das Oficinas, conforme já foi verificado. Embora a humidade relativa seja diferente, de facto, o teor de humidade absoluta na Comercial – Produtos e na Mezaninne das Oficinas é idêntico, cerca de 9 g água/kg ar seco.

Partículas (PM10)

A medição deste parâmetro foi feita pelo método clássico e de referência (NIOSH 0500), isto é, o método gravimétrico – recolha em filtro e pesagem da massa recolhida, o procedimento pode ser consultado no ANEXO X.

O equipamento utilizado (ANEXO IX) é composto por uma bomba GilAir – 5, filtros de membrana porosa de 0,8 µm e cassetes de recepção do filtro. A amostragem efectuou-se na mesa do ponto a avaliar.

Foram realizados dois ensaios de amostragem para partículas no dia 22 de Abril, um na zona de Comercial-Produtos (1) e outro na Mezaninne das Oficinas (2) estando os resultados da concentração de matéria particulada representados na Figura 8-6. As amostras foram recolhidas durante cerca de 8 horas a um caudal de 2,5 L/min representando um volume de amostra de cerca de 1280 m³.

No Figura 8-6 encontra-se representada a concentração de matéria particulada para a zona Comercial - Produtos e para a Mezaninne das Oficinas.

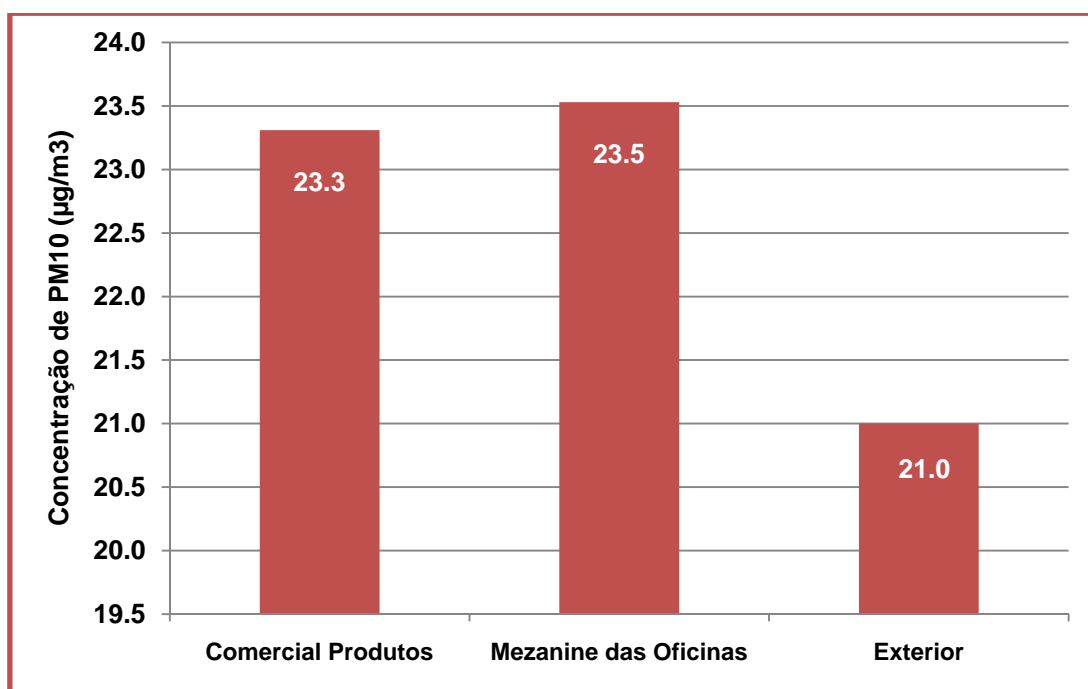


Figura 8-6 – Concentração de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) no exterior e nas áreas em estudo.

Os valores obtidos encontram-se muito abaixo do máximo permitido pelo RSECE ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De notar que a actividade desenvolvida nas oficinas, associada às emissões de poeiras, não contamina, nem afecta a qualidade do ar interior no que se refere a este parâmetro.

Como pode constatar-se, os valores encontrados no interior do edifício são pouco superiores aos valores que se verificam no exterior das instalações obtidos pela estação de medida Antas – Porto.

Velocidade do ar

A velocidade do ar foi medida utilizando um anemómetro testo 445 (ANEXOIX). A avaliação foi efectuada nos postos de trabalho, com o aparelho assente sobre a mesa, uma vez que, medir algo inferior a $0,2 \text{ m/s}$ é incompatível com segurar o equipamento à mão – a mão move-se o suficiente para introduzir grande incerteza.

A campanha foi efectuada no dia 7 de Abril e recolheram-se os seguintes valores para os locais em estudo:

Tabela 8-2 – Valores de velocidade do ar medidos nos locais em estudo.

Local	Hora	Velocidade do Ar (m/s)	Observações
Zona Comercial	9:45	0,03	Locais afastados da grelha de insuflação
		0,12	Local em frente à grelha de insuflação
Zona AVAC	10:30	0,03	Valor médio verificado nos locais de trabalho
Mezaninne Oficinas	11:10	0,03	Valor médio verificado nos locais de trabalho

No que respeita à velocidade do ar, segundo o RSECE, esta não deve ultrapassar os 0,2 m/s junto dos ocupantes dos espaços. Como se pode constatar foram medidos valores inferiores ao máximo permitido pelo regulamento, em todos os espaços em estudo. Constatou-se que mesmo nos locais situados em frente à grelha de insuflação, o valor máximo recomendado para a velocidade do ar não era ultrapassado.

Caudais Mínimos de Ar Novo

Segundo o DL n.º 79/2006, Artigo 4º, um dos requisitos exigenciais recai no valor mínimo da renovação do ar por espaço, em função da sua utilização e do tipo de fontes poluentes nele existentes, nomeadamente as derivadas dos materiais de construção aplicados. Deve ter-se em conta, igualmente o tipo de ventilação utilizada e a sua eficiência. Neste caso específico, em todos os espaços a ventilação é do tipo mistura com uma eficiência de ventilação estimada em 60%, uma vez que, a insuflação e extracção se encontram localizadas ao nível do tecto.

No que respeita ao cálculo de caudal de ar mínimo necessário, este pode ser efectuado de duas formas:

- Tendo em conta a área do local – $m^3 / (h.m^2)$;
- Tendo em conta a taxa de ocupação real do espaço – $m^3 / (h.ocupante)$.

O DL n.º79/2006 indica como valores de referência, para o sector dos serviços, os valores de caudais mínimos de ar novo indicados na Tabela 8-3.

Tabela 8-3 – Caudais mínimos de ar novo – sector de serviços.

Caudal de Ar mínimo necessário	Área	$5 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{m}^2)$
	Taxa de Ocupação	$35 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{ocupante})$

Tendo em conta os valores anteriores pode construir-se a Tabela 8-4 que explicita os caudais teóricos de insuflação, que seriam necessários, por área dos espaços e taxa de ocupação real. Segundo o RSECE, o caudal de ar novo mínimo a cumprir, entre o cálculo por área ou por número de ocupantes, é o maior dos dois.

Foi feito um levantamento dos caudais de insuflação e de extracção de projecto e os valores obtidos foram comparados com os valores reais, medidos nos espaços em estudo com um equipamento designado por cone/balómetro da marca Alnor (ANEXO IX), como se pode analisar na Tabela 8-4.

Tabela 8-4 – Caudais de ar novo teóricos por área e por taxa de ocupação, caudais de projecto e reais.

Local Amostragem	Ocupação	Área (m ²)	Caudal ar novo mínimo teórico área (m ³ /h)	Caudal de ar novo mínimo teórico ocupante (m ³ /h)	Caudal Insuflação Projecto (m ³ /h)	Caudal Extracção Projecto (m ³ /h)	Caudal Insuflação Real (m ³ /h)	Caudal Extracção Real (m ³ /h)
Comercial Produtos	10	146	730	350	350,0	175,0	666,0	183,6
Mezaninne Oficinas	6	85	425	210	140,0	140,0	n.q. (< 170)	n.q. (< 85)
AVAC	4	159	795	140	420,0	210,0	554,4	n.q(< 170)

Analisando os valores calculados para o caudal mínimo de ar novo, verifica-se que em todos os espaços o maior valor é por área. Assim sendo, e assumindo, numa primeira fase que a eficiência de ventilação é de 100% e que não existem materiais não ecologicamente limpos nos espaços, verifica-se que os caudais de projecto não cumprem esta especificação em nenhuma das três zonas.

Se se implementar um aumento de 40% nos caudais mínimos de ar novo devido à eficiência de ventilação ser de 60%, os valores mínimos insuflados passariam para 1022

m³/h na comercial – produtos, 595 m³/h na mezaninne das oficinas e 1113 m³/h na zona AVAC, valores muito acima dos registados nos locais.

Pela análise dos valores reais medidos, pode concluir-se que existem alguns desvios relativamente aos caudais de projecto. Para a Comercial – Produtos, pode constatar-se que o caudal de extracção é semelhante ao projectado mas, o caudal de insuflação é superior ao dimensionado. No entanto, este foi um dos valores sobre o qual ficaram algumas dúvidas relativamente ao valor real medido, já que foram medidos valores inferiores ao apresentado sendo que o menor foi de 118 m³/h. Na zona AVAC, o caudal de insuflação é, igualmente, superior ao projectado. Quanto ao caudal de extracção, embora se sinta junto às duas grelhas existentes neste espaço que o sistema está a retirar ar do local, não foi possível quantificar o seu valor uma vez que o caudal extraído por grelha é inferior ao limite de detecção do aparelho de medição, que é de 85 m³/h. No entanto, pode afirmar-se que o caudal de extracção na zona AVAC é inferior a 170 m³/h e portanto é inferior ao caudal de projecto. Na Mezanine das Oficinas, pelo mesmo motivo da zona AVAC, não foi possível a quantificação dos caudais de extracção nem de insuflação. Do mesmo modo podemos afirmar que o valor da insuflação será inferior a 170 m³/h uma vez que esta é feita por duas cassetes, ou seja não foi possível verificar se o valor de projecto é respeitado. Quanto à extracção deste local podemos afirmar que o seu caudal é inferior ao valor de projecto uma vez que o valor real será inferior a 85 m³/h.

Taxa de renovação do ar

Segundo o RSECE, a taxas de renovação em cada espaço deve ser inferior a 8 RPH e é recomendado que seja superior a 3 RPH para que a mistura seja garantida. Com o maior valor, de insuflação, ou de extracção, pode calcular-se para cada espaço a taxa de renovação de ar como apresentado na Tabela 8-5.

A taxa de renovação de ar novo teórica foi calculada com base nos caudais mínimos de ar novo, com o incremento de 60%, devido à eficiência de ventilação.

Tabela 8-5 – Taxas de Renovação de Ar Novo.

Local de Amostragem	Taxa de Renovação de Ar Novo Teórica (RPH)	Taxa de Renovação de Ar Novo Real (RPH)
Comercial Produtos	2,3	1,52
Mezaninne Oficinas	2,92	n.q.
AVAC	2,4	1,16

Em todos os espaços sob estudo a taxa mínima de renovação de ar se encontra muito abaixo das 8 RPH, não sendo alcançado, no entanto, o valor mínimo recomendado de 3 RPH.

8.2.2 Parâmetros Químicos

Dióxido de Carbono (CO₂) e Monóxido de Carbono (CO)

O equipamento de medição utilizado para estes parâmetros foi o teste 400 (ANEXO IX).

As medições de CO₂ e CO foram efectuadas perto dos postos de trabalho, as sondas não se encontravam direccionadas para as pessoas, para que não houvesse uma relação directa entre os valores medidos e a respiração das mesmas.

A campanha foi efectuada no dia 7 de Abril e recolheram-se os seguintes valores, apresentados no Figura 8-7 e Figura 8-8, para os locais em estudo.

O valor máximo permitido pelo RSECE para o dióxido de carbono é 1000 ppm. Como se pode verificar pelos valores obtidos, em todos os lugares este limite é cumprido. É de salientar que o teor de CO₂, segundo valores da APA (ANEXO I), no ar exterior se encontra no limiar do que se recomenda para efeito de recolha de amostras (450 ppm), cerca de 50% do limite máximo.

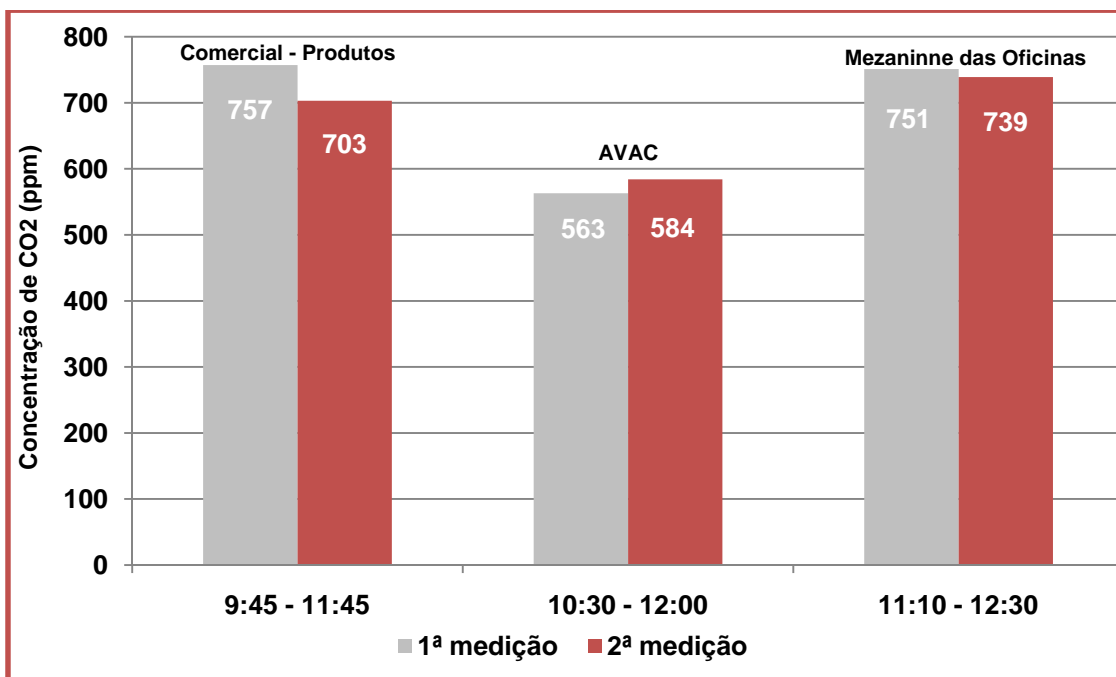


Figura 8-7 – Valores de CO₂ medidos nos locais sob estudo.

Os resultados mostram que os valores de concentração de CO₂ se mantiveram idênticos com o passar da manhã, não havendo grandes variações. No entanto, pode verificar-se que o teor de CO₂ é bem mais elevado na Comercial - Produtos e Mezaninne das Oficinas que na AVAC atingindo valores com uma ordem de grandeza de cerca de 75% do limite máximo admitido. Mais uma vez, este facto é um indicador e o resultado da maior taxa de ocupação que se verifica nestes dois locais quando comparada com a AVAC.

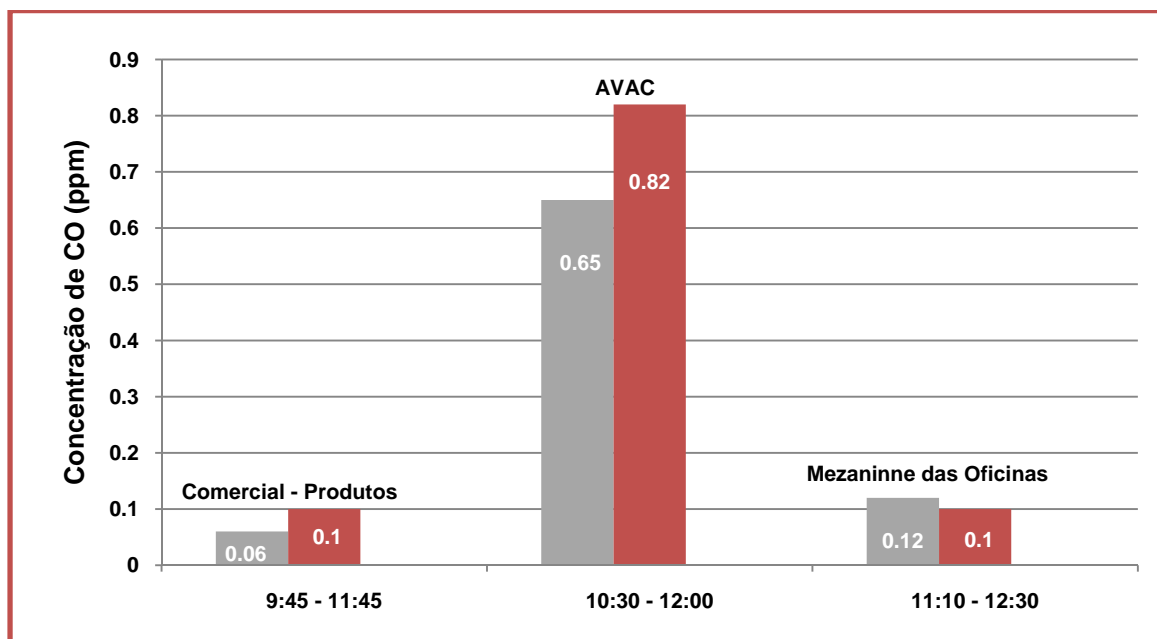


Figura 8-8 - Valores de CO medidos nos locais sob estudo.

Quanto ao teor de CO o seu valor no exterior foi de 0,64 ppm, o valor máximo permitido pelo RSECE, para a concentração de monóxido de carbono é de 10 ppm.

Como se pode constatar, pela análise dos valores apresentados para o teor de monóxido de carbono, apenas foram detectados vestígios de CO nos espaços em análise. De facto, o valor medido é muito baixo e com uma incerteza associada da mesma ordem de grandeza do valor medido. No entanto, podemos garantir que o valor se encontra abaixo do limite máximo permitido.

Ozono

A medição deste parâmetro foi efectuada com um equipamento de leitura directa - Aeroqual – série 200 (Anexo IX). Segundo o regulamento, o valor máximo permitido para o ozono é de 200 µg/m³ e este deve ser medido com o equipamento na mão, ao nível do tronco/nariz.

A medição deste parâmetro efectuou-se no dia 10 de Julho. O valor registado no exterior, para este parâmetro, no mesmo dia, foi de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, segundo dados da APA.

Este parâmetro não foi detectado na zona AVAC nem na Mezaninne das Oficinas. Na Comercial – Produtos o valor médio registado foi de $3,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor insignificante, quando comparado com o limite máximo.

Formaldeído

O método de medição utilizado foi a recolha em meio líquido (água destilada) e análise por espectrometria de UV/VIS. O equipamento de análise utilizado para este parâmetro é o DR 2000 (ANEXO IX).

O equipamento utilizado na amostragem é composto por uma bomba GilAir – 5 e dois conjuntos de matraz com borbulhador ligados em série, como se pode ver na Figura 8-9.



Figura 8-9 – Esquema da instalação para recolha do formaldeído.

A medição do formaldeído, para a Mezaninne das Oficinas, foi efectuada no dia 9 de Maio, o procedimento experimental pode ser consultado no ANEXO X. A recolha de amostra de ar foi efectuada durante 2 horas a um caudal de 2 L/min perfazendo um volume de ar borbuhlado de cerca de 240L. Na comercial – produtos, a medição do formaldeído foi efectuada no dia 10 de Julho durante, aproximadamente, 90 minutos, a um caudal de 2 L/min e um volume de ar borbuhlado de 190 L.

Na Figura 8-10 apresentam-se os valores medidos para o formaldeído para os locais sob estudo. Após análise dos valores medidos, pode concluir-se que o nível de formaldeído se encontrava dentro dos limites permitidos pelo RSECE ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

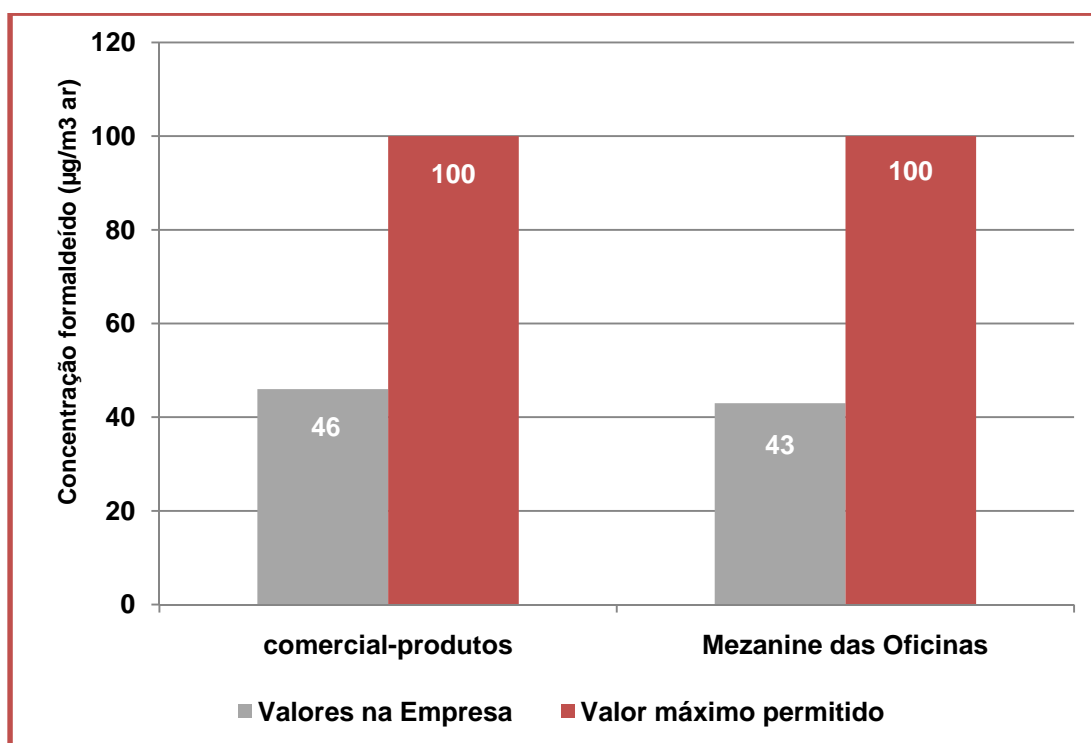


Figura 8-10 - Valores de CH₂O medidos nos locais sob estudo.

8.2.3 Parâmetros Microbiológicos

A amostragem deste parâmetro foi efectuada por borbulhamento do ar em água usando, uma vez mais, o sistema de amostragem que consta de bomba GilAir – 5 e matraz com borbulhador conforme se mostra na Figura 8-11.

A medição destes parâmetros deve ser efectuada perto das grelhas de extracção, uma vez que por aí passa o ar contaminado da sala, outro local de avaliação deve ser junto do local de trabalho dos ocupantes, de forma a identificar se as zonas à sua volta se encontram contaminadas.



Figura 8-11 – Esquema da instalação para recolha de microrganismos.

Bactérias e Fungos

A amostragem destes parâmetros foi efectuada no dia 21 de Abril tendo-se recolhido para as bactérias uma amostra de cerca de 300L de ar, e para os fungos, aproximadamente, 400 L. O caudal de aspiração usado foi de 4 L/min e o tempo de amostragem rondou os 75min para as bactérias e os 100min para os fungos.

As amostragens foram feitas separadamente para bactérias e fungos utilizando frascos borbulhadores diferentes para cada tipo de microrganismo na comercial produtos e na Mezaninne das oficinas.

O meio utilizado para a cultura de bactérias foi o nutriente Agar a 36 °C e o meio utilizado para a cultura dos fungos foi o SAB a 26°C. A contagem de UFC foi efectuada passado 48 horas.

Na Figura 8-12 está representada a cultura das baterias, à esquerda e dos fungos à direita, após 48 h de incubação em estufa.

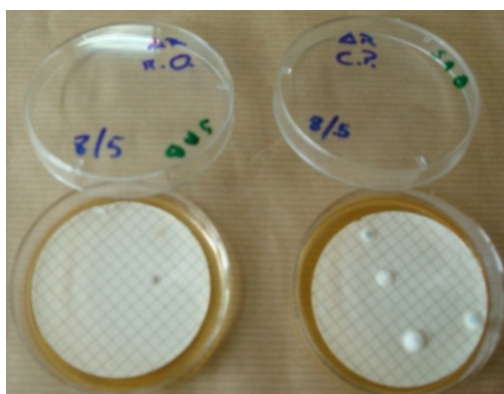


Figura 8-12 – Cultura de bactérias e colónias, respectivamente.

No Figura 8-13 encontra-se representada a contagem de bactérias e fungos em UFC/m³ para a zona de Comercial – Produtos e para a Mezaninne de Oficinas.

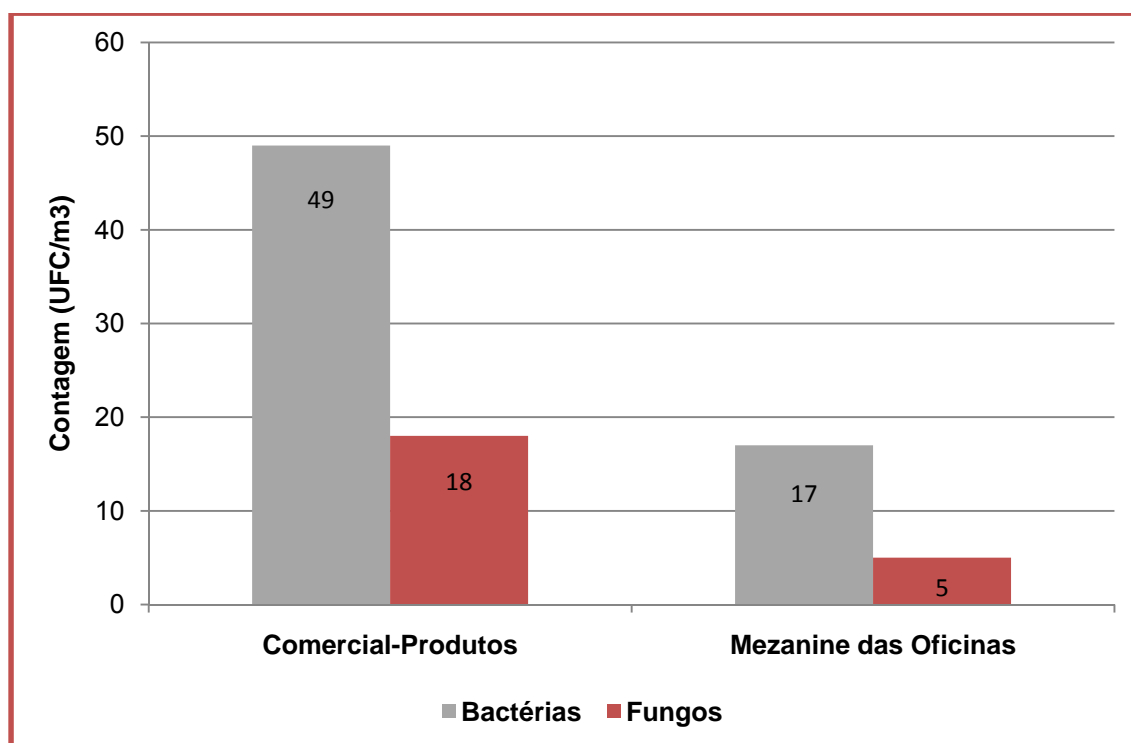


Figura 8-13 – Contagem das bactérias e fungos (UFC/m³) obtidos nos locais sob estudo.

Por análise da Figura 8-13 pode concluir-se que o número de unidades formadoras de colónias de bactérias encontrado foi muito reduzido, relativamente ao valor máximo permitido pelo RSECE de 500 UFC/m³, quer na Comercial – Produtos, quer na Mezaninne das Oficinas. No entanto, o número de colónias encontradas na Comercial – Produtos foi muito superior ao encontrado na Mezaninne das Oficinas.

Uma vez que, ambos os espaços, possuem elevada taxa de ocupação, com alguns indicadores de limitação na renovação de ar, os valores encontrados são o reflexo do bom estado de limpeza dos filtros das UTA's, como se veio a confirmar aquando da sua inspeção visual. A diferença de resultados encontrados entre a Comercial - Produtos e a Mezaninne das Oficinas, embora sem significado, pode estar relacionada com o grau de limpeza dos filtros diferentes nas duas UTA's que servem estes espaços.

No que respeita aos fungos, esta era já a segunda análise que se executava. Na primeira campanha não se registou qualquer aparecimento de UFC de fungos o que relacionamos com o mau estado do meio de cultura em que se inseriu o filtro, no entanto, após a segunda recolha, concluiu-se que as unidades formadoras de colónias que apareceram não foram muito significativas, não se chegando sequer a alcançar o mínimo necessário para que seja válida a amostragem (5 UFC por análise). Estes dados permitem-nos concluir que, a presença de fungos nos espaços é muito reduzida, e muito abaixo do máximo

permitido pelo RSECE (500 UFC/m³) e que a análise deveria ser repetida com um aumento de volume de amostra, aumentando-se para isso o tempo de amostragem.

8.3 Inspeção e Avaliação de limpeza do Sistema AVAC

Da recolha de informação faz parte o levantamento do plano de manutenção, directamente associado ao QAI, como já foi referido anteriormente. Neste caso, não existia um plano estruturado, mas sim um conjunto de procedimentos periódicos, com regras previamente definidas (ANEXO VI).

A altura em que foi realizada a inspeção aos equipamentos, coincidiu com o período em que se devia efectuar uma limpeza ao sistema e fazer as verificações, normalmente, executadas, que constam no conjunto de procedimentos periódicos. Estas, têm lugar, quase na sua totalidade, trimestralmente.

Esta fase do trabalho consistiu, essencialmente, na inspeção visual do estado de limpeza e conservação de grelhas de insuflação e extracção e dos principais componentes das UTA's, como filtros, permutadores, condutas etc. Foi necessária, também, a verificação do cumprimento das regras para os locais de colocação da UTA e condições de captação de ar novo.

Condutas

O acesso a condutas para limpeza de toda a rede de distribuição de ar (portas de visita), não existiam, razão pela qual não foi possível realizar a inspeção ao seu estado de limpeza e manutenção. A ausência de portas de acesso às condutas, indica a falta de limpeza anual das mesmas, segundo o previsto pelo RSECE.

Ventiloconvectores

Na Figura 8-13 está representada uma cassete de 4 vias que introduz o ar novo, em alguns locais da empresa. Na mesma figura encontra-se, ainda, representado o filtro que se situa por dentro da interface entre a cassete e o espaço a climatizar. Este filtro tem como finalidade o impedimento da entrada de poeiras no espaço e encontrava-se em boas condições de limpeza.



Figura 8-14 – Ventiloconvector que introduz ar novo nos espaços, à esquerda. À direita, filtro que condiciona a entrada de poeiras no espaço.

Unidades de Tratamento de Ar

1) UTA do piso 1

Seguidamente, apresentam-se as imagens da unidade de tratamento de ar que alimenta a zona de escritórios da empresa (Comercial – Produtos e zona AVAC).

Em primeiro lugar, é de focar a má localização da UTA, uma vez que se situava por baixo de uma janela. Este local não é aconselhável, porque estes equipamentos fazem algum barulho que incomoda os ocupantes do espaço contíguo, mas sobretudo porque a extracção se situa por baixo da janela, logo, se esta for aberta, o ar extraído entra no espaço.



Figura 8-15 – Vistas da Unidade de tratamento de ar.

Esta unidade de tratamento de ar encontrava-se visualmente degradada, devido às condições climáticas a que se encontra sujeita, como se pode verificar pelas figuras. Na Figura 8-16 pode ver-se o local de entrada de ar novo, à esquerda e da saída de ar à direita.



Figura 8-16 – Unidade de tratamento de ar: entrada de ar – insuflação e saída do ar – extração, respectivamente.

A UTA tem dois estágios de filtros, estando os pré-filtros representados na Figura 8-17. Estes, apresentavam algumas folhas e pequenos detritos arrastados pelo ar resultado da zona bastante arborizada onde se encontra localizada a captação de ar. O grau de sujidade apresentado pelos filtros não foi considerado elevado e reflecte o cumprimento periódico de manutenção de limpeza dos mesmos, uma vez que esta estava marcada para muito breve, segundo o plano de manutenção (ANEXO VI).

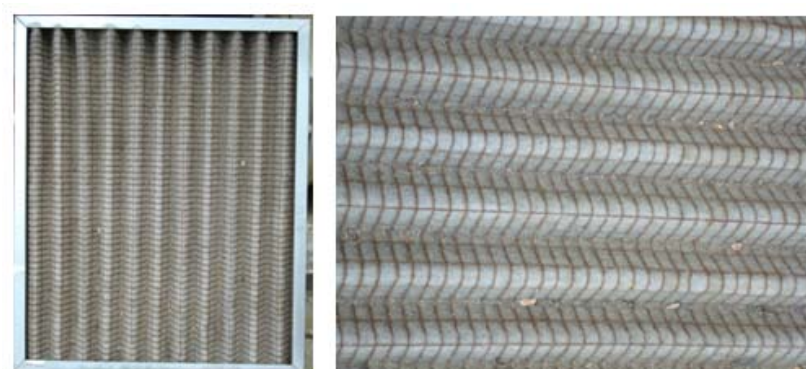


Figura 8-17 – Vista dos pré-filtros da unidade de tratamento de ar.

Quanto ao segundo estágio de filtros de mangas, que têm como função reter as partículas de menor dimensão que não são captadas pelos pré-filtros, constatou-se que estes apresentavam alguma sujidade mas sendo classificado o seu estado de limpeza como bom.



Figura 8-18 – Vista do filtro de mangas da unidade de tratamento de ar.

Na Figura 8-19 tem-se uma vista do permutador de fluxo de cruzado. Este, aparentemente, encontrava-se em boas condições de manutenção e limpeza.



Figura 8-19 – Vista do permutador da UTA.

No que respeita ao funcionamento desta UTA, pôde constatar-se que esta se encontrava com um problema no atenuador acústico, razão pela qual fazia muito ruído.

2) UTA do piso 0

A Figura 8-20 representa a unidade de tratamento de ar que alimenta a Mezaninne das Oficinas. A inspecção a esta UTA não foi possível efectuar-se, devido à dificuldade de acesso à sua localização.

Aparentemente, esta UTA encontrava-se em melhor estado, a nível visual, do que a primeira, embora a aproximação não tenha sido possível, o que dificulta, grandemente, esta análise.



Figura 8-20 – Vista da Unidade de tratamento de ar que alimenta a Mezaninne das Oficinas.

Esta UTA serve a Mezaninne das Oficinas, na qual não foi possível quantificar os caudais de insuflação e de extracção, uma vez que estes eram muito baixos, como já referido anteriormente. Logo, aparentemente, esta unidade de tratamento de ar também não se encontra no seu perfeito funcionamento.

9. Conclusões

O objectivo principal deste trabalho foi o estudo da QAI na zona de escritórios de um edifício de serviços – COCIGA S.A. A visita prévia feita ao edifício permitiu constatar que não havia distinção na actividade desenvolvida nos diferentes espaços que constituem a empresa e que os materiais de construção e mobiliário utilizados, eram iguais em todos os locais da empresa. Assim, a selecção dos espaços para efectuar a avaliação da qualidade do ar interior recaiu, sobre aqueles que apresentavam condições para uma pior qualidade do ar interior.

Seleccionou-se a zona de Comercial – Produtos, um “open space” que apresentava uma elevada taxa de ocupação, a zona AVAC, escolhida devido à sua proximidade da cobertura, e por fim, seleccionou-se a Mezanine das Oficinas, por ser uma área servida por uma UTA diferente dos dois primeiros locais, por possuir elevada taxa de ocupação e por se localizar numa zona onde a QAI poderia ser afectada pela actividade desenvolvida nas oficinas da empresa.

Os **parâmetros físicos** quantificados na avaliação da QAI foram a temperatura, a humidade relativa, a velocidade do ar, a taxa de renovação do ar e a matéria particulada (PM10).

O estudo da temperatura foi efectuado a 7 de Abril, nesta altura as temperaturas exteriores ainda se encontravam, relativamente baixas. Para o inverno, a temperatura de referência pela norma 55-2004 da ASHRAE é de 20 °C. Na Comercial – Produtos e na Zona AVAC, as temperaturas eram ligeiramente mais elevadas (21°C), mas não significativamente. No entanto, na Mezanine das Oficinas, a temperatura encontrava-se, aproximadamente, 4°C acima do recomendado. O desvio deste parâmetro, relativamente, ao valor de referência indicado pelo RSECE, apenas se reflectirá no estado de conforto dos ocupantes, não pondo em causa a qualidade do ar interior.

Quanto à humidade relativa, destaca-se o facto de no dia das medições estar a chover, sendo a humidade relativa exterior de 75%. Nos espaços interiores houve um aumento da humidade relativa ao longo do tempo de medições. Na Comercial – Produtos o valor médio para este parâmetro foi de 56%, para a zona AVAC 52% e na Mezanine das Oficinas obteve-se um valor médio de 49%. Neste último local, a humidade relativa era mais baixa, devido à temperatura mais elevada no local, embora a humidade absoluta fosse

igual em todos os locais. Os valores de referência para humidade relativa situam-se entre os 30 e os 70%, segundo a norma 55-2004 da ASHRAE, logo, todos os espaços cumprem este parâmetro.

A velocidade do ar deve, no máximo, ser de 0,2 m/s, todos os espaços apresentavam um valor médio de 0,03 m/s.

A taxa de renovação do ar deve ser inferior a 8 RPH e é recomendado que esta seja superior a 3 RPH para que a mistura seja garantida. Na comercial – produtos a taxa de renovação verificado foi de 1,52 RPH e na Zona AVAC de 1,16 RPH, ambos abaixo das 8 RPH, mas não alcançando o valor recomendado. Na mezaninne das oficinas não foi possível quantificar este valor, uma vez que não se conseguiram medir os caudais de insuflação e extracção.

Os valores medidos para os caudais de insuflação e de extracção permitiram concluir que em nenhum dos espaços em análise os caudais mínimos de ar novo estão de acordo com o projecto e que estes possuem valores muito inferiores aos que seriam impostos pelo RSECE. Uma vez que a eficiência de ventilação é de 60% é necessário implementar um aumento de 40% nos caudais mínimos de ar novo.

A concentração de partículas (PM10) foi avaliada na Comercial – Produtos, obtendo-se um valor de 23,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e na Mezanine das Oficinas, cujo valor obtido foi de 23,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A matéria particulada (PM10) tem como limite, imposto pelo RSECE, o valor de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Assim, este parâmetro encontra-se abaixo do limite regulamentar.

Os **parâmetros químicos** medidos na avaliação da QAI foram o dióxido de carbono, monóxido de carbono, ozono e formaldeído.

O CO_2 , o CO e o ozono são parâmetros inerentes à taxa de ocupação dos espaços, assim, o valor médio mais elevado para o CO_2 foi na Mezaninne das Oficinas, 745 ppm, seguidamente, na Comercial – Produtos com o valor de 730 ppm e, por fim, a zona AVAC onde se registou o valor de 573 ppm. Os valores de CO, como era esperado, uma vez que, dentro dos edifícios passou a ser proibido fumar e não existem fontes de contaminação deste poluente no interior, foram muito baixos. Assim, os valores médios obtidos foram de 0,08 ppm para a Comercial – Produtos, 0,73 ppm para a zona AVAC e 0,11 ppm para a Mezaninne das Oficinas. Segundo o regulamento, os valores máximos para estes parâmetros situam-se nos 1000 ppm para o CO_2 e 10 ppm para o CO, logo, em todos os locais os limites são, largamente, cumpridos.

O ozono não foi detectado na zona AVAC, nem na mezaninhe das oficinas. Na comercial – produtos apresentou um valor médio de de $3,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor insignificante quando comparado com o limite do RSECE.

O formaldeído tem como limite máximo $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, as suas principais fontes são os materiais de construção/mobiliário. Mesmo estando presente nos espaços um material não ecologicamente limpo, pavimento - placas de Poli Cloreto de Vinil (PVC) plastificado, os valores medidos estavam abaixo do valor máximo sendo de $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a Comercial – Produtos e $43,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a Mezaninhe das Oficinas. O facto de não se encontrar formaldeído em excesso neste momento, não quer dizer que na altura em que o chão foi colocado, estes valores não se encontravam fora do limite., mas como o pavimento tem já 5 anos, a emissão vai decaindo.

Os **parâmetros microbiológicos** quantificados na avaliação da QAI foram as bactérias e os fungos.

Os valores obtidos para as bactérias foram $49 \text{ UFC}/\text{m}^3$ e $17 \text{ UFC}/\text{m}^3$, respectivamente, para a Comercial – Produtos e para a Mezaninhe das Oficinas. Para os fungos obtiveram-se $18 \text{ UFC}/\text{m}^3$ na Comercial – Produtos e $5 \text{ UFC}/\text{m}^3$ na Mezaninhe das Oficinas. O número de unidades formadoras de colónias encontrado foi muito reduzido, quer para as bactérias, quer para os fungos, relativamente ao valor máximo permitido pelo RSECE de $500 \text{ UFC}/\text{m}^3$, quer na Comercial – Produtos, quer na Mezaninhe das Oficinas. Uma vez que, ambos os espaços, possuem elevada taxa de ocupação, os valores encontrados são o reflexo do bom estado de limpeza dos filtros das UTA's, como se veio a confirmar quando se fez a monitorização/inspecção da mesma. A diferença de resultados encontrados entre a Comercial - Produtos e a Mezaninhe das Oficinas.

A medição da legionella não se justificou, uma vez que o sistema de aquecimento da água para os chuveiros é feito por um cilindro que a aquece a 80°C , valor muito elevado para a legionella que não sobrevive acima dos 60°C .

A **inspecção aos sistemas AVAC** é outra fase abrangida pelo RSECE-QAI. Desta, faz parte a verificação do estado geral dos equipamentos e o seu estado de limpeza.

Constatou-se que não existia um plano de manutenção preventiva, propriamente dito, mas apenas umas tabelas com alguns procedimentos e sua periodicidade. Seria necessária a elaboração de um PMP para futuras intervenções na instalação. Quanto à inspecção do sistema AVAC, verificou-se a não existência de portas de acesso às condutas, logo, não foi possível avaliar o estado de conservação e limpeza das mesmas. A não existência de portas de acesso, indica que a limpeza anual que, segundo o regulamento,

deve ser realizada às condutas, não é efectuada. Os filtros situados no interior dos ventiladores encontravam-se em bom estado de conservação e limpeza.

Da inspecção à unidade de tratamento de ar (UTA) que servia a Comercial – Produtos e a zona AVAC concluiu-se que esta não estava instalada na melhor localização possível, uma vez que se encontra por baixo de uma janela, logo a abertura da mesma pode fazer com que o ar que sai pela extracção entre directamente para o interior do edifício. A UTA apresentava alguma degradação exterior, embora os componentes interiores – pré-filtros, filtros de mangas e permutador, se encontrassem num bom estado de limpeza, tendo em conta o facto de a inspecção ter sido feita na altura em que o sistema ia ser limpo. Esta UTA não se encontra a trabalhar nas melhores condições. Necessita de um ajuste nos registos de entrada de ar, uma vez que, o seu funcionamento se apresenta inconstante, encontrando-se esta a debitar quantidades de ar muito superiores às projectadas em alguns locais, havendo outros espaços onde, forçosamente, o ar insuflado não será suficiente. Seria necessária a elaboração de um PMP para futuras intervenções na instalação.

A unidade de tratamento de ar que serve a Mezaninne das Oficinas não foi inspeccionada devido à sua localização na cobertura embora, aparentemente, se encontrasse em bom estado exterior. Esta unidade também não se encontra no seu estado de funcionamento normal, uma vez que não foi possível a medição da insuflação e da extracção na mezaninne das oficinas.

Concluindo, pode afirmar-se que, apesar de a taxa de renovação do ar nos espaços ser inferior ao recomendado, a qualidade do ar interior no edifício encontrava-se em boas condições, uma vez que nenhum dos parâmetros analisados ultrapassou o limite máximo imposto pelo RSECE.

9.1 Sugestões à COCIGA, S.A.

Para cumprimento do RSECE-QAI sugere-se uma revisão geral do sistema AVAC passando os caudais de ar novo insuflados nos espaços a serem quantificados tendo por base a área dos espaços com um incremento de 40% do valor, caso se mantenha a extracção e insuflação pelo tecto.

A presença de materiais não ecologicamente limpos no edifício, como é o caso do pavimento, obriga a uma taxa de renovação 50% superior aos valores de projecto, no entanto, como os valores dos parâmetros afectados por estes materiais, se encontram dentro dos limites, o incremento de 50% na taxa de renovação do ar não será necessária.

Sugere-se uma verificação/inspecção às unidades de tratamento de ar, uma vez que, o seu funcionamento não parece estar de acordo com o esperado. Necessita de um ajuste nos registos de entrada de ar, uma vez que, o seu funcionamento se apresenta inconsistente, encontrando-se esta a debitar quantidades de ar muito superiores às projectadas em alguns locais, havendo outros espaços onde, forçosamente, o ar insuflado não será suficiente.

Sugere-se a elaboração e cumprimento de um plano de manutenção preventiva que inclua não só os equipamentos, mas também, toda a rede de distribuição de ar de forma, a colmatar as falhas registadas no sistema AVAC.

Por último, sugere-se um maior cuidado/sensibilização na regulação da temperatura nos diferentes espaços, que pode ser efectuada individualmente por manipulação do controlador de parede da cassette de 4 vias existente em cada local.

10. Bibliografia

1. DECRETO-LEI nº 78/2006. "D.R. Série A" 67 (2006-04-04) 2411.
2. DECRETO-LEI nº 80/2006. "D. R. Série A" 67 (2006-04-04) 2468.
3. ADENE. Perguntas & Respostas sobre o RCCTE. Dezembro de 2007.
4. —. Perguntas & Respostas sobre o RSECE. Junho de 2007.
5. Apontamentos do Curso de Formação para candidatos a Peritos Qualificados no âmbito do SCE RSECE. FEUP 2007.
6. DECRETO-LEI nº 79/2006. "D. R. Série A" 67 (2006-04-04) 2416.
7. In ISIAQ Glossary of Indoor Air Sciences. 2006.
8. OAHN, Nguyen Thi Kim e HUNG, Yung-Tse. Indoor Air Pollution Control. *Handbook of Environmental Engineering, Volume II: Advanced Air Noise Pollution Control*. s.l. : The Humana Press, Inc.
9. Monge, João. WordPress.com. <http://pt.wordpress.com/tag/conforto-higrotermico/>. [Online] 3 de 10 de 2007. [Citação: 29 de 02 de 2008.]
10. ASHRAE, Norma 55-2004. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.
11. RODRIGUES, Danielle Gonçalves *et al.* Avaliação das Concentrações de Compostos Orgânicos Voláteis no Município de Espírito Santo do Pinhal Através de Amostragem Passiva. *Engenharia Ambiental*. Junho de 2007, Vols. v.4,n.2.
12. Wikipédia. [Online] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Oz>. [Citação: 03 de 03 de 2008.]
13. *Contaminação do ar interior por bioaerossóis*. GOMES, João Fernando Pereira. s.l. : Revista Portuguesa de Pneumologia/Artigo de Revisão, Dezembro de 2002.
14. BLUYSSSEN, Philomena M. *et al.* Why, when and how do HVAC-systems pollute the indoor environment and what to do about it? *Building and Environment*. Elsevier Science, 2002.
15. SEELIG, Marina Fonseca, *et al.* A Ventilação e a Qualidade do Ar Interior de Ambientes Fechados. Brasil

ANEXOS

ANEXO I – Ar Exterior

O índice de qualidade do ar é uma ferramenta que permite uma classificação simples e compreensível do estado da qualidade do ar é relativo a uma determinada área e resulta da média aritmética calculada para cada um dos poluentes medidos em todas as estações da rede dessa área.

Diariamente, este índice é disponibilizado pela Agência Portuguesa do Ambiente, com base em informação recolhida pelas Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional a partir de valores médios de concentração poluentes.

A qualidade do ar exterior foi analisada nos dias anteriores à avaliação da QAI na empresa sob estudo.

A Agência Portuguesa do Ambiente controla diversos parâmetros, para este estudo, apenas interessa a matéria particulada (PM10), monóxido de carbono e ozono.

A estação escolhida para verificação das concentrações dos poluentes no exterior, foi a Porto – Antas, uma vez que, em linha recta é a estação mais próxima do local onde se situa a empresa.

É necessário verificar se os valores observados são inferiores a 50% dos máximos permitidos pelo RSECE.

A primeira campanha realizou-se no dia 7 de Abril e a avaliação da qualidade do ar exterior foi monitorizada desde o dia 3 de Abril até ao dia das medições, inclusive. Nesta primeira campanha, realizada nos três locais mencionados anteriormente, foram medidos os seguintes parâmetros: temperatura, humidade relativa, velocidade do ar, dióxido de carbono e monóxido de carbono.

Tabela A. 1 – Valores da Qualidade do Ar Exterior retirados da Agência Portuguesa do Ambiente de dia 3 a 7 de Abril.

Zona	Concelho	Estação	Tipo de Ambiente	Tipo de Influência	Dia	O ₃ µg/m ³	CO µg/m ³	PM10 µg/m ³
Porto Litoral	Porto	Antas	Urbano	Tráfego	3 de Abril	15	820	24
					4 de Abril	2	404	22
					5 de Abril	21	435	25
					6 de Abril	20	1237	35
					7 de Abril	44	801	37

Efectuou-se também, a medição do dióxido de carbono com o aparelho utilizado para as medições no interior, uma vez que este não é medido pela APA e obteve-se uma média de 485 ppm.

A segunda campanha realizou-se no dia 21 e 22 de Abril. Os valores da qualidade do ar exterior para esses dias, encontram-se na Tabela A. 2.

No dia 21 de Abril, procedeu-se à amostragem dos microrganismos – bactérias e fungos na zona relativa à Comercial – Produtos e na Mezaninne das Oficinas.

No dia 22 de Abril, procedeu-se à recolha das partículas, igualmente, na Comercial – Produtos e na Mezaninne das Oficinas.

Tabela A. 2 - Valores da Qualidade do Ar Exterior retirados da Agência Portuguesa do Ambiente de dia 20 a 22 de Abril.

Zona	Concelho	Estação	Tipo de Ambiente	Tipo de Influência	Dia	O ₃ µg/m ³	CO µg/m ³	PM10 µg/m ³
Porto Litoral	Porto	Antas	Urbano	Tráfego	20 de Abril	95	513	13
					21 de Abril	97	482	17
					22 de Abril	92	689	21

ANEXO II – Plantas do edifício com representação da instalação Aerúlica

ANEXO III – Denominação das zonas e respectivas áreas da COCIGA**Tabela A. 3 – Dados referentes ao piso de escritórios – piso 1.**

Planta de Escritórios		
Zona	Função	Área Total (m²)
1	Orçamentos e Projectos	144,4
2	Produção Construção Civil	151,91
3	Comercial - Produtos metálicos/Sistemas de decorações	146,27
4	Financeira	155,42
5	Recepção	66,16
6	Sala de Reuniões	40,84
7	"Lince"	81,23
8	Administrativa	90,18
9	Administração	121,45
10	Simoga	45,75
11	Recepção Secundária	45,29
12	AVAC	197,9
-	Sala de Reuniões	40,84

Tabela A. 4 - Dados referentes ao piso de escritórios – piso 1, zonas comuns.

Planta de Escritórios	
Zonas Comuns	Área Total (m2)
1	35,03
2	23,02
3	54,71
4	37,18

Tabela A. 5 - Dados referentes ao piso de escritórios – piso 1, zonas comuns.

Planta de Escritórios	
WC	Área Total (m2)
1	39,42
2	5,84
3	5,57
4	7,39

Tabela A. 6 - Dados referentes ao piso Intermédio – Mezaninne.

Piso Intermédio – Mezaninne		
Zona	Função	Área Total (m2)
13	Sala de formação/Armazém Geral	435,56
14	Direcção de Produ- ção/Oficinas	175,78

Tabela A. 7 - Dados referentes ao piso de armazém/oficinas – piso 0.

Armazém		
Zona	Função	Área Total (m2)
1	Armazém AVAC	378,82
2	Armazém STARON	141,2
3	Armazém MAX	224,73
4	Armazém ALUMINIO	302,61
5	Zona Comum	66,87
6	Armazém em geral	150,85
7	Oficinas ALUMINIO	772,27
8	Hall de entra- da/Balneários/Ferramentaria	180,85
9	Oficinas MAX	350,06
10	Oficinas STARON	330,22
11	Refeitório	92,96
12	Posto Médico/Hall de entrada	22,84

ANEXO IV – Valores reais de ocupação do espaço e locais de amostragem para cada substância**Tabela A. 8** - Valores reais de ocupação do espaço e locais de amostragem para cada substância nos escritórios.

Escritórios										
	Formaldeído	COV's	CO₂	CO	O₃	PM10	Microrganismos	Humidade/ Temperatura	Nº Ocupantes	Observações
Comercial – Produtos	*	-	*	*	*	*	*	*	10	Fotocopiadora

Tabela A. 9 - Valores reais de ocupação do espaço e locais de amostragem para cada substância no piso intermédio – Mezaninne dos escritórios.

Mezaninne de Escritórios – Zona AVAC										
	Formaldeído	COVs	CO₂	CO	O₃	PM10	Microrganismos	Humidade/ Temperatura	Nº Ocupantes	Observações
AVAC	-	-	*	*	*	*	-	*	4	Fotocopiadora

Tabela A. 10 - Valores reais de ocupação do espaço e locais de amostragem para cada substância no piso intermédio – Mezaninne das oficinas.

Mezaninne de Oficinas										
	Formaldeído	COVs	CO₂	CO	O₃	PM10	Microrganismos	Humidade/ Temperatura	Nº Ocupantes	Observações
Escritório	*	-	*	*	*	*	*	*	6	Fotocopiadora

ANEXO V- Cálculo dos Caudais Mínimos de Ar Novo de Projecto e Reais

Tabela A. 11 – Valores calculados para os caudais mínimos de ar novo.

Local	Ocupação	Área (m ²)	Caudal Insuflação (m ³ /h)		Caudal Mínimo de Ar Novo Projecto (m ³ /h)		Caudal Mínimo de Ar Novo Real (m ³ /h)	
			Projecto	Real	Área m ³ / (h.m ²)	Taxa de Ocupação m ³ / (h.ocupante)	Área m ³ / (h.m ²)	Taxa de Ocupação m ³ / (h.ocupante)
Comercial Produtos	10	146	350,0	666	2,39	35	4,6	66,6
Mezaninne Ofi- nas	5	85	140,0	n.q.*	1,65	28	n.q.	n.q.
AVAC	4	159	420,0	554	2,65	105	3,48	138,5

*Valor não quantificável

ANEXO VI – Plano de Manutenção

Ventiladores	Periodicidade			
	Mensal	Trimestral	Semestral	Anual
Limpeza Geral		x		
Verificação das ligações eléctricas			x	
Verificação do motor eléctrico		x		
Medição de consumos		x		
Verificação do estado das correias e o seu ajuste		x		
Verificação do estado das chumaceiras		x		
Verificação da existência de ruídos estranhos		x		
Verificação da estrutura de toda a unidade para análise da corrosão através de controlo visual			x	

Split	Periodicidade			
	Mensal	Trimestral	Semestral	Anual
Verificação da estrutura de toda a unidade para análise da corrosão da unidade interior e exterior através de controlo visual		x		
Controlo dos ventiladores		x		
Controlo do compressor		x		
Controlo dos permutadores		x		
Controlo do filtro de ar		x		
Controlo dos equipamentos de comando		x		
Controlo dos apoios e fixações de toda a unidade verificando o desgaste e aperto mecânico		x		
Controlo do isolamento verificando a sua deterioração e fixação		x		
Controlo das juntas anti-vibráticas verificando a sua flexibilidade e estanqueidade através de controlo visual e correcções		x		

Unidades de Tratamento de Ar	Periodicidade			
	Mensal	Trimestral	Semestral	Anual
Limpeza/Substituição de filtros		x		
Inspeção dos ventiladores e correias		x		
Verificação de ruídos de ventiladores		x		
Verificação da operação dos registos de caudal		x		
Verificação da operação das baterias e válvulas		x		
Verificação das ligações eléctricas		x		
Verificação do equipamento de regulação e controlo		x		
Medição de consumos			x	
Limpeza de baterias (aquecimento e arrefecimento)				x
Verificação de rolamentos			x	
Reaperto geral			x	

Chiller	Periodicidade			
	Mensal	Trimestral	Semestral	Anual
Controlo do nível de óleo dos compressores		x		
Controlo da temperatura de aspiração (Superheating)		x		
Controlo da pressão do circuito de água		x		
Controlo do consumo eléctrico dos compressores e motores		x		
Verificação das ligações eléctricas de potência e auxiliares		x		
Verificação do estado de fusíveis e disjuntores		x		
Controlo da carga de refrigerante		x		
Verificação das resistências de cárter		x		
Verificação e reaperto das ligações eléctricas		x		
Limpeza de baterias			x	
Controlo dos valores de regulação e termóstatos ou componentes de segurança			x	
Controlo funcionamento válvulas solenoides			x	

ANEXO VII - Valores de medidos de temperatura, humidade relativa, CO₂ e CO**Tabela A. 12** – Valores de temperatura e humidade relativa medidos nos locais.

Local	Hora	Temperatura (°C)	Humidade Relativa (%)
Zona Comercial	9:45	20,7	54,0
	11:45	21,3	57,5
Zona AVAC	10:30	21,3	51,4
	12:00	21,2	53,3
Mezaninne Oficinas	11:10	23,7	49,0
	12:30	23,6	49,5

Tabela A. 13 – Valores de CO₂ e CO medidos nos locais em estudo no dia 7 de Abril.

Local	Hora	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)
Zona Comercial	9:45	757	0,06
	11:45	703	0,10
Zona AVAC	10:30	563	0,65
	12:00	584	0,82
Mezaninne Oficinas	11:10	751	0,12
	12:30	739	0,10

ANEXO VIII – Unidades Formadoras de Colónias de bactérias e fungos

Tabela A. 14 – Condições de amostragem das bactérias.

Local de amostragem	Tempo Amostragem (min)	Caudal de Ar (l/min)	Volume de Ar recolhido (l)	UFC no Nutriente Agar	UFC/m ³
Comercial Produtos	77	4,0	308	15	49
Escritório – Oficinas	72	4,0	288	5	17

Tabela A. 15 - Condições de amostragem dos fungos.

Local de amostragem	Tempo Amostragem (min)	Caudal de Ar (l/min)	Volume de Ar recolhido (l)	UFC no Nutriente Agar	UFC/m ³
Comercial Produtos	111	4,0	444	4	18
Escritório - Oficinas	96	4,0	384	2	5

ANEXO IX – Equipamento

Temperatura e Humidade



Figura A. 1 – Equipamento utilizado para medição de humidade e temperatura – teste 625.

Testo 625

Temperatura de Operação	-20 – 50°C
Temperatura de Armazenamento	-40 – 85°C
Duração da bateria	70h
Tipo de bateria	Pilha de 9V
Peso	195 g

Sonda de temperatura

Gama de medição	-10 – 60°C
Precisão	± 0,5°C
Resolução	0,1 °C

Sonda de humidade

Gama de medição	0 – 100% RH
Precisão	± 2,5% RH
Resolução	0,1 % RH

Partículas



Figura A. 2 – Equipamento usado no método gravimétrico para quantificação de partículas.

Bomba GilAir-5

Gama de medição

850 – 5000 cm³/min

Ajuste do caudal

± 5% do set point

Velocidade do Ar



Figura A. 3 – Equipamento utilizado na medição da velocidade do ar – teste 445.

Testo 445

Temperatura de Operação

0 – 50°C

Temperatura de Armazenamento

-20 – 70°C

Duração da bateria

45 h

Tipo de bateria

Pilha de 9V

Peso

255 g

Sonda de fio quente**Gama de medição**

0 – 20 m/s

Exactidão $\pm 0,3 \text{ m/s} + 5\% \text{ vm}$ **Dióxido e Monóxido de Carbono**

Figura A. 4 – Equipamento de medição de CO e CO₂ – testo 400.

Testo 400**Temperatura de Operação**

0 – 50°C

Temperatura de Armazenamento

-25 – 60°C

Duração da bateria

18h

Tipo de bateria

1,5 V AA

Peso

500 g

Sonda de CO₂**Gama de Medição**0 – 10000 ppm CO₂**Exactidão** $\pm 5 \text{ ppm}$ **Sonda de CO****Gama de Medição**

0 – 500 ppm CO

Exactidão $\pm 50 \text{ ppm} \pm 2\% \text{ vm}$

Formaldeído



Figura A. 5 – DR 2000, equipamento utilizado na quantificação do formaldeído.

DR 2000

Gama de medição (CH₂O)

0 – 350 µg/L

Precisão

± 3,1 µg/L

Ozono



Figura A. 6 – Aeroqual série 200, equipamento utilizado na quantificação do ozono.

AEROQUAL – série 200

Gama de medição

0,000 a 0,500 ppm

Temperatura de Operação

-5 a 50 °C

Limite de detecção

1 ppb

Precisão

<+/- 0,008 ppm de 0-0,1 ppm e <+/-10% de 0,1-0,5 ppm

Resolução

0,001 ppm

Caudais

Figura A. 7 – Balómetro, equipamento utilizado para a medição dos caudais.

ALNOR

Gama de medição	85 - 3400 m ³ /h
Temperatura de Operação	10 - 40 °C
Precisão	+/- 3% da leitura +/- 12 m ³ /h ou +/- 3,3 L/s
Resolução	0,1 L/s abaixo 100 L/s e 1 L/s acima 100 L/s

ANEXO X – Procedimentos Experimentais

Partículas (PM10)

Preparação dos filtros antes da amostragem:

- Colocar o filtro (0,8 μm) no excicador durante 2 h;
- Numerar e pesar o filtro (W_1) num ambiente controlado, ou em câmara fechada;
- Pesar os filtros que vão servir de brancos para a amostragem (B_1);
- Colocar o filtro, com o número virado para baixo, na cassette e fechar;
- Colocar membrana de celulose à volta da cassette, para que não ocorram infiltrações;
- Numerar a cassette com o mesmo número do filtro.

Amostragem:

- Ligar a bomba e regular para o caudal de 2,5 l/min;
- Acoplar a cassette com o filtro e amostrar durante 8 horas;
- Desligar a bomba e retirar a cassette.

Pesagem:

- Remover a membrana de celulose e retirar o filtro cuidadosamente, para que não haja perda de amostra;
- Pesar o filtro (W_2) num ambiente controlado, ou câmara fechada;
- Pesar os filtros brancos (B_2) num ambiente controlado, ou câmara fechada;
- Calcular a concentração de partículas.

Bactérias e Fungos

Preparação do material antes da amostragem:

- Esterilizar todo o material necessário para a amostragem: frascos, borbulhadores, tampas, sistema de filtração.

Amostragem:

- Ligar a bomba e regular para o caudal de 4,0 l/min;
- Montar a instalação: frasco, borbulhador e bomba;
- Amostrar durante 90 minutos;
- Desligar a bomba e retirar a ligação bomba – borbulhador;

- Tapar imediatamente o frasco com a tampa esterilizada.

Após amostragem:

Uma vez que se trata de uma análise microbiológica, todo o processo deve ser feito em ambiente esterilizado ou, se não for possível, o menos contaminado possível. Deve usar-se bata, luvas e máscara durante todo o processo.

- Desinfectar a bancada de trabalho;
- Ligar o bico de Bunsen;
- Montar o sistema bomba – sistema de filtração;
- Passar a pinça que irá pegar no filtro por álcool e, seguidamente, no bico de Bunsen para desinfeção;
- Colocar o filtro no sistema de filtração;
- Destapar o frasco, perto do bico de Bunsen, despejar a água de amostragem no sistema de filtração;
- Lavar o frasco com água esterilizada para que não haja perda de amostra;
- Retirar o filtro do sistema de filtração, com a pinça, novamente esterilizada;
- Colocar o filtro no meio adequado ao crescimento de fungos (SAB) e ao crescimento de bactérias (Nutriente Agar);
- Colocar em estufa: fungos – 26°C; bactérias – 36°C;
- Controlar passadas 24, 48 e 72h;
- Proceder à contagem das unidades formadoras de colónias (UFC).

Formaldeído

Preparação do material antes da amostragem:

- Preparar todo o material necessário à amostragem: 2 matrizes, 2 borbulhadores, 2 tampas, tubos de borracha para ligação uma bomba na gama de caudal adequado (por análise);
- Colocar 30 ml (rigorosos) de água extra pura em cada matriz;
- Tapar e acondicionar para transporte.

Amostragem:

- Ligar a bomba e regular para o caudal de 2,0 l/min;
- Montar a instalação: matrizes em série, borbulhadores e bomba;
- Amostragem durante 120 minutos;

- Desligar a bomba e retirar a ligação bomba – borbulhador;
- Tapar e acondicionar para transporte.

Após amostragem:

- Seguir o método para determinação do formaldeído no DR 2000.

ANEXO XI - Cálculo da concentração de matéria particulada

Os ensaios decorreram tendo em conta os seguintes parâmetros:

$$C(\text{PM}_{10}) = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 1000 \text{ (mg/m}^3\text{)}$$

Sendo:

W_1 – massa do filtro antes da amostragem (mg);

W_2 – massa do filtro após amostragem (mg);

B_1 – massa dos filtros brancos antes da amostragem (mg);

B_2 – massa dos filtros brancos após amostragem (mg);

V – Volume de ar em m^3 .

Campanha de 7 de Abril

Cálculo para a Área de Comercial Produtos:

Tempo: 515min

Caudal: 2,5 $\text{l}_{\text{ar}}/\text{min}$

Volume: $V = \text{tempo}(\text{min}) \times \text{caudal}(\text{l}/\text{min}) = 515\text{min} \times 2,5\text{l}/\text{min} = 1287,5\text{l}_{\text{ar}} = 1,287\text{m}_{\text{ar}}^3$

Tabela A. 16 – Valores de massa pesados antes e após amostragem.

Filtro	Massa filtro antes da amostragem W_1 (g)	Massa filtro após da amostragem W_2 (g)
1	0,04488	0,04491
Branco	0,04605	0,04605

$$C(\text{PM}_{10}) = \frac{(0,04491 - 0,04488) - (0,04605 - 0,04605)}{1,287} \times 10^6 = 23,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Cálculo para a Área de Mezaninne das Oficinas:

Tempo: 510min

Caudal: 2,5 l_{ar}/minVolume: $V = \text{tempo (min)} \times \text{caudal (l/min)} = 510\text{min} \times 2,5\text{l/min} = 1275,0\text{l}_{\text{ar}} = 1,275\text{m}_{\text{ar}}^3$ **Tabela A. 17** – Valores de massa pesados antes e após amostragem.

Filtro	Massa filtro antes da amostragem W_1 (g)	Massa filtro após da amostragem W_2 (g)
2	0,04594	0,04598
Branco	0,04567	0,04568

$$C(\text{PM}_{10}) = \frac{(0,04598 - 0,04594) - (0,04568 - 0,04567)}{1,275} \times 10^6 = 23,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

ANEXO XII - Cálculo da concentração de Formaldeído no arCálculo para a Área de Comercial Produtos:

Tempo: 95 min

Caudal: 2,0 l_{ar}/minVolume de Ar: $V_{ar} = \text{tempo}(\text{min}) \times \text{caudal} \left(\frac{1}{\text{min}}\right) = 95\text{min} \times 2,0\text{l}/\text{min} = 190 \text{ l}_{ar}$ Volume de Água de borbulhamento: $V_1=40\text{ml}$; $V_2=28\text{ml}$

Concentração (CH ₂ O) ₁ = 93 µg/30mL _{água} Concentração (CH ₂ O) ₂ = 35 µg/30mL _{água}	}	Concentração (CH ₂ O) _{Total} = 128 µg/68mL _{água}
--	---	---

$$C(\text{CH}_2\text{O})_{\text{água}} = \frac{128\mu\text{g}}{0,068\text{L}} \times 1\text{L} = 1882 \frac{\mu\text{g}}{\text{L}_{\text{água}}}$$

$$\text{massa}(\text{CH}_2\text{O}) = 128 \frac{\mu\text{g}}{\text{L}_{\text{água}}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 68\text{mL} = 8,7\mu\text{g}$$

$$C(\text{C}_2\text{HO})_{ar} = \frac{\text{massa}(\text{C}_2\text{HO})}{V_{ar}} = \frac{8,7\mu\text{g}}{190 \text{ l}_{ar}} = 0,0459 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}_{ar}} = 0,046 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3_{ar}}$$

Cálculo para a Área de Mezaninne das Oficinas:

Tempo: 120 min

Caudal: 2,0 l_{ar}/minVolume de Ar: $V_{ar} = \text{tempo}(\text{min}) \times \text{caudal} \left(\frac{1}{\text{min}}\right) = 120\text{min} \times 2,0\text{l}/\text{min} = 240 \text{ l}_{ar}$ Volume de Água de borbulhamento: $V_1=30\text{ml}$; $V_2=30\text{ml}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Concentração (CH}_2\text{O)}_1 = 124 \mu\text{g}/30\text{mL}_{\text{água}} \\ \text{Concentração (CH}_2\text{O)}_2 = 49 \mu\text{g}/30\text{mL}_{\text{água}} \end{array} \right\} \text{Concentração (CH}_2\text{O)}_{\text{Total}} = 173 \mu\text{g}/60\text{mL}_{\text{água}}$$

$$C(\text{C}_2\text{HO})_{\text{água}} = \frac{173 \mu\text{g}}{0,06\text{L}} \times 1\text{L} = 2883 \frac{\mu\text{g}}{\text{L}_{\text{água}}}$$

$$\text{massa}(\text{C}_2\text{HO}) = 173 \frac{\mu\text{g}}{\text{L}_{\text{água}}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 60\text{mL} = 10,38 \mu\text{g}$$

$$C(\text{C}_2\text{HO})_{\text{ar}} = \frac{\text{massa}(\text{C}_2\text{HO})}{V_{\text{ar}}} = \frac{10,38 \mu\text{g}}{240 \text{l}_{\text{ar}}} = 0,043 \frac{\mu\text{g}}{\text{l}_{\text{ar}}} = 0,043 \frac{\text{mg}}{\text{m}_{\text{ar}}^3}$$

ANEXO XIII - Cálculo da Taxa de Renovação do ar teórica e real

Exemplo de cálculo para a zona Comercial – Produtos:

Área: 146 m²

Pé direito: 3 m

Volume: 438 m³

$$\text{Taxa de Renovação do Ar Teórica} = \frac{\text{Caudal de Mínimo de Ar Novo} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{\text{Volume do espaço}(\text{m}^3)} = \frac{1022}{438} = 2,3 \text{ RPH}$$

$$\text{Taxa de Renovação do Ar Real} = \frac{\text{Caudal Real} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{\text{Volume do espaço}(\text{m}^3)} = \frac{666}{438} = 1,52 \text{ RPH}$$

Na taxa de renovação do ar real é usado o maior caudal medido no espaço, insuflação ou extracção.

ANEXO XIV – Check – list e Certificado Energético

I - Auditoria QAI ao Projecto, para obter Licença ou Autorização de Construção e Emissão da Declaração de Conformidade Regulamentar (Análise do Projecto)

<u>1. Verificação de fontes de poluição previstas</u>		NÃO	SIM
1.1.	<p>1.1. Materiais não ecologicamente limpos e/ou fontes especiais de poluição? Se sim, assegurar uma taxa de renovação do ar efectiva 50% superior à especificada no Anexo VI do RSECE</p>	x	
1.2.	<p>1.2. Actividades a desenvolver no interior do edifício podem ser fontes potenciais de poluição? Se sim, o projecto deve demonstrar que adopta medidas (limpeza do ar, diluição por ventilação adequada, etc.) para que não venham a ser excedidas as concentrações máximas admissíveis</p>	x	
		SIM	NÃO
1.3.	<p>1.3. Actividades exteriores, na proximidade do edifício, podem ser fontes poluidoras (incluindo poluição do solo)? Se sim, o projecto deve adoptar as estratégias necessárias para evitar a sua entrada no edifício (p. ex., filtragem adequada)</p>	x	
		SIM	NÃO
			x
<u>2. Verificação das Taxas de Renovação efectivas previstas, espaço a espaço.</u>			
Ventilação Forçada	2.1. Projecto de climatização com os valores previstos para os caudais de renovação de ar em cada espaço, conforme Anexo VI do RSECE, tendo em conta a efectiva eficiência de ventilação previsível para os espaços? (parte 3 da Ficha 3 – Anexo V do RSECE)	SIM	NÃO
	2.2. Sistema AVAC preparado para satisfazer os requisitos do Anexo VI agravados em 50%? (Caso tenha identificado a presença de materiais não-ecologicamente limpos)		
	2.3. Anotar, na Ficha para Registo das Taxas de Renovação Nominal em Projecto, sala a sala, os casos em que há agravamento dos requisitos (Caso tenha identificado a presença de materiais não-ecologicamente limpos)		
Ventilação Natural	2.4. Confirmar a observância do disposto na NP 1037-1 ou demonstrar (software simulação) de que estão asseguradas as taxas de renovação médias exigidas pelo RSECE	SIM	NÃO
	2.5. Aberturas para admissão de ar (de preferência autocontroladas) colocadas na envolvente, nos espaços nobres?		
	2.6. Extracção (natural) pelos espaços húmidos ou de arrumos interiores?		
	2.7. Passagens adequadas de ar através das portas de comunicação entre estes dois tipos de espaços?		
	2.8. Dimensionamento correcto das entradas e saídas de ar (áreas, diâmetros das condutas)?		

3. Verificação dos locais e condições de Captação de Ar Novo.					SIM	NÃO		
3.1. Captação longe das exaustões do edifício ou de edificações vizinhas, e fora da influência destas nas condições de ventos predominantes?								
3.2. Captação colocada a uma altura suficiente que garante que está fora da zona de influência de tráfego urbano ou outras fontes de poluição locais (garagens, cozinhas, locais onde é permitido fumar, torres de arrefecimento, etc), tendo em conta os ventos dominantes?								
3.3. O plano de manutenção exige uma limpeza efectiva e franca ventilação da zona de captação do ar novo (em zonas interiores)?								
3.4. Distância da admissão/entrada de ar a/de:			Valor observado	Valor mínimo indicativo	Observações		Valor aceitável?	
							SIM	NÃO
a) solo				m 2,5m	evitar poeiras e outros poluentes			
b) grelhas de extracção de ar interior “corrente”				m 5 m				
c) chaminés ou locais de passagem de veiculos				m 10m				
d) exaustões particularmente poluentes				m 20m	incluindo instalações sanitárias e respiros de saneamento, ou outros produtos com cheiro desagradável			
e) torres de arrefecimento				m 25m	ou outros locais onde seja possível haver “Legionella”			
3.5. Saídas da extração de ar a uma altura superior aos edifícios vizinhos de:							Valor aceitável?	
			Valor observado	Valor mínimo indicativo			SIM	NÃO
a) (para ar “corrente”)				m 1m				
b) (para ar mais poluído ou com cheiro forte)				m 2m				
3.6. Saídas de chaminés e de exaustões fora de zonas de recirculação de ar nas coberturas (evitar situações por onde possam ser readmitidas no edifício)?							SIM	NÃO
3.7. Admissões de ar situadas, relativamente às exaustões, na direcção dos ventos predominantes?								

SISTEMA NACIONAL DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA
E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR NOS EDIFÍCIOS

Declaração de Conformidade Regulamentar			Nº DCR Formação	
Tipo de edifício: Morada / Situação:		Fotografia do imóvel		
Localidade: Concelho:	Freguesia: Região:			
Data de emissão do certificado:	Validade do certificado:			
Nome do perito qualificado:	Número do perito qualif.:			
Imóvel descrito na sob o nº	Conservatória do Registo Predial de Art. matricial nº			Fracção autón.
<p>Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma, por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior.</p>				

1. Etiqueta de desempenho energético

INDICADORES DE DESEMPENHO	CLASSE ENERGÉTICA
Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes (limite inferior da classe B ⁻) Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à en. primária para climatização e águas quentes	
kgep/m ² .ano kgep/m ² .ano toneladas de CO ₂ equivalentes por ano	

2. Desagregação das necessidades nominais de energia útil

Necessidades nominais de energia útil para...	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	kWh/m ² .ano	kWh/m ² .ano
Arrefecimento	kWh/m ² .ano	kWh/m ² .ano
Preparação de águas quentes sanitárias	kWh/m ² .ano	kWh/m ² .ano

Notas explicativas

As necessidades nominais de energia útil correspondem a uma previsão da quantidade de energia que terá de ser consumida por m² de área útil do edifício ou fracção autónoma para manter o edifício em condições de conforto térmico de referência e para preparação das águas quentes sanitárias necessárias aos ocupantes. Os valores foram calculados para condições convencionais de utilização, admitidas como idênticas para todos os edifícios, de forma a permitir comparações objectivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem das atitudes e padrões de comportamento dos utilizadores.

As necessidades anuais globais de energia primária (estimadas e valor limite) resultam da conversão das necessidades nominais estimadas de energia útil em kilogramas equivalente de petróleo por unidade de área útil do edifício, mediante aplicação de factores de conversão específicos para a(s) forma(s) de energia utilizada(s) (0,290 kgep/kWh para electricidade e 0,086 kgep/kWh para combustíveis sólido, líquido ou gasoso) e tendo em consideração a eficiência dos sistemas adoptados ou, na da sua definição, sistemas convencionais de referência.

As emissões de CO₂ equivalente traduzem a quantidade anual estimada de gases de efeito de estufa que podem ser libertados em resultado da conversão de uma quantidade de energia

primária igual às respectivas necessidades anuais globais estimadas para o edifício, usando o factor de conversão de 0,0012 toneladas equivalentes de CO₂ por kgep.

A classe energética resulta da razão entre as necessidades anuais globais estimadas e as máximas admissíveis de energia primária para aquecimento, arrefecimento e para preparação de águas quentes sanitárias no edifício ou fracção autónoma. O melhor desempenho corresponde à classe A⁺, seguida das classes A, B, B⁻, C e seguintes, até à classe G de pior desempenho. Os edifícios com licença ou autorização de construção posterior a 4 de Julho de 2006 apenas poderão ter classe energética igual ou superior a B⁻.

Para mais informações sobre o desempenho energético, sobre a qualidade do ar interior e sobre a classificação energética de edifícios, consulte www.adene.pt

3. Descrição sucinta do edifício ou fracção autónoma

Área útil de pavimento m² Pé-direito médio ponderado m Ano de construção

4. Propostas de medidas de melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior

Sugestões de medidas de melhoria (implementação não obrigatória) (destacadas a negrito aquelas usadas no cálculo da nova classe energética)	Valores estimados para...		
	redução anual da factura energética	custo de investimento	período de retorno do investimento
1			
2			
3			
4			
n			

As medidas de melhoria acima referidas correspondem a sugestões do perito qualificado na sequência da análise que este realizou ao desempenho energético e da qualidade do ar interior do edifício ou fracção autónoma e não pretendem por em causa as opções e soluções adoptadas pelo(s) arquitecto(s), projectista(s) ou técnico(s) de obra. As medidas apresentadas não são de aplicação obrigatória pelo proprietário do imóvel e encontram-se descritas em mais detalhe ao longo deste certificado.

Legenda:	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno de investimento
	⊗⊗⊗⊗ mais de 1000 €/ano	⊕⊕⊕⊕ mais de 5000 €	⊘⊘⊘⊘ Inferior a 5 anos
	⊗⊗⊗ entre 500 e 999 €/ano	⊕⊕⊕ entre 1000 e 4999 €	⊘⊘⊘ entre 5 e 10 anos
	⊗⊗ entre 100 e 499 €/ano	⊕⊕ entre 200 e 999 €	⊘⊘ entre 10 e 15 anos
	⊗ menos de 100 €/ano	⊕ menos de 200 €	⊘ mais de 15 anos

Se forem concretizadas todas as medidas destacadas na lista, a classificação energética poderá subir para...



Pressupostos e observações a considerar na interpretação da informação apresentada relativamente às medidas de melhoria:

5. Paredes, coberturas e pavimentos

PAREDES		
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo
▪		
▪		

Sugestões de medidas de melhoria associadas	
Proposta n	
Proposta n	

<u>COBERTURAS</u>		
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo
▪		
▪		
Sugestões de medidas de melhoria associadas		
Proposta n		
Proposta n		

<u>PAVIMENTOS</u>		
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo
▪		
▪		
Sugestões de medidas de melhoria associadas		
Proposta n		
Proposta n		

<u>PONTES TÉRMICAS PLANAS</u>		
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	da solução	máximo
▪		
▪		
Sugestões de medidas de melhoria associadas		
Proposta n		
Proposta n		

6. Vãos envidraçados

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Factor solar	
	da solução	máximo
▪		

▪		
Sugestões de medidas de melhoria associadas		
Proposta n		
Proposta n		

Nota: Apenas vãos envidraçados com área superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, não orientados a Norte e considerando o(s) respectivo(s) dispositivos de protecção 100% activos (portadas, persianas, estores, cortinas, etc.)

7. Climatização

<u>SISTEMA(S) DE AQUECIMENTO</u>		
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)		
▪		
▪		
Sugestões de medidas de melhoria associadas		
Proposta n		
Proposta n		
<u>SISTEMA(S) DE ARREFECIMENTO</u>		
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)		
▪		
▪		
Sugestões de medidas de melhoria associadas		
Proposta n		
Proposta n		

8. Preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS)

<u>SISTEMAS CONVENCIONAIS (USAM ENERGIA NÃO RENOVÁVEL)</u>		
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Necessidades anuais de energia útil	
▪		kWh/ano
▪		kWh/ano
Sugestões de medidas de melhoria associadas		
Proposta n		
Proposta n		

9. Sistemas de aproveitamento de fontes de energia renováveis

<u>SISTEMA DE COLECTORES SOLARES PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA</u>		
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Energia fornecida pelo sistema	
▪		kWh/ano

▪		kWh/ano
Sugestões de medidas de melhoria associadas		
Proposta n		
Proposta n		
<u>OUTROS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS</u>		
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Energia fornecida	pele sistema
▪		kWh/ano
▪		kWh/ano
Sugestões de medidas de melhoria associadas		
Proposta n		
Proposta n		
10. Ventilação		
Descrição dos principais elementos envolvidos e da forma como se processa a ventilação		
▪		
▪		
Sugestões de medidas de melhoria associadas		
Proposta n		
Proposta n		