

IPL

escola superior de tecnologia e gestão
instituto politécnico de leiria

DISSERTAÇÃO

Mestrado de Engenharia de Energia e do Ambiente

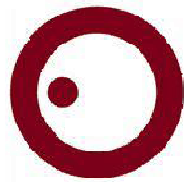
centro infantil

CONTRIBUTOS PARA A PROMOÇÃO DA SAÚDE EM

EDIFÍCIO PRÉ-ESCOLAR

Ariana Cecília Gonçalves Ferreira

Leiria, Setembro de 2013



IPL

escola superior de tecnologia e gestão
instituto politécnico de leiria

DISSERTAÇÃO

Mestrado de Engenharia de Energia e do Ambiente

centro infantil

**CONTRIBUTOS PARA A PROMOÇÃO DA SAÚDE EM
EDIFÍCIO PRÉ-ESCOLAR**

Ariana Cecília Gonçalves Ferreira

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do **Doutor João A. Esteves Ramos**,
Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria

Leiria, Setembro de 2013

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor João A. Esteves Ramos pelo desafio proposto como tema a abordar na dissertação, assim como pela orientação e apoio prestado ao longo do seu desenvolvimento.

Ao Eng.º André Fonseca pelo apoio prestado na preparação do material necessário à determinação dos parâmetros microbiológicos em estudo.

À entidade detentora do edifício que serviu de caso de estudo para a realização da presente dissertação, assim como os seus colaboradores, nomeadamente pela disponibilização das instalações e respectiva colaboração aquando da realização das campanhas de monitorização no edifício.

Às minhas amigas que sempre me apoiaram desde sempre, Vânia e Andreia.

Aos meus pais pelo amor, carinho e por terem possibilitado que chegasse até aqui.

Ao Rúben, por me ter escutado nos piores momentos.

Ao Paulo, por tudo...

RESUMO

As crianças são indivíduos susceptíveis aos efeitos provocados pelos diversos poluentes existentes no ar interior dos edifícios, sendo por isso necessário tomar especial atenção à Qualidade do Ar Interior dos edifícios onde estas permanecem grande parte do seu tempo, sendo as creches e jardins-de-infância. Em Portugal, desde 2006, com a publicação do Decreto de Lei nº 79/2006 de 4 de Abril, adoptaram-se valores de concentração máxima de referência para parâmetros químicos e microbiológicos, potencialmente presentes no ar interior de edifícios.

Neste âmbito foi efectuado um estudo que objectivou caracterizar a qualidade do ar interior de uma creche e jardim-de-infância, localizado em Leiria.

Procedeu-se à monitorização de parâmetros ambientais, nomeadamente, dióxido de carbono (CO₂), partículas em suspensão (PM10), formaldeído (HCOH), bactérias, fungos, temperatura e humidade relativa do ar e à análise dos factores responsáveis pelas suas variações ao longo do dia. A quantificação destes parâmetros envolveu a utilização de equipamentos de leitura directa e métodos activos de amostragem de ar.

Na generalidade, os resultados obtidos demonstraram que as condições de ventilação inadequadas são responsáveis pela acumulação de poluentes no ar interior em todos os locais avaliados. Durante o estudo, foram determinadas a presença de valores de concentração de alguns dos parâmetros em análise acima dos máximos estipulados no regulamento vigente ao nível da Qualidade do Ar Interior.

O aumento das taxas de ventilação e a sensibilização dos ocupantes representam regras chave para a melhoria da qualidade do ar interior neste tipo de edifícios.

Palavras-chave: Qualidade do Ar Interior, Efeitos dos poluentes do ar interior, Controlo dos Poluentes do ar interior, Creches, Jardins-de-infância, Sensibilização.

ABSTRACT

The children are susceptible individuals to the effects caused by several pollutants in the air inside the buildings, so it is necessary to take particular attention to the Indoor Air Quality of buildings where they stay much of their time, which are the nurseries and kindergartens. In Portugal, since 2006, with the publication of Decree Law No. 79/2006 of April 4 were adopted reference concentration levels for chemical and microbiological parameters, potentially present in buildings indoor air.

In this context a study was carried out aiming characterize the indoor air quality of one nurserie and kindergarten, located in the municipality of Leiria.

The monitoring of environmental parameters, including carbon dioxide, suspended particles, formaldehyde, bacteria, fungi, air temperature, relative humidity and analysis of the factors responsible for their variations over day, was carried out. The quantification of these parameters involved the use of direct reading equipment and active methods of air sampling.

In general the results showed that poor ventilation are responsible for the accumulation of indoor air pollutants at all sites measured. During the study, has been detected that the values of some parameters under review were above of the maximum stipulated in the regulations of indoor air quality.

The increase in ventilation rates and occupant awareness represent key rules to improve indoor air quality in this type of buildings.

Keywords: Indoor Air Quality, Effects of indoor air pollutants, Control of indoor air pollutants, Nurseries, Kindergartens, Awareness.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – FONTES DE POLUENTES QUE INFLUENCIAM A QAI	- 7 -
FIGURA 2 - FONTES ASSOCIADAS À POLUIÇÃO INTERIOR.....	- 7 -
FIGURA 3 - FLUXO DOS POLUENTES NO INTERIOR DOS EDIFÍCIOS	- 14 -
FIGURA 4 - CLASSIFICAÇÃO, DIÂMETRO E NÍVEL DE PENETRAÇÃO NO APARELHO RESPIRATÓRIO DAS PARTÍCULAS (PMx)	- 18 -
FIGURA 5 - FRACÇÕES INALÁVEL, TORÁCICA E RESPIRÁVEL EXPRESSAS COMO PERCENTAGEM DE PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO NO AR	- 18 -
FIGURA 6 - CARTOGRAFIA DAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE RADÃO EM PORTUGAL CONTINENTAL	- 28 -
FIGURA 7 - MICROORGANISMOS EXISTENTE NO AR INTERIOR (EXEMPLOS DE FUNGOS E BACTÉRIAS; BACTÉRIA LEGIONELLA PNEUMOPHILLA; VÍRUS DA GRIPE)	- 30 -
FIGURA 8 - BACTÉRIAS MAIS COMUNS NO INTERIOR E EXTERIOR DE EDIFÍCIOS	- 32 -
FIGURA 9 - FUNGOS MAIS COMUNS NOS EDIFÍCIOS	- 33 -
FIGURA 10 - FOTO DA FACHADA FRONTAL DO EDIFÍCIO	- 45 -
FIGURA 11 - PLANTA DO R/CHÃO E 1ºPISO DO EDIFÍCIO	- 46 -
FIGURA 12 - TIPO DE PAVIMENTO, MOBILIÁRIO, CAIXILHARIA E SOMBREAMENTO EXISTENTE NO EDIFÍCIO EM ESTUDO	- 47 -
FIGURA 13 - LOCAIS DE RECOLHA DE AMOSTRAGENS NO EDIFÍCIO EM ESTUDO	- 48 -
FIGURA 14 - PLACA DE REGISTO LOGTAG.....	- 50 -
FIGURA 15 - MEDIDOR PORTÁTIL FORMALDEMETR HTV-M E CALIBRADOR	- 51 -
FIGURA 16 - MEDIDOR PORTÁTIL DE AEROSSÓIS DUSTTRAK II	- 51 -
FIGURA 17 - MEDIDOR PORTÁTIL TESTO 435.....	- 52 -
FIGURA 18 - EQUIPAMENTO SAS AIR SAMPLER.....	- 52 -
FIGURA 19 - EXEMPLOS DOS LOCAIS DE RECOLHA DE AMOSTRAS DE AR COM O EQUIPAMENTO DESCRITO... -	53 -
FIGURA 20 - FOTOGRAFIA DE PLACAS DE PETRI UTILIZADAS PARA CONTAGEM DE UNIDADES FORMADORAS DE COLÓNIAS DE BACTÉRIAS	- 66 -
FIGURA 21 - FOTOGRAFIA DE UMA DAS PLACAS DE PETRI UTILIZADAS PARA CONTAGEM DE UNIDADES FORMADORAS DE COLÓNIAS DE FUNGOS NA COZINHA.....	- 67 -
FIGURA 22 - FOTOGRAFIA DO TECTO DA COZINHA COM PRESENÇA DE SINAIS DE HUMIDADE	- 67 -

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA DO AR INTERIOR NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM, BEM COMO LIMITES MÍNIMOS E MÁXIMOS LEGAIS.....	- 57 -
GRÁFICO 2 - VALORES MÉDIOS DE HUMIDADE RELATIVA DO AR INTERIOR NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM, BEM COMO LIMITES MÍNIMOS E MÁXIMOS LEGAIS	- 58 -
GRÁFICO 3 - VALORES MÉDIOS DE PM10 NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM, BEM COMO LIMITE MÁXIMO LEGAL ...	- 59 -
GRÁFICO 4 - VALORES MÉDIOS, MÍNIMOS E MÁXIMOS DE PM10 NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM MAIS CRÍTICOS, BEM COMO LIMITE MÁXIMO LEGAL	- 60 -
GRÁFICO 5 - REGISTO DIÁRIO DAS MEDIÇÕES DE CO ₂ NO BERÇÁRIO	- 61 -
GRÁFICO 6 - REGISTO DIÁRIO DAS MEDIÇÕES DE CO ₂ NA CRECHE II.....	- 62 -
GRÁFICO 7 - REGISTO DOS VALORES MÉDIOS DE CO ₂ DURANTE A CAMPANHA DE MONITORIZAÇÃO	- 63 -

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 - SINTOMAS DE SAÚDE ASSOCIADOS AO SED E ÀS DRE	- 12 -
QUADRO 2 - OCUPAÇÃO E DIMENSÃO POR ZONA DO EDIFÍCIO EM ESTUDO.....	- 49 -
QUADRO 3 - TIPO DE POLUENTES MEDIDOS E POLUENTES A MEDIR EM VIRTUDE DO SCE	- 49 -

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - PRINCIPAIS AGENTES E FACTORES QUE AFECTAM A QAI E RESPECTIVAS FONTES	- 13 -
TABELA 2 - EFEITOS NA SAÚDE DE POLUENTES QUE AFECTAM A QAI	- 15 -
TABELA 3 - NÍVEIS DE COHb E EFEITOS RELACIONADOS COM A SAÚDE	- 22 -
TABELA 4 - EFEITOS DO OZONO NA SAÚDE E PADRÕES DE SAÚDE	- 24 -
TABELA 5 - CLASSIFICAÇÃO DOS COV EM ESPAÇOS INTERIORES	- 24 -
TABELA 6 - COV'S NORMALMENTE ENCONTRADOS E SUAS PRINCIPAIS FONTES	- 25 -
TABELA 7 - CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS DE REFERÊNCIA (MR) DE POLUENTES NO INTERIOR DOS EDIFÍCIOS .	- 38 -
TABELA 8 - AMOSTRAGEM DOS PARÂMETROS MEDIDOS	- 54 -
TABELA 9 - VALORES DE REFERÊNCIA NACIONAIS E INTERNACIONAIS PARA PARÂMETROS QAI	- 55 -
TABELA 10 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE CO ₂ NOS DIVERSOS LOCAIS MONITORIZADOS	- 63 -
TABELA 11 - VALORES MÉDIOS DE FORMALDEÍDO NOS LOCAIS MONITORIZADOS	- 65 -
TABELA 12 - VALORES MÉDIOS DE UNIDADES FORMADORAS DE COLÓNIAS DE BACTÉRIAS	- 66 -
TABELA 13 - VALORES MÉDIOS DE UNIDADES FORMADORAS DE COLÓNIAS DE BACTÉRIAS	- 67 -

LISTA DE SIGLAS

ANSI – AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE

APA – AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE

ASHRAE- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING

AVAC – AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO

CO₂ – DIÓXIDO DE CARBONO

COV's – COMPOSTO ORGÂNICO VOLÁTIL

DRE – DOENÇA RELACIONADA COM O EDIFÍCIO

EPA- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

ITN – INSTITUTO TECNOLÓGICO E NUCLEAR

NIOSH- NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE

QAI – QUALIDADE DO AR INTERIOR

RCCTE – REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

RSECE – REGULAMENTOS DOS SISTEMAS ENERGÉTICOS DE CLIMATIZAÇÃO EM EDIFÍCIOS

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

SED – SÍNDROME DO EDIFÍCIO DOENTE

UFC – UNIDADE FORMADORA DE COLÓNIA

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	IX
ÍNDICE DE QUADROS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
LISTA DE SIGLAS	XV
ÍNDICE GERAL.....	XVII
1. INTRODUÇÃO	- 1 -
1.1. ENQUADRAMENTO	- 1 -
1.2. OBJECTIVOS	- 3 -
1.3. ESTRUTURA.....	- 3 -
2. PROBLEMÁTICA DA QUALIDADE DO AR INTERIOR	- 5 -
2.1. RELEVÂNCIA DO PROBLEMA.....	- 6 -
2.2. POLUENTES DO AR INTERIOR E EFEITOS NA SAÚDE	- 12 -
2.2.1. POLUENTES QUÍMICOS.....	- 16 -
2.2.1.1. PARTÍCULAS OU AEROSSÓIS EM SUSPENSÃO NO AR (PM _x).....	- 16 -
2.2.1.2. DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂).....	- 20 -
2.2.1.3. MONÓXIDO DE CARBONO (CO).....	- 21 -
2.2.1.4. OZONO (O ₃)	- 22 -
2.2.1.5. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (COV's).....	- 24 -
2.2.1.6. FORMALDEÍDO (HCOH).....	- 26 -
2.2.1.7. RADÃO (Rn)	- 27 -
2.2.2. POLUENTES BIOLÓGICOS	- 30 -
2.2.2.1. BACTÉRIAS.....	- 31 -

2.2.2.2. FUNGOS.....	- 32 -
2.2.3. POLUENTES FÍSICOS	- 34 -
2.2.3.1. AMBIENTE TÉRMICO	- 34 -
2.3. CONTROLO	- 35 -
2.4. LEGISLAÇÃO	- 36 -
3. A QUALIDADE DO AR INTERIOR EM EDIFÍCIOS ESCOLARES.....	- 41 -
3.1. PROBLEMÁTICA DA QAI EM EDIFÍCIOS ESCOLARES.....	- 42 -
3.2. PREVENÇÃO E CONTROLO DA QAI EM EDIFÍCIOS ESCOLARES	- 43 -
3.3. PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO DE QAI EM EDIFÍCIOS ESCOLARES	- 44 -
4. CASO DE ESTUDO.....	- 45 -
4.1. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO.....	- 45 -
4.2. MONITORIZAÇÃO DE POLUENTES	- 47 -
4.3. LOCAIS DE RECOLHA E OCUPAÇÃO DO EDIFÍCIO	- 48 -
4.4. POLUENTES MEDIDOS	- 49 -
4.5. MEDIÇÕES E EQUIPAMENTOS	- 50 -
4.6. AMOSTRAGEM.....	- 53 -
4.7. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	- 55 -
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	- 57 -
5.1. PARÂMETROS FÍSICOS	- 57 -
5.2. PARÂMETROS QUÍMICOS.....	- 59 -
5.2.1. PARTÍCULAS SUSPENSAS (PM10)	- 59 -
5.2.2. DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	- 60 -
5.2.3. FORMALDEÍDO (HCOH).....	- 64 -
5.3. PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	- 65 -
5.3.1. BACTÉRIAS.....	- 65 -
5.3.2. FUNGOS.....	- 66 -
6. CONCLUSÃO.....	- 69 -
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 73 -
8. ANEXOS	- 81 -

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Nos dias de hoje a população reconhece a importância que a qualidade do ar exterior tem na sua saúde. No entanto, o mesmo não acontece em relação à qualidade do ar no interior dos edifícios, uma vez que a população desconhece que o ar interior também é contaminado pelos poluentes atmosféricos (Rodrigues, 2005).

Uma vez que o ser humano passa mais de 90% do seu tempo no interior de edifícios, seja na sua habitação ou em edifícios públicos, tais como creches, escolas, restaurantes, centros comerciais, a existência de uma boa qualidade do ar interior (QAI) é fundamental na manutenção da saúde da população como um todo, tornando-se particularmente importante no caso de grupos vulneráveis, tais como os bebés e crianças (EFA, 2004).

A problemática da QAI tem sido objecto de vários estudos realizados nos Estados Unidos da América, pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA), os quais demonstram que os níveis de poluentes do ar interior podem ser duas a cinco vezes, ocasionalmente cem vezes, superiores aos níveis de poluentes do ar exterior. Esta situação torna-se ainda mais preocupante, quando associada ao facto das pessoas passarem a maior parte do seu dia-a-dia em ambientes interiores (Wang *et al.*, 2007; Zhao *et al.*, 2007; Herberger *et al.*, 2010).

Vários são os factores que influenciam a má QAI, tais como o estado de conservação do estabelecimento, os materiais utilizados no seu revestimento interior, os próprios produtos de limpeza ou mesmo os produtos de higiene e o metabolismo de cada um dos ocupantes do espaço. Contudo, os factores que mais contribuem para a má qualidade do ar prendem-se com a deficitária ventilação e o arejamento do espaço, a proximidade de ruas de tráfego intenso ou zonas industriais, a humidade e temperatura do ar no interior das escolas e os hábitos tabágicos dos seus ocupantes. Se por um lado a deficiente QAI durante curtos períodos (horas) pode causar desconforto, diminuição da atenção e redução da capacidade de aprendizagem, por outro, exposições prolongadas (dias e semanas) a poluentes do ar interior podem originar sérios problemas de saúde tais como doenças respiratórias ou alérgicas (APA, 2010).

As crianças e bebés são dos grupos mais vulneráveis e sensíveis aos problemas da deficiente QAI, pois para além de respirarem mais volume de ar em proporção com o seu peso corporal, apresentam pulmões e tecidos pouco desenvolvidos (EPA, 2009). Uma análise da exposição destes grupos etários à poluição do ar interior deve ter em consideração as fontes interiores de poluentes, o *design* do edifício e os sistemas de ventilação. Em idade escolar, as crianças passam cerca de 30% do seu dia na escola, pelo que se revela importante a recolha de dados mais precisos sobre a QAI nestes locais, no sentido de minimizar/eliminar os potenciais riscos para a saúde (Frome *et al.*, 2007; Clements-Croome *et al.*, 2008; Heudorf *et al.*, 2009).

Neste âmbito, alguns organismos nacionais e internacionais estabeleceram programas e orientações que visam melhorar as condições ambientais deste tipo de edifícios. São exemplos de referência nacional, o “Programa Nacional de Saúde Escolar: 2004-2010” do Ministério da Saúde português e de referência internacional, o programa "Indoor Air Quality Tools for Schools (IAQ Tfs)" criado pela EPA.

A Comissão Europeia, avançou com uma Directiva sobre o Desempenho Energético dos Edifícios - Directiva 2002/91/CE, depois de ter concluído que os edifícios representam cerca de 40% do consumo de energia na Europa e que têm um potencial de redução superior a 30%. Através desta directiva foi introduzida a certificação obrigatória de edifícios (SCE - Sistema de Certificação Energética de Edifícios). Promulgado pelo Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril de 2006, o SCE permite a Portugal posicionar-se entre os primeiros países da União Europeia a transporem a Directiva 2002/91/CE relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios.

A aprovação do Regulamento dos Sistemas energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) surge através do Decreto-Lei nº 79/2006, de 4 de Abril, vindo também estabelecer os requisitos para a QAI. No seu artigo 33º, alínea 1, vem estabelecer que a “periodicidade das auditorias de QAI é de dois em dois anos no caso de edifícios ou locais que funcionem como estabelecimentos de ensino ou de qualquer tipo de formação (...), creches, infantários (...).”

Em 2009, foi publicada a Nota Técnica NT-SCE-02 (definida no n.º 3 do artigo 12º do Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril) que estabelece a metodologia para a realização de auditorias à QAI.

No ano de 2010 a Directiva foi reformulada, tendo sido publicada a Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios. Esta directiva tem como objectivo a promoção da melhoria do desempenho energético dos edifícios na União Europeia, tendo em conta as condições climáticas exteriores e as condições locais, bem como exigências em matéria de clima interior e de rentabilidade.

Em consequência, foi publicado no dia 20 de Agosto de 2013, o Decreto-Lei nº 118/2013 que transpõe esta Directiva e aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços.

1.2. OBJECTIVOS

As actuais preocupações na redução de custos energéticos e novas formas de construção têm potenciado o aparecimento de edifícios cada vez mais fechados, com poucas entradas de ar exterior e com conseqüente aumento de recirculação de ar (Lai et al., 2009). Não são excepção os edifícios escolares (no âmbito deste trabalho, as creches e os jardins-de-infância), onde permanecem, grande parte do seu tempo, um dos grupos mais vulneráveis - as crianças. Geralmente estes edifícios apresentam problemas relacionados com a má qualidade da construção, deficiente ventilação, existência de infiltrações e conseqüente aumento de humidade, inadequados processos de limpeza e sobrelotação das salas, que contribuem para uma deficiente QAI. Esta situação pode acarretar uma grande variedade de problemas de saúde e afectar o conforto, concentração e rendimento de crianças e profissionais (Bernstein, 2008). Assim, sendo a QAI considerado um problema de saúde pública, considerando que os estabelecimentos de ensino devem oferecer condições de trabalho e conforto adequadas e que as novas construções apresentam vários problemas ao nível da QAI, esta proposta de trabalho tem como grande objectivo analisar a QAI num estabelecimento pré-escolar e, propor, caso assim se viesse a justificar, medidas correctivas e/ou preventivas que minimizem ou eliminem a exposição a poluentes do ar interior com vista a resolver possíveis problemas existentes.

A realização da presente dissertação teve como objectivo proceder numa primeira fase à revisão bibliográfica sobre a qualidade do ar ambiente, em particular no interior dos edifícios, legislação aplicável, normalização e notas técnicas com vista a monitorização da QAI em edifícios. Numa segunda fase procedeu-se à análise da QAI de um pequeno edifício pré-escolar, sem sistemas de climatização, analisaram-se os resultados obtidos e concluiu-se sobre a forma de mitigar os problemas existentes.

1.3. ESTRUTURA

A dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos.

No primeiro capítulo é efectuado o enquadramento do tema da dissertação, no qual se pretende dar a conhecer o contexto do assunto em estudo e os objectivos propostos.

A relevância do problema da qualidade do ar, no qual se procura demonstrar os impactos que uma indevida QAI pode provocar nos seus ocupantes, bem como formas de controlo e prevenção são abordadas ao nível do segundo capítulo. Deste modo, são abordados o tipo de poluentes mais comuns de encontrar no interior dos edifícios, o tipo de efeitos que podem causar na saúde dos seus ocupantes, a forma de controlar os poluentes, abordando-se ainda a legislação actual que procura promover um ambiente dos espaços interiores saudável nos edifícios.

No terceiro capítulo é efectuada uma descrição do caso de estudo, com apresentação do edifício onde se procedeu à análise da QAI, monitorização de poluentes, locais de recolha, medição e equipamento e a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho prático.

A apresentação e discussão dos resultados das monitorizações realizadas com base na metodologia adoptada são apresentados e discutidos no quinto capítulo.

No sexto capítulo realiza-se uma síntese dos resultados da dissertação para o cumprimento dos objectivos que inicialmente foram delineados, através da conclusão.

Em anexo é apresentado um pequeno folheto de sensibilização que poderá ser utilizado para um programa de formação/informação aos colaboradores do edifício escolar, bem como no dia-a-dia para verificação de cumprimento de condições básicas para manutenção de uma boa QAI.

2. PROBLEMÁTICA DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

O ar é um dos bens mais preciosos para o ser humano. Podemos sobreviver algumas semanas sem comida, ou alguns dias sem água, no entanto, sem ar podemos morrer em apenas alguns minutos (Martins, H. 2011).

As preocupações associadas aos efeitos da qualidade do ar na saúde pública têm geralmente em conta a poluição atmosférica, no exterior dos edifícios. No entanto, as pessoas passam a maior parte dos seus dias em ambientes interiores: nas suas casas, em transportes, nos locais de trabalho, em zonas comerciais e de lazer no interior de edifícios, etc.

Nesses espaços interiores, o desenvolvimento de microorganismos, o uso de produtos de limpeza, a existência de materiais e equipamentos poluentes, a própria ocupação humana e a deficiente ventilação e renovação do ar, são alguns dos contributos para que tanto o número de poluentes como a sua concentração sejam, em geral, muito mais elevados do que no ar exterior. Por estas razões, ao longo dos últimos anos tem-se verificado uma atenção crescente para os problemas da QAI.

A QAI, não se trata somente da existência (e concentração) de poluentes (dióxido de carbono, monóxido de carbono, partículas, compostos orgânicos voláteis, radão, entre muito outros), mas também do nível de conforto (humidade relativa e temperatura) e da percepção que cada um faz da qualidade do ar que se respira. Os níveis de humidade relativa, temperatura e mesmo a presença de certos compostos orgânicos voláteis (perfumes) podem ser considerados “confortáveis” para alguns ocupantes e “desconfortáveis” para outros.

Embora seja mais eficaz e menos dispendioso prevenir os problemas de QAI (utilização de produtos, materiais e equipamentos pouco poluentes; localização correcta das entradas de ar nos edifícios; proibição de fumar nos espaços interiores; correcto dimensionamento dos sistemas de climatização, entre outros) do que resolvê-los, muitas situações requerem simples soluções, como por exemplo: alterações nos hábitos dos ocupantes, substituição de alguns materiais utilizados na decoração ou de produtos utilizados na limpeza, ou um ajustamento das taxas de ventilação dos espaços interiores (APA, 2010).

A QAI nos dias que correm é cada vez mais uma temática indispensável pelo facto de se passar aproximadamente 90% do tempo em ambientes fechados (EFA, 2004).

A lista de problemas de saúde e sintomatologias, associadas ao ar interior dos edifícios, são factores importantes que justificam inspecções e análises de forma a aferir os índices da qualidade do ar que respiramos no interior dos edifícios. Alguns edifícios já começam a ser classificados de “doentes”, devido à má qualidade do ar no seu interior, tendo por isso sido criada a expressão “Síndrome dos Edifícios Doentes” (APA, 2010).

2.1. RELEVÂNCIA DO PROBLEMA

As questões no âmbito da QAI têm tido uma importância crescente em todo o planeta, despertando o interesse das comunidades científicas e sociedade em geral, que até bem pouco tempo apenas davam preocupação aos efeitos da poluição do ar exterior (se alguma vez deram!).

O ar interior é perturbado pela interacção de agentes físicos, químicos e biológicos, produzindo diversos efeitos sobre o ambiente interior e, consecutivamente sobre as pessoas (CEOH-IAQ, 2003). No entanto, a QAI dos espaços a que nos encontramos expostos diariamente não é do nosso conhecimento, pelo que, não conhecendo os riscos nada poderemos fazer para os eliminar ou, de certa forma, minimizar de forma a protegermo-nos (APA, 2010).

A QAI não tem uma definição simples, pois é um conceito complexo que integra agentes diversos e interacções de factores que afectam o tipo, o nível e a importância dos poluentes do ambiente interior. Estes factores incluem:

- As fontes emissoras dos poluentes e odores;
- O desenho, montagem e manutenção dos sistemas de ventilação;
- A humidade e a percepção (forma como são interpretadas pelo indivíduo as condições do ambiente interior) e a susceptibilidade dos ocupantes.

Existem, também, factores psicológicos que, adicionalmente, afectam o conforto e/ou a percepção da QAI.

Na Figura 1 apresentam-se possíveis fontes de poluentes que influenciam a QAI (Valente, 2008).

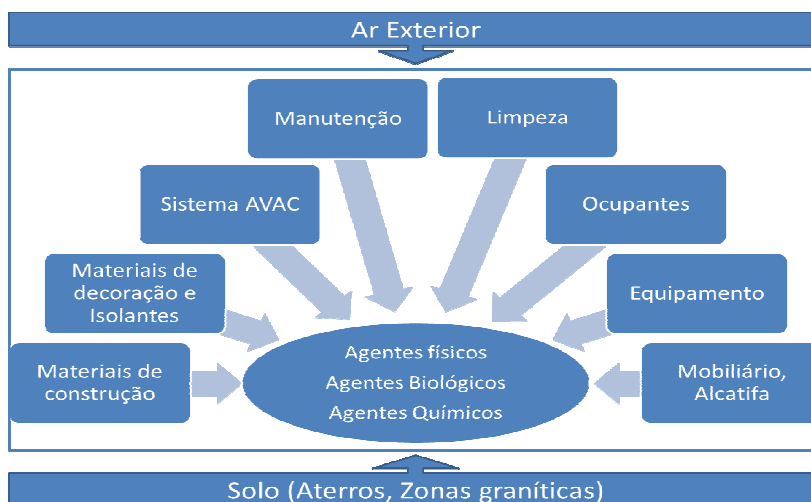


Figura 1 – Fontes de poluentes que influenciam a QAI

Estudos efectuados pelo National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), em diversos edifícios, identificaram as principais fontes associadas com uma deficiente QAI (NIOSH, 2001), destacando-se a ventilação inadequada com mais de 50%, seguida pelos contaminantes interiores, exteriores, matéria microbiana e contaminantes dos materiais de construção (Figura 2) (Santos, 2006).

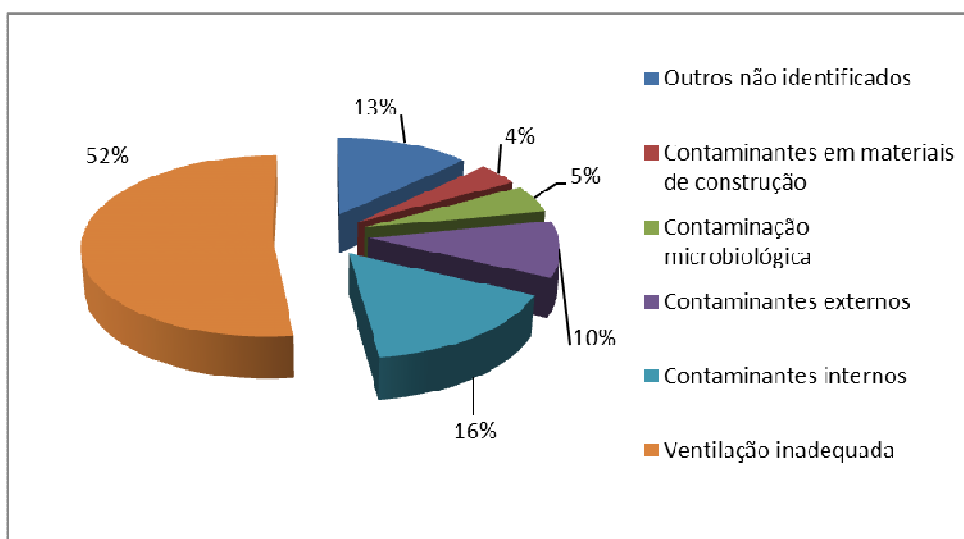


Figura 2 - Fontes associadas à poluição interior

Num sentido lato, a QAI pode ser definida como aquela que não afecta o bem-estar dos ocupantes do espaço em causa. Numa definição mais técnica, a QAI será atingida quando permitir satisfazer os três requisitos básicos que regulam a ocupação humana dos espaços: um ambiente térmico aceitável, a manutenção das concentrações normais dos gases expirados - dióxido de carbono, a remoção dos poluentes ou sua diluição, de modo a manter os seus níveis dentro dos limites aceitáveis para a saúde, bem como o controlo de odores passíveis de criar incomodidade.

Segundo a OMS, uma aceitável QAI significa que "a natureza física e química do ar interior que é respirado pelos ocupantes de um edifício produz um completo bem-estar, mental, físico e social, não podendo provocar absentismo, doenças ou debilidades (OMS, 2010). No entanto, tendo presente que não é possível mensurar com rigor todas as componentes que propiciam um ambiente interior saudável, mais recentemente a Associação Americana dos Engenheiros de Refrigeração, Ar Condicionado e Aquecimento (ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) veio definir QAI aceitável como a situação em que: "... no ar não se encontram níveis de contaminantes superiores aos valores de referência e a maioria dos ocupantes, pelo menos 80%, não refere incomodidade" (ANSI/ASHRAE, 2004).

Actualmente as avaliações efectuadas no interior dos edifícios cingem-se à avaliação de QAI, bem como conforto térmico, sendo que estes são dois factores primordiais para uma boa saúde e bem-estar dos ocupantes de um edifício. Na ausência de conforto térmico, os ocupantes não se sentem em conforto, diminuem a produtividade. Na situação de deficiente QAI os ocupantes estão sujeitos a poluentes, que, dependendo do tempo de exposição, posteriormente poderão causar o aparecimento de doenças (Burroughs et al, 2008; ECA, 1989).

A preocupação com a QAI surgiu após a implementação de medidas de conservação de energia nos edifícios, que obrigaram à construção de estruturas menos espaçosas e com taxas de ventilação mais reduzidas, o que conduziu a uma diminuição da introdução de ar exterior e, conseqüentemente, à degradação da QAI, prejudicando a saúde dos ocupantes (Déoux, 2001).

Os problemas resultantes da débil QAI podem conduzir a situações graves a nível de edifício, como seja, o Síndrome do Edifício Doente (SED) e ao nível dos ocupantes como as Doenças Relacionáveis com o Edifício (DRE).

Os problemas resultantes da débil QAI podem conduzir a situações graves a nível de edifício, como seja, o Síndrome do Edifício Doente (SED) e ao nível dos ocupantes, como as Doenças Relacionáveis com o Edifício (DRE) (Pinto, 2011).

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA) em 2010, define a SED como sendo um conjunto de sintomas relacionados com a exposição a químicos, a partículas ou a material biológico, que não podem ser relacionados com nenhuma causa específica, mas que é aliviada quando o ocupante sai do edifício. Os indivíduos relatam sintomas como dores de cabeça, náuseas, fadiga, sonolência, irritação dos olhos, nariz, garganta, etc. (APA, 2010; Burroughs, 2008).

Em 1982, a Organização Mundial de Saúde (OMS) já tinha reconhecido a SED, caracterizada pelo aumento da prevalência de sintomas pouco específicos, como mal-estar, sensação de fadiga, dor de cabeça, espirros, lacrimejamento e ardor nos olhos, coriza, tontura, tosse seca e alterações na pele (EPA, 2010; Bernstein *et al.*, 2008; Perdrix *et al.*, 2005; Martínez e Callejo, 2006).

Um edifício é classificado doente quando cerca de 20% de seus ocupantes apresentam alguns destes sintomas em decorrência do tempo de permanência em seu interior (ANSI-ASHRAE, 2004; Burroughs *et al.*, 2008). São sinais que tendem a desaparecer após curtos períodos de afastamento. Outros fatores associados à SED são: a elevada taxa de absentismo e a redução na produtividade e qualidade de vida do trabalhador, diante de sua exposição a um ambiente inadequado à ocupação (Martínez e Callejo, 2006).

A OMS identificou dois tipos distintos de edifícios doentes (Martínez e Callejo, 2006):

- Edifícios temporariamente doentes (incluem-se os edifícios novos ou de remodelação recente) - os sintomas desaparecem com o tempo (aproximadamente meio ano).
- Edifícios permanentemente doentes - os sintomas persistem apesar de se tomarem medidas para solucionar os problemas.

Os principais factores de risco para o SED foram identificados em diversos estudos, sendo eles:

- **Temperatura e humidade relativa do ar**

As temperaturas em ambientes fechados acima dos 22°C provocam irritação das mucosas e sintomas como: cefaleias, letargia e cansaço (Martínez e Callejo, 2006). A humidade relativa do ar menor que 40% está associada a sintomas nas mucosas ocular e via respiratória, ao passo que humidade relativa acima de 60% pode contribuir para a condensação da água e o crescimento de microorganismos patogénicos (Norback, 2009).

- **Ventilação**

É a mais importante causa do SED (Lu CY, 2007) e uma das principais causas dos problemas da QAI (Seppänen, 2004; Clements-Croome, 2008), pois uma ventilação inadequada origina o aumento gradual da concentração interna dos poluentes. A eficiência da ventilação de um edifício selado pode ser avaliada pelos níveis internos de CO₂. Estudos efectuados concluíram que o SED diminui quando a concentração de CO₂ atinge valores inferiores a 800 ppm e quando o fluxo do ar externo é aumentado para 20 a 25 l/s por pessoa (Wargocki, 2002; Seppänen, 2004).

▪ **Contaminantes biológicos (bio-aerossóis)**

Os bio-aerossóis são partículas de origem biológica suspensas no ar ambiente. A inalação destas partículas pode provocar sintomatologia respiratória diversa que depende das propriedades biológicas, composição química das partículas, mas também do número de partículas inaladas, do local onde se depositam no sistema respiratório e da sensibilidade do indivíduo (Pantoja, 2007). Os fungos mais comuns são *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria* e *Aspergillus*, e as principais bactérias são *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus* e *Legionella Pneumophila*. Estudos epidemiológicos demonstram a associação entre os bio-aerossóis e o SED e a DRE.

▪ **Mofo e humidade (infiltração)**

De acordo com diversos estudos, o mofo e a humidade são mais dois aspectos que contribuem para o SED, pois revelam uma associação entre o mofo e a humidade (infiltração) no interior dos edifícios e o aumento da sintomatologia percebida pelos ocupantes compatível com o SED (WHO, 2009).

▪ **Contaminantes químicos**

Os compostos orgânicos voláteis (COV's), e em especial os formaldeídos, são os principais contaminantes químicos em ambientes internos. Os COV's têm propriedades irritantes e de odor desagradável. Os efeitos da irritação podem causar: espirros, tosse, rouquidão, conjuntivite, etc, ao passo que o odor desencadeia reacções de hipersensibilidade, vómitos ou até mesmo comportamento inusual.

▪ **Idade do edifício**

Em edifícios novos devido às altas concentrações de COV's e material particulado proveniente dos materiais de construção e do mobiliário, os seus ocupantes podem apresentar sintomas compatíveis com o SED, no entanto, passados poucos meses, quando as concentrações diminuem e, caso não existam outros problemas, os sintomas desaparecem (Martínez e Callejo, 2006). Em edifícios antigos, com o envelhecimento dos equipamentos, acumulação de poeiras, mofo, humidade nas paredes, acumulação de contaminantes químicos e biológicos nos sistemas de refrigeração, podem originar situações de SED.

▪ **Factores psicossociais**

A organização do trabalho, a insatisfação em geral, a actividade e a comunicação tem um papel importante no aparecimento de sintomas atribuíveis a SED, pois tornam o indivíduo mais susceptível (Ali, 2009). Dois estudos recentes mostram a associação entre factores psicossociais e sintomas de SED (Runeson, 2006; Bakke, 2007).

Segundo Ali e colaboradores foi estabelecido que o SED provém, essencialmente, de quatro fontes principais (Ali, 2009):

- Biológica: bio-aerossóis formados por bactérias, fungos, vírus e substâncias produzidas por esses agentes.
- Química: monóxido de carbono, dióxido de nitrogénio (devido a processos de combustão e tabaco), ozono (impressoras e fotocopiadoras), formaldeído (presente em vernizes, espumas de isolamento e aglomerados de madeira).
- Partículas: lã de vidro, microfibra de amianto, fibras naturais e pólenes.
- Estruturais: percentagem de renovação do ar, humidade do ar, temperatura, iluminação inadequada, ruídos.

A poluição do ar interior dos edifícios reflecte-se directamente na saúde e, conseqüentemente, no bem-estar e produtividade dos seus ocupantes (Ambu, 2008; Jones, 1999; Spengler, 2004).

Segundo a APA, a DRE é considerada uma doença específica de causa conhecida, resultante da exposição a um agente num espaço interior. Alguns exemplos são a doença dos Legionários e a febre de Pontiac. Na maioria dos casos, uma condição de DRE é um estado já avançado de uma condição de SED (APA, 2010).

As doenças numa situação de DRE associadas ao edifício são geralmente reacções alérgicas (e.g. asma, febre do humidificador e pneumonia por hipersensibilidade) ou infecções (e.g. causadas por bactérias, vírus e fungos) resultantes de uma reduzida manutenção dos mesmos (Burroughs, 2008).

Relativamente aos sintomas da DRE, estes diferem dos de SED quanto à persistência, uma vez que quando ausentes do edifício o abrandamento dos mesmos carece de um longo período de tempo.

De entre os sintomas associados às DRE, salientam-se os seguintes: tosse, sintomas de gripe, dores no peito, dificuldades em respirar, febre, calafrios e dores musculares (Childs, 2006).

O Quadro 1 resume os principais sintomas associados a SED e a DRE, sendo particularmente útil para relacionar e identificar as doenças e sintomas, contribuindo para um processo de triagem mais rápido.

Quadro 1 - Sintomas de saúde associados ao SED e às DRE (Burroughs, 2008)

Doença	Sintomas																		
	Dor no peito	Calafrios	Dificuld. de concentração	Tosse	Tonturas	Irritações nos olhos	Fadiga	Febre	Dores de cabeça	Letargia	Mal-Estar	Dores	Náuseas	Dores nas articulações	Pneumonia	Falta de ar	Irritação de Pele	Perda de peso	Outros
SED			x		x		x	x	x		x					x	x		Rinorreia, secreta da garganta
Doença do Legionário	x	x		x				x	x		x	x			x	x		x	Dor abdominal, diarreia, vômitos
Febre Humidificador	x	x		x				x	x	x		x		x		x		x	Poliúria (micção frequente)
Hipersensibilidade pneumónica		x		x			x	x	x		x				x				-
Febre Pontiac	x	x		x	x			x	x		x	x	x						Diarreia, garganta inflamada

2.2. POLUENTES DO AR INTERIOR E EFEITOS NA SAÚDE

A existência de concentrações de poluentes no ar interior dos edifícios deve-se essencialmente a duas fontes de origem: internas (ocupantes e suas actividades; materiais/ mobiliário/ decoração; sistemas de AVAC) e/ou externas (através do ar insuflado para os espaços interiores).

Diversos autores referem que a primeira etapa a percorrer quando se analisa a QAI é a de averiguar quais os potenciais contaminantes que podem ser encontrados nos edifícios e quais as fontes responsáveis pela sua origem (Gameiro da Silva, 2010).

Na Tabela 1 encontram-se os principais agentes e factores que afectam a QAI, bem como as suas fontes interiores e exteriores.

Tabela 1 - Principais agentes e factores que afectam a QAI e respectivas fontes (Martínez e Callejo, 2006; APA, 2010)

Agente/Factor	Fontes Interiores	Fontes Exteriores
Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) (Tricloroetileno, benzeno, tolueno, álcoolis, hidrocarbonetos aromáticos)	Tintas, produtos de limpeza, impressoras, fotocopiadoras, computadores, solventes impermeabilizantes e isolantes derivados de silicone, carpetes, mobiliário, adesivos, calafetagem, insecticidas, herbicidas, produtos de combustão, fumo de tabaco, cosméticos e outros produtos de uso pessoal.	Emissões de veículos e industriais
Dióxido de carbono (CO₂)	Utilização de equipamentos a gás ou outros combustíveis em espaços mal ventilados; Ocupantes (respiração humana).	Emissões industriais e de veículos
Fibras Artificiais fibra de vidro e lã mineral	Isolantes e impermeabilizantes utilizados na construção.	Emissões industriais; Trabalhos de construção e demolição
Formaldeído (HCHO)	Isolamento de espuma de ureia, madeira contraplacada não selada, madeira prensada, madeira aglomerada, painéis de revestimento de paredes, carpetes, tecidos, colas, adesivos, produtos de combustão (ex. fumo de tabaco).	O formaldeído é quase, exclusivamente, identificado em ambientes interiores
Fumo do tabaco	Cigarros, charutos.	
Microrganismos e outros contaminantes biológicos	Água estagnada em sistemas AVAC, materiais húmidos, desumidificadores, condensadores das torres de arrefecimento (chillers), torres de refrigeração, plantas, animais.	Vegetação e flora microbiana ambiental; Animais; Deposição de resíduos
Mistura de gases inorgânicos: Amoníaco, ácido sulfídrico e dióxido de enxofre	Produtos de limpeza, produtos de combustão e fumo de tabaco.	Emissões industriais
Monóxido de Carbono (CO)	Fumo de tabaco; Utilização de equipamentos a gás ou outros combustíveis em espaços mal ventilados.	Emissões de veículos
Óxido de azoto (NO₂)	Produtos de combustão de cozinhas e aquecedores a gás, fumo de tabaco, fumos de soldadura.	Emissões de veículos e industriais
Ozono (O₃)	Fotocopiadoras, impressoras, ambientadores, descargas eléctricas.	Atmosfera – nevoeiro fotoquímico (o ozono resulta da transformação atmosférica de produtos emitidos pelos processos de combustão).
Partículas	Fumo de tabaco, papel, isolamento de tubagens, resíduos de água, carpetes, filtros AVAC, actividades de limpeza.	Solo; Emissões de veículos; Emissões industriais; Trabalhos de construção e demolição. Vegetação.
Radão (Rn)	Materiais de construção.	Solo e águas subterrâneas.
Ventilação inadequada (ar exterior insuficiente, deficiente circulação)	Medidas de poupança de energia e manutenção, má concepção dos espaços e condutas do sistema de ventilação (o ar extraído pode voltar a ser reintroduzido nos edifícios), má concepção do projecto do sistema AVAC, alteração do sistema de funcionamento do sistema AVAC pelos ocupantes.	

Os poluentes podem reagir e persistir no interior dos edifícios de forma diferente. Dependendo da movimentação do ar existente, os poluentes podem reagir e interagir uns com os outros, entrar em fase de decaimento, aderir às superfícies e permanecerem nesses locais para reagirem mais tarde ou então nem sofrerem qualquer alteração.

Na figura seguinte pode-se verificar o fluxo percorrido pelos poluentes desde que estes entram no edifício, ou são gerados no seu interior, forma como se comportam até ao momento em que os mesmos deixam o edifício e/ou voltam novamente ao seu interior.

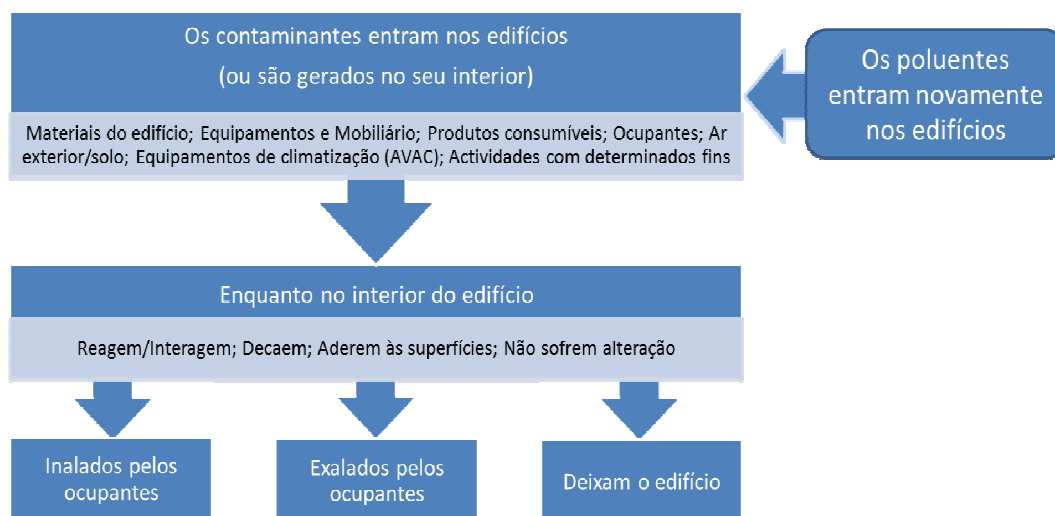


Figura 3 - Fluxo dos poluentes no interior dos edifícios (Burroughs, 2008)

Relativamente ao tipo de poluentes que poderemos encontrar no interior dos edifícios, podemos categorizá-los em três tipos principais: químicos, físicos e biológicos.

As partículas suspensas no ar (PM_x), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3), formaldeído (HCHO), compostos orgânicos voláteis (COV's), Radão (Rn), óxidos de azoto (NO_x), Amianto e Chumbo (Pb) são alguns dos principais poluentes químicos que afectam a QAI dos edifícios. Nos poluentes biológicos, podem incluir-se as bactérias (de entre algumas importantes, a *Legionella*) e os fungos. Relativamente aos agentes físicos, salientam-se os factores de ambiente térmico (temperatura, humidade relativa e velocidade do ar). Todos os agentes anteriormente referidos encontram-se definidos no Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)), o qual preconiza os critérios de conformidade legal a ter em consideração em auditorias de QAI.

Em termos de efeitos para a saúde da população, a reacção à exposição a poluentes em concentrações superiores às recomendadas, ou exposição prolongada a concentrações que embora não sejam elevadas produzem efeitos para a saúde, depende de pessoa para pessoa, nomeadamente do grau de sensibilidade. No entanto, existem grupos mais vulneráveis, devido à idade e estado de saúde, nomeadamente as pessoas idosas, as crianças e adultos com problemas respiratórios e cardiovasculares.

Os efeitos dos poluentes na saúde das pessoas podem ser denominados como (Oliveira, 2009):

- Efeitos incomodativos: Após 5 a 60 min de exposição a odores desagradáveis, ocorrem reacções de irritação ocular, na garganta, nariz e boca.
- Efeitos agudos: São imediatos e manifestam-se aquando a exposição a concentrações elevadas de poluentes.
- Efeitos prolongados: Manifestam-se aquando a exposição prolongada a concentrações reduzidas de poluentes, sendo de referir o surgimento de reacções alérgicas e/ou infecciosas e cancro do pulmão.

Na Tabela 2 apresentam-se os principais poluentes que afectam a QAI e efeitos na saúde que estes causam na população.

Tabela 2 - Efeitos na saúde de poluentes que afectam a QAI (ADENE, 2011; The New York State Department of Health; Spengler, 2001)

Poluente	Efeitos na Saúde
Monóxido de Carbono (CO)	<ul style="list-style-type: none"> - Dores de cabeça, náuseas e cansaço; - Efeitos no sistema nervoso central e no sistema cardiovascular; - Formação de carboxihemoglobina (impede a captação de oxigénio, o que poderá levar à morte).
Dióxido de carbono (CO₂)	<ul style="list-style-type: none"> - Dores de cabeça, falta de ar, irritação dos olhos e garganta e fadiga; - Efeitos no sistema nervoso central e no sistema cardiovascular.
Formaldeído (HCHO)	<ul style="list-style-type: none"> - Irritação dos olhos, nariz, garganta e pele; - Irritação das vias respiratórias e problemas respiratórios; - Dor de cabeça, enjoos, fadiga.
Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) (Tricloroetileno, benzeno, tolueno, álcoois, hidrocarbonetos aromáticos)	<ul style="list-style-type: none"> - Olhos vermelhos, secura das mucosas do nariz e garganta, vertigens; - Fadiga, dores de cabeça, odores, náuseas, sintomas de alergia; - Leucemia e cancro da pele e pulmão.
Ozono (O₃)	<ul style="list-style-type: none"> - Irritação dos olhos, dores de cabeça, reacções alérgicas; - Secura da boca e garganta, pressão no peito e tosse; - Problemas respiratórios; Se a exposição for prolongada ou repetida há possibilidade de Edema Pulmonar; - Alterações de vigilância e actuação.
Partículas	<ul style="list-style-type: none"> - Irritação da pele e mucosas, olhos secos; - Problemas respiratórios, asma e alergias, tosse e espirros; - Doenças profissionais (metais).
Radão (Rn)	<ul style="list-style-type: none"> - Quando depositado nos pulmões pode gerar cancro (o perigo é aumentado pelo facto de ser um gás não detectável pelos nossos sentidos).
Microrganismos e outros contaminantes biológicos (bactérias, fungos, Legionella)	<ul style="list-style-type: none"> - Febres, dores de cabeça, fadiga e dores musculares; - Efeitos irritantes – olhos, nariz, garganta e pele; - Irritação cutânea (fungos); - Alergias (rinite, sinusite e asma); - Infeccções (tuberculose, pneumonia, criptococose); - Infeccção pulmonar (Doença do Legionário); Febres altas (Febre Pontiac).
Óxido de azoto (NO_x)	<ul style="list-style-type: none"> - Irritação dos olhos, nariz e garganta, tosse e cansaço; - Problemas respiratórios (bronquite e enfisemas), aquando exposição a concentrações elevadas.

2.2.1. POLUENTES QUÍMICOS

Tendo em conta que ao longo dos tempos as actividades têm vindo a sofrer alterações, bem como o ar exterior, devido em grande parte à poluição, é fácil perceber que os poluentes químicos a que os ocupantes de edifícios estavam expostos à 50 anos atrás, diferem substancialmente das exposições actuais (Weschler, 2009). Tal como referido atrás, os agentes químicos podem reagir entre si ou com substâncias provenientes de outras fontes, criando novos poluentes (Bluyssen, 2009).

Vários países, entre os quais Portugal, apresentam regulamentação relativa aos limites de exposição a poluentes químicos do ar interior, sendo estes baseados em directrizes e orientações da OMS, ASHRAE e European Committee for Standardization (CEN). Além disso, a nível europeu, existem diversas iniciativas para a melhoria da QAI dos edifícios, nomeadamente:

- Desenvolvimento de métodos de ensaio harmonizados relativos à emissão de substâncias perigosas por parte materiais de construção de modo a dar cumprimento às exigências da Directiva dos Produtos de Construção;
- Uniformização das informações ambientais sobre produtos de construção e a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios;
- Harmonização dos vários sistemas nacionais de rotulagem para mobiliário e produtos de construção;
- Criação do REACH (Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Produtos Químicos) pela Agência Europeia das Substâncias Químicas;
- Financiamento de vários projectos europeus, tais como o projecto ENVIE (Co-ordination action on Indoor Air Quality and Health Effects), BUMA (Building Materials as indoor pollution sources) e HealthyAir.

2.2.1.1. PARTÍCULAS OU AEROSSÓIS EM SUSPENSÃO NO AR (PM_x)

As partículas ou aerossóis em suspensão no ar (PM_x) são definidas como a matéria sólida ou líquida em suspensão no ar, com um diâmetro aerodinâmico entre 0,005 e 100 μm (PM_x) (APA, 2010). Podem ser constituídas por centenas de diferentes compostos químicos e biológicos e ter várias formas e tamanhos (os processos mecânicos tendem a produzir partículas maiores que os processos de combustão) (APA, 2010; Martínez e Callejo, 2006).

A matéria particulada sólida é maioritariamente constituída por poeiras, fumos e organismos como vírus, grãos de pólen, bactérias e esporos de fungos, ao passo que a matéria particulada líquida é formada por substâncias no estado de vapor (APA, 2010).

Segundo a EPA (2009) existem duas categorias de tamanho de partículas que são particularmente preocupantes para a saúde:

- Partículas com diâmetro aerodinâmico entre 2,5 μm a 10 μm , "partículas inaláveis grossas" (por exemplo, as partículas emitidas por indústrias);
- Partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 2,5 μm , "partículas finas", encontradas no fumo e neblina (resultantes da queima de combustíveis, por exemplo de veículos motorizados). Estas atingem facilmente os pulmões onde podem acumular-se, reagir ou ser absorvidas. Além disso, devido ao seu diâmetro reduzido, as partículas finas tendem a permanecer no ar por longos períodos de tempo, percorrer longas distâncias e as suas concentrações tendem a variar de acordo com as variações de direcção do vento e as condições atmosféricas.

As partículas presentes em espaços interiores são provenientes de fontes interiores e exteriores, e tal como descrito acima, a sua concentração em ambientes interiores depende da combinação de vários factores, tais como: condições ambientais, materiais de construção, actividades desenvolvidas pelos ocupantes (por ex. operações de limpeza), tipo de ventilação, sistemas de ar condicionado e taxas de ventilação. O tráfego e as actividades de construção constituem exemplos de fontes exteriores de PMx (Liu et al., 2004; EPA, 2009).

As partículas grossas com origem "indoor" (2,5 μm a 10 μm) tendem a depositar-se na região nasal, faríngea ou laríngea do aparelho respiratório. Por outro lado, as partículas finas (0,1 μm -2,5 μm) e ultra-finas (<0,1 μm) com origem "indoor" e "outdoor" podem depositar-se na região traquebrônquial e alveolar (Bernstein *et al.*, 2008).

A Norma Portuguesa 1796:2007 classifica as PMx em função da zona do aparelho respiratório até onde podem penetrar:

- Fracção Inalável (inhalable particulate mass) - partículas com diâmetro aerodinâmico, menores que 100 μm , são classificadas como partículas potencialmente perigosas, entram no organismo pelo nariz e pela boca e atingem qualquer região do aparelho respiratório;
- Fracção Torácica (thoracic particulate mass) - partículas potencialmente perigosas menores que 25 μm que atingem a região pulmonar e alveolar;

- Fracção Alveolar ou Respirável (respirable particulate mass) para as partículas potencialmente perigosas menores que 10µm e que atingem a região alveolar.

As Figuras 4 e 5 demonstram que as partículas com diâmetros superiores a 7µm raramente penetram para além das vias respiratórias superiores, enquanto as partículas com diâmetro igual ou inferior a 2µm podem penetrar até aos alvéolos.

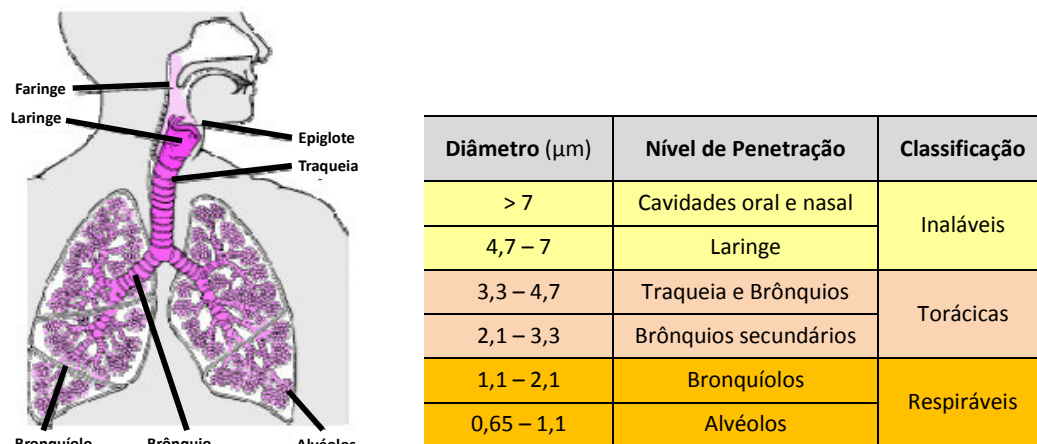


Figura 4 - Classificação, diâmetro e nível de penetração no aparelho respiratório das partículas (PM_x)

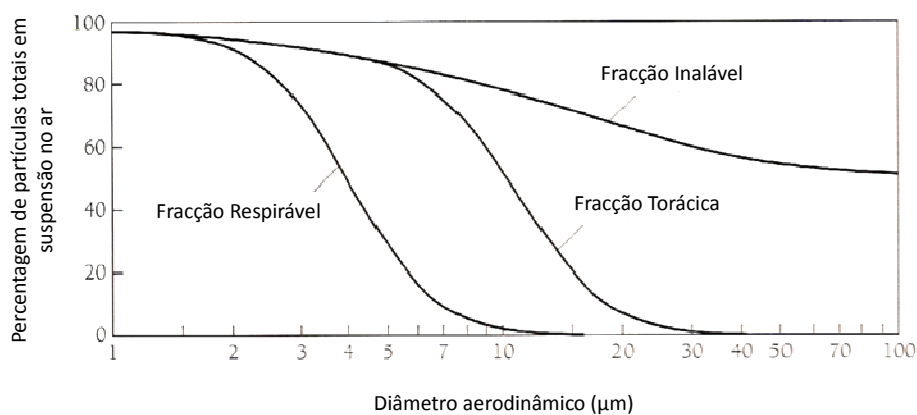


Figura 5 - Fracções inalável, torácica e respirável expressas como percentagem de partículas totais em suspensão no ar (Miguel, 2005)

Analisando a Figura 5 verifica-se que a fracção torácica e respirável são sub-fracções da fracção inalável. Observa-se ainda que 50% das poeiras respiráveis tem diâmetro aerodinâmico até 100µm, que correspondem à fracção inalável, 100µm até 10µm pertencem à fracção torácica e até 4µm pertencem à fracção respirável (Miguel, 2005).

De acordo com a OMS (2005), o tamanho das partículas é o factor mais importante na deposição das mesmas no aparelho respiratório. Alguns estudos sugerem que as partículas com diâmetros menores têm efeitos respiratórios graves nas crianças.

A gama de tamanhos de partículas ou aerossóis preocupantes para a saúde humana é de 0,1 a 10 μ m. Em termos de QAI não se consideram partículas acima de 10 μ m, pois estas permanecem pouco tempo no ar, não causando assim tantas preocupações a nível de saúde pública. As partículas inferiores a 0,1 μ m são geralmente inaladas, enquanto as partículas superiores a 10 μ m são filtradas pelo nariz. As partículas que chegam à região torácica são responsáveis pela maioria dos efeitos adversos na saúde, sendo que foram desenvolvidas normas para as partículas de tamanho $\leq 10\mu$ m, também conhecidas por PM₁₀ (APA, 2010).

A maioria dos estudos epidemiológicos usa as PM10 como indicador de exposição. Estas representam a massa da partícula que entra no trato respiratório e, além disso, inclui tanto as partículas grossas (entre 2,5 e 10 μ m) como as partículas finas (que medem menos de 2,5 μ m - PM_{2,5}) que contribuem para efeitos adversos na saúde verificados em ambientes urbanos (OMS, 2006).

O fumo do tabaco é também uma fonte interior de partículas finas (PM_{2,5}) e é constituído por mistura dinâmica e complexa de mais de 4000 produtos químicos, muitos deles tóxicos e cancerígenos (Martínez e Callejo, 2006). Existem estudos em edifícios de serviços, que referem que a concentração média de partículas encontrada em ambientes de não fumadores é de 10 μ g/m³, enquanto nas áreas de fumadores pode ir dos 30 aos 100 μ g/m³ (APA, 2009).

Os efeitos na saúde da população decorrentes da exposição às PM_x dependem, essencialmente, da deposição das partículas no aparelho respiratório e da capacidade que este apresenta para as remover, sendo que está directamente relacionado com o diâmetro, a composição química, a concentração e o tempo de exposição a este agente (Bernstein et al., 2008; Miguel, 2010).

Segundo a EPA (2009) a exposição a partículas está associada a uma série de efeitos graves na saúde, nomeadamente, doenças pulmonares, asma e outros problemas respiratórios. As partículas finas (diâmetro $\leq 2,5 \mu$ m), sendo as mais perigosas, que conseguem penetrar até à região alveolar, podem agravar a asma e a bronquite, e têm sido responsáveis pelo aumento dos internamentos de emergência por doenças cardíacas e pulmonares, diminuição da função pulmonar e morte prematura nos EUA. As exposições a curto prazo podem provocar sintomas como falta de ar, irritação ocular e pulmonar, náuseas, tonturas e reacções alérgicas.

Existem alguns estudos que têm vindo a ser publicados, bem como dados epidemiológicos, que revelam a existência de grupos de pessoas mais vulneráveis, ou seja, que apresentam risco especial para a exposição a estes agentes, como sejam as crianças, os idosos e adultos com doenças respiratórias (Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica, bronquite aguda e asma) e doenças cardiovasculares (Martínez e Callejo, 2006).

2.2.1.2. DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

O Dióxido de carbono (CO₂), constituinte da atmosfera entre os 330 e 350 partes por milhão (ppm), é um gás incolor e inodoro. A presença deste constituinte em ambientes interiores, que apenas é considerado perigoso quando presente em concentrações elevadas, deve-se à respiração humana e fumo de tabaco, sendo também gerado em processos de combustão (fogões de cozinha, esquentadores, aquecedores, etc). Ao nível do metabolismo humano, este agente pode ser exalado a uma taxa de cerca de 0,3 l/min., durante a execução de tarefas em trabalhos de escritório (APA, 2010 e Ramos, 2011).

A concentração de CO₂ nos espaços interiores fechados é influenciada por diversos factores, tais como o número de pessoas, o tamanho do espaço, o nível da actividade física e a hora do dia, verificando-se normalmente, a tendência de aumentar durante o dia (níveis mais elevados no final da manhã e tarde). Deste modo, se os outros poluentes são gerados a uma taxa que também dependa do nível de ocupação, então o CO₂ é um bom indicador da concentração desses poluentes (APA, 2010 e Clements-Croome et al., 2008). Por isto, a concentração de CO₂ no ar interior de edifícios pode dar uma boa indicação da taxa de ventilação (APA, 2010).

Os níveis típicos deste poluente em ambiente interiores podem variar entre 600 e 800 ppm (Nathanson, 1995; APA, 2009). De forma a manter níveis adequados deste poluente nos espaços, a ASHRAE Standard 62-2004, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, recomenda, para ocupação e actividades ditas normais, uma taxa mínima de ventilação de 10 l/s por pessoa para assegurar uma boa QAI, obtendo-se assim, concentrações de CO₂ de 850 ppm, em condições de estado estacionário no espaço ocupado (APA, 2010).

Uma ventilação inadequada contribui para a prevalência de sintomas relacionados com o SED. De acordo com um estudo efectuado por Fisk et al. (2009), em edifícios administrativos, a prevalência de sintomas associados ao SED aumenta cerca de 23% para uma taxa de ventilação de 5-10 l/s por pessoa e diminui cerca de 29% com o aumento das taxas de ventilação para valores de 10-25 l/s por pessoa.

Em termos de efeitos para a saúde, são descritos sintomas como irritação da garganta e olhos, fadiga e algumas dificuldades respiratórias, causados pela presença em concentrações elevadas de CO₂ em detrimento do oxigénio (O₂). Em concentrações moderadas, o CO₂ pode causar a sensação de desconforto, em ambiente dito “abafado”. Em concentrações superiores a 15.000 ppm pode provocar perda de acuidade mental (EPA, 2009). Acima de 30.000 ppm, os efeitos da sua presença são dores de cabeça, tonturas e náuseas (Quadros, 2008).

2.2.1.3. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

O monóxido de carbono (CO) é um gás incolor, inodoro e tóxico, sendo um produto resultante de combustão incompleta. Os fogões a gás, fornos, caldeiras e aquecedores são considerados fontes interiores de CO, assim como veículos presentes em garagens ou no exterior, ventilação inadequada e fumo de tabaco (Martínez e Callejo, 2006; EPA, 2010).

A poluição por CO no interior de edifícios ocorre quando os gases de combustão não são devidamente ventilados para o exterior ou ao retorno deste gás no edifício. Segundo APA (2010), na maioria dos edifícios e grandes superfícies interiores, as diversas fontes de combustão existentes (garagens, restauração, sistemas de aquecimento de água, entre outros) estão interligadas entre si por corredores, escadas comuns, poços de elevadores, etc, ou têm vias de comunicação através de sistema de ventilação de ar, levando ao transporte e circulação deste poluente, e outros, através destes espaços, pelo interior dos edifícios.

A toxicidade do CO revela-se extremamente importante, na medida em que este composto se combina com a hemoglobina (Hb) no sangue e produz carboxihemoglobina (COHb), reduzindo o transporte de oxigénio para as células do corpo (APA, 2010 e Chaloulakoua et al., 2002). A produção de COHb depende da concentração de CO no ar, do tempo de exposição e estado de saúde do indivíduo, actividade humana e altitude, logo as respostas específicas a uma dada concentração variam de indivíduo para indivíduo (Chaloulakoua et al., 2002; Martínez e Callejo, 2006; APA, 2010; Bernstein *et al.*, 2008).

Em presença com baixas concentrações de CO, o indivíduo pode sentir fadiga e dores no peito. Por outro lado, exposições a concentrações mais elevadas podem provocar dores de cabeça, tonturas e fraqueza em pessoas saudáveis, sendo possível ocorrerem outros sintomas como sonolência, náusea, vómito, confusão e raciocínio diminuído. Em níveis muito elevados, este poluente pode levar à perda de consciência e morte (APA, 2010).

Os efeitos na saúde humana aquando a exposição a este poluente, são agravados quando se tratam de pessoas pertencentes a grupos vulneráveis. Segundo a OMS (2006), a exposição ao monóxido de carbono é particularmente perigosa para o feto, lactantes e pessoas com anemia ou doença cardíaca. Este agente pode ainda causar problemas neurológicos em idosos e dificuldades de aprendizagem e desenvolvimento nas crianças, bem como o aborto em mulheres expostas durante a gravidez.

Na Tabela seguinte encontram-se os principais efeitos na saúde, tendo em conta os níveis de carboxihemoglobina (COHb) no sangue.

Tabela 3 - Níveis de COHb e efeitos relacionados com a saúde (EPA, 1994)

% de COHb no sangue em relação à quantidade total de Hb	Efeitos associados a este nível de COHb
80	- Morte
60	- Perda de consciência - Morte em caso de exposição contínua
40	- Confusão - Colapso em exercícios
30	- Dor de cabeça - Cansaço - Julgamento prejudicado
7 - 20	- Decréscimo significativo do consumo máximo de oxigénio durante exercícios enérgicos em homens jovens
5 - 17	- Diminuição significativa da percepção visual, da destreza manual, da facilidade de aprender e do rendimento em tarefas que exijam certas habilidades
5 - 5,5	- Decréscimo significativo do consumo máximo de oxigénio e da duração de exercícios enérgicos em homens jovens
Abaixo de 5	- Decréscimo insignificante na capacidade de concentração
2,9 - 4,5	- Diminuição significativa da capacidade de fazer exercícios em pessoas que já tenham problemas no coração

A ASHRAE Standard 62-2004, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, define um valor limite de exposição, para um tempo médio de exposição de 8 horas, que não deve exceder os 9 ppm, no entanto, valores acima dos 5 ppm indicam a presença indesejável de poluentes de combustão (APA, 2010).

2.2.1.4. OZONO (O₃)

O ozono (O₃) é um gás instável que ocorre naturalmente no ambiente, formando-se na estratosfera através de reacções fotoquímicas e na presença de poluentes precursores como os óxidos de azoto (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs).

A sua concentração vai variando com a altitude e latitude. É um gás extremamente oxidante e reactivo, sendo um poluente perigoso para a saúde quando presente em excesso na troposfera (APA, 2010). Sendo um composto resultante da actividade fotoquímica, a presença de O₃ varia muito sazonalmente e diariamente, com concentrações mais elevadas no Verão e no período da tarde, devido ao facto das janelas nesta época do ano se encontrarem abertas durante mais tempo (OMS, 2005).

A fonte interior mais relevante de O₃ é o ozono exterior, presente no ar exterior, no entanto, alguns equipamentos existentes nos interiores dos edifícios que utilizam raios ultravioleta (fotocopiadoras, impressoras a laser e purificadores de ar electrostáticos, etc.) também são responsáveis por elevadas concentrações deste poluente. Um estudo de Kagi confirma o aumento da concentração de O₃ no ar interior durante processos de impressão (Kagi et al, 2007). Segundo APA, 2010, nestas situações as concentrações de ozono podem variar entre os 0,12 e os 0,80 ppm (APA, 2010).

As concentrações de ozono nos espaços interiores podem variar significativamente, entre 10 e 80% dos níveis do exterior. Esta variação é causada por diversos factores tais como, infiltração de ar, insuflação pelos sistemas AVAC, a circulação do ar interior, composição das superfícies interiores (por ex., tapetes, tecidos, mobília, etc.,) e por reacções com outros componentes do ar interior (APA, 2010).

Segundo Weschler et al, podem ser encontradas concentrações de O₃ que variam entre 1-100µg/m³ em ambientes interiores. Este autor refere ainda que este agente reage com vários COVs, podendo formar poluentes secundários (radicais OH, HO₂ e RO₂) e produtos estáveis (aldeídos, peróxidos e outros compostos) capazes de provocar sensibilização ocular e irritação das vias aéreas (Weschler *et al.*, 2009).

Em concentrações normais, as reacções de O₃ com algumas moléculas orgânicas podem produzir produtos que são altamente irritantes e podem ter toxicidade crónica ou cancerígenos. Por ser muito reactivo, a exposição do ser humano a quantidades relativamente pequenas pode causar dores no peito, tosse, respiração acelerada e irritação na garganta, ao passo que aquando exposto a quantidades elevadas, pode causar problemas no tracto respiratório e pulmões. A sua reacção em pessoas sensíveis, como crianças e pessoas com problemas respiratórios pode fazer-se sentir de uma forma mais grave. O O₃ pode piorar a asma e comprometer a capacidade do organismo combater infecções respiratórias (APA, 2010). Na Tabela seguinte são revelados alguns efeitos na saúde e padrões de saúde aquando exposição ao ozono.

Tabela 4 - Efeitos do ozono na saúde e padrões de saúde (APA, 2010)

Efeitos na saúde que podem ocorrer	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição da função dos pulmões - Agravamento da asma - Garganta irritada e tosse - Dores no peito e respiração rápida - Inflamação do tecido pulmonar - Maior susceptibilidade a infecções respiratórias
Padrões de saúde	<ul style="list-style-type: none"> - A <i>Food and drug Administration</i> (FDA) – saída de O₃ em equipamentos médicos inferior a 0,05 ppm - A <i>Occupational Safety and Health Administration</i> (OSHA) - trabalhadores não devem estar expostos a uma concentração média superior a 0,10 ppm durante 8 horas - O <i>National Institute of Occupational Safety and Health</i> (NIOSH) recomenda que nunca seja excedido um limite superior de 0,10 ppm

2.2.1.5. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (COV's)

Os compostos orgânicos voláteis (COV's) são compostos químicos constituídos por átomos de carbono e hidrogénio e que apresentam pontos de ebulição aproximadamente, na gama de 50-250°C. Englobam uma grande variedade de compostos químicos, sintéticos e naturais, dos quais grande parte foi identificada no ar interior (EPA, 2010).

Dada a existência de uma grande quantidade de COV's no ar interior, e de forma a facilitar o tratamento é feita uma divisão em várias classes. Essa divisão pode ser feita de acordo com as características químicas (alcanos, aromáticos, aldeídos, etc.), propriedades físicas (ponto de ebulição, pressão de vapor, número de átomos de carbonos, etc.) e potenciais riscos para a saúde (irritantes, neurotóxicos, carcinógenos, etc.)(APA, 2010).

Um grupo de trabalho da OMS classificou os compostos orgânicos de acordo com o ponto de ebulição à pressão atmosférica, discriminando-os como COMV, COV, COSV e MOP (verificar a Tabela seguinte).

Tabela 5 - Classificação dos COV em espaços interiores (APA, 2010)

Categoria	Descrição	Abreviatura	Gama de ponto de ebulição (°C)	Meio de amostragem geralmente utilizado nos estudos de campo
1	Compostos orgânicos muito voláteis (gasosos)	COMV	< 50 a 50-100	Recolha em canisters; adsorção em meio sólido
2	Compostos orgânicos voláteis	COV	50-100 a 240-260	Recolha em canisters, por adsorção em meio sólido
3	Compostos orgânicos semivoláteis	COSV	240-260 a 380-400	Adsorção em espuma de poliuretano ou XAD-2
4	Compostos orgânicos associados a matéria particulada ou a matéria orgânica particulada	MOP	> 380	Recolha em filtros

Todos os edifícios têm uma grande variedade de fontes de compostos orgânicos voláteis, tais como plásticos, fumo de cigarro, cera de chão, produtos de limpeza, substâncias associadas à combustão, impressoras, fotocopiadoras, etc. (EPA, 2010). Os COV's emitidos pelos materiais de construção, mobiliários e produtos domésticos originam problemas de QAI em habitações. Vários COV's (mais de 200) têm origem microbiana (COVM). A presença de contaminação por fungos em ambientes interiores (presença de humidade nos materiais de construção, por exemplo) pode estar associada à existência de COV's como álcoois, aldeídos, acetonas, terpenos, ésteres, aminas, compostos aromáticos, bem como, compostos contendo enxofre e azoto (Kim *et al.*, 2008).

Na Tabela 6 estão apresentadas as fontes mais comuns de COV's em atmosferas interiores e as respectivas fontes.

Tabela 6 - COV's normalmente encontrados e suas principais fontes (APA, 2010)

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

Geralmente, para analisar a QAI de determinado local efectua-se a medição dos compostos orgânicos voláteis totais (COVT). A medição de COVT regista o total de COV's presentes sem distinguir diferentes compostos e foi desenvolvida pois a identificação individual dos COV's torna-se dispendiosa e demorada, dada a grande variedade de compostos potencialmente presentes no interior de edifícios, e pelo facto de muitos serem difíceis de identificar ou de medir (APA, 2010).

Segundo APA (2010), as concentrações de COV's no ar ambiente exterior são em geral baixas $<100\mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto as concentrações em espaços interiores podem ser substancialmente elevados desde alguns $\mu\text{g}/\text{m}^3$ até mg/m^3 .

A ASHRAE Standard 62-2004 recomenda que se use um décimo dos valores limites do ACGIH para compostos dos quais não existem normas de conforto, isto porque, os valores limite da ACGIH se aplicam a trabalhadores da indústria que poderão estar expostos a alguns poluentes, durante 40h semanais e que normalmente são protegidos por equipamentos de protecção colectiva e individuais (APA, 2010). Ora na realidade, em espaços interiores, os ocupantes poderão estar expostos durante mais que 40h semanais e sem qualquer tipo de protecção.

Os COV's podem ser desconfortáveis em concentrações muito inferiores aos valores limites propostos pela ACGIH, segundo alguns estudos conduzidos na Europa e nos Estados Unidos. Numa gama de exposição de 0,3 a $3\text{mg}/\text{m}^3$, podem surgir odores, irritação e desconforto como resposta à presença a COVT, juntamente com factores de desconforto térmico e de stress. Para valores superiores a $3\text{mg}/\text{m}^3$, é possível esperar queixas e acima de $25\text{mg}/\text{m}^3$, foram identificados desconforto temporário e irritação respiratória, para uma mistura de COV's comuns. Uma vez que o conhecimento disponível sobre toxicologia e efeitos sensíveis dos COV's e das suas misturas é incompleto, é desejável a redução de qualquer exposição aos COV's. A Comunidade Europeia apontou como objectivo para COVT um valor de $0,3\text{mg}/\text{m}^3$, onde nenhum COV individual deve exceder os 10% da concentração de COVT (APA, 2010).

A concentração de COV's no ar interior está relacionada com o SED. Um estudo realizado por Gallego et al. (2009), numa habitação onde os ocupantes apresentavam sintomas associados ao SED, detectou a presença de etanol, 1-metoxi-3-propanol, 1-butanol e acetonitrila, responsáveis por sintomas como garganta irritada, tosse, irritação dos olhos, dores de cabeça, náuseas e perda de capacidades.

2.2.1.6. FORMALDEÍDO (HCOH)

O formaldeído (HCOH) é um gás incolor, inflamável à temperatura ambiente e com odor intenso e irritante (essencialmente quando presente em concentrações superiores a 0,2ppm).

Este poluente tem origem a partir de várias fontes, tais como, madeiras, contraplacados, colas, tintas, espumas de isolantes, tecidos e artigos de decoração, produtos de limpeza, adesivos, entre outros, materiais estes que contêm resinas de ureia-formaldeído.

Outras das fontes de formaldeído no ar interior são o fumo de tabaco e o ar exterior. No ar exterior este componente encontra-se presente devido a processos de foto-oxidação do metano e outros compostos orgânicos (de origem natural ou antropogénica – fumos de exaustão dos veículos, processo de combustão, etc.). Factores como as diversas fontes existentes nos edifícios, ventilação, temperatura interior e exterior e humidade podem variar a concentração deste poluente, bem como ao longo do dia e nas diversas estações do ano (EPA, 2009).

Segundo Wolkoff *et al.* (2010), a concentração média deste agente no interior de habitações é, geralmente, inferior a $0,05\text{mg}/\text{m}^3$, à excepção de edifícios novos ou com grandes superfícies em madeira, que podem atingir concentrações superiores a $0,1\text{mg}/\text{m}^3$. Segundo a EPA, 2009, os níveis nos espaços interiores devem ser inferiores a 0,1ppm.

De acordo com a OMS (2006), o formaldeído pode causar ardor nos olhos e garganta, náusea e dificuldade em respirar (pieira e tosse) para exposições superiores a 0,1ppm. A exposição ocupacional a altas concentrações pode provocar irritação respiratória e reacções asmáticas, podendo também agravar a asma pré-existente. As reacções de pele são também comuns, após exposição, uma vez que este produto químico é, simultaneamente, irritante e alergénico. Os efeitos irritantes associam-se a exposições na ordem dos 0,5ppm. Em 1987, a EPA classificou o formaldeído como um provável cancerígeno humano para exposições prolongadas e em concentrações elevadas. A International Agency for Research on Cancer (IARC) (2006) classificou-o como um conhecido cancerígeno humano, concluindo que existem fortes evidências de que o formaldeído causa cancro da nasofaringe, no entanto, não existem ainda provas suficientes que o tornem responsável por casos de leucemia e cancro sinonasal (Pala *et al.*, 2008).

2.2.1.7. RADÃO (Rn)

O radão é um gás de origem natural, cujos átomos se desintegram originando outros elementos também radioactivos, expondo o homem às radiações ionizantes. Incolor, inodoro e radioactivo, é continuamente produzido pelo decaimento natural do urânio presente nos solos, bem como água e ar. As regiões onde os solos ou rochas são mais ricos em urânio são as mais “fustigadas” com altas concentrações de radão (APA, 2010).

Segundo o Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN), a emissão de Rn para o ar exterior é influenciada pela permeabilidade e porosidade dos solos e rochas, assim como pela pressão atmosférica, temperatura e humidade relativa, o que faz com que a sua concentração não seja uniforme e varie ao longo das estações do ano e de região para região.

Em Portugal, em regiões nas quais os solos são ricos em urânio, os níveis de Rn podem atingir concentrações particularmente elevadas (e.g. rochas graníticas), enquanto em regiões ricas em rochas sedimentares (e.g. calcários) as concentrações são mais reduzidas. A Figura 6 mostra as zonas do país com maior e menor concentração de radão em Bequerel¹ por metro cúbico de ar (Bq/m³).

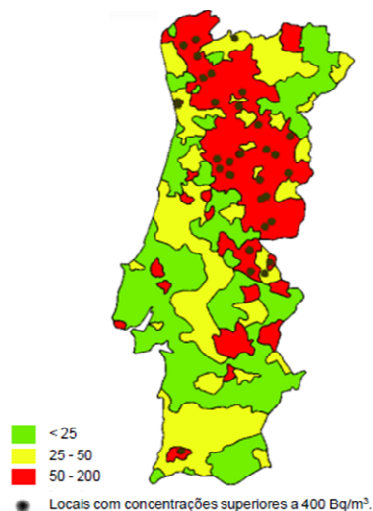


Figura 6 - Cartografia das concentrações médias de radão em Portugal Continental (ITN, 2005)

Pelo facto do radão ser um gás, este pode entrar facilmente num edifício através de fendas nas fundações, enfraquecimento das penetrações nos canos, abertura de fossas, poços ou furos, etc e acumular-se em áreas mal ventiladas. Portanto, a sua presença tem uma relação directa com condições exteriores, tais como, composição do solo, características do terreno mas também varia com factores interiores, como os materiais utilizados na construção, condições de ventilação, origem da água corrente e hábitos de vida e de trabalho (APA, 2010).

Os níveis de radão no exterior são relativamente baixos, no entanto quando o radão entra numa casa este pode subir para níveis que podem representar riscos significativos à saúde dos ocupantes. É sabido que o radão causa cancro nos humanos, sendo classificado pela Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA) como um carcinogéneo de “Grupo A” (APA, 2009). Em espaços interiores o radão tende a acumular-se, alcançando concentrações que podem ser superiores a 400 Bq/m³ ou mesmo superiores a 1000 Bq/m³. No interior de edifícios ocorrem variações sazonais da concentração de radão, mas inversas às verificadas no ar exterior, resultantes da maior ventilação efectuada nos meses de Verão e da menor ventilação durante o Inverno (ITN, 2005).

¹ 1 Bequerel corresponde a uma desintegração nuclear por segundo

Nos Estados Unidos, estudos realizados pela EPA detectaram níveis muito elevados de radão no interior de escolas. Este estudo estima que, uma em cada cinco escolas, tem pelo menos uma sala de aula com uma concentração de radão acima do nível de acção – 4 pCi/L (148 Bq/m³) – recomendado naquele país. Esta entidade classifica o radão como um carcinogéneo “grupo A”. No Canadá, os níveis de radão detectados no interior de habitações são, em média, de 28 Bq/m³. Em Portugal, durante 1989 e 1990, foi efectuado um estudo em 4200 habitações, no qual se verificaram que cerca de 60% das habitações analisadas apresentavam um valor de concentração de radão inferior a 50 Bq/m³, no entanto o valor médio registado foi de 81 Bq/m³. Os valores mais elevados foram detectados em casas localizadas em zonas graníticas e em 2,6% das habitações controladas, os níveis de radão foram superiores a 400 Bq/m³. Devido a esta questão das rochas e solos graníticos principalmente, o RSECE obriga a pesquisa de radão, nomeadamente, nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco. As autoridades de saúde europeias recomendam fortemente que se mantenham os níveis de radão interior abaixo dos limites, ou seja, para casas construídas antes de 1996, 400 Bq/m³ e para casas construídas após 1996, 200 Bq/m³ (APA, 2009). O valor da concentração máxima de referência no RSECE para este gás é de 400 Bq/m³ (ITN, 2005).

O radão é um gás quimicamente inerte. Não reage com os tecidos do corpo humano, embora algum do radão inalado se dissolva nos fluidos corporais e, a concentração resultante é tão baixa que a dose de radiação proveniente do próprio radão é negligenciável. São os produtos de decaimento do radão, que quando respirados, causam os efeitos negativos na saúde. Quanto maior a concentração de radão no ar, maior é o potencial de desenvolver cancro nos pulmões, uma vez que mais radão significa que também mais partículas-filhas serão produzidas que podem ser inaladas e retidas nos pulmões. Quando as partículas - filhas são inaladas, parte é depositada nos pulmões. No interior dos pulmões as partículas-filhas emitem partículas alfa que são absorvidas nos tecidos pulmonares próximos. A dose de radiação resultante aumenta o risco de cancro nos pulmões (APA, 2009).

De acordo com a OMS (2009), o radão é a segunda causa mais importante de cancro no pulmão em muitos países, depois do tabaco, tendo sido classificado pela IARC (1972) como cancerígeno humano. Além do cancro no pulmão, são sugeridos outros efeitos na saúde, contudo, não existem, ainda, evidências suficientes que os comprovem.

2.2.2. POLUENTES BIOLÓGICOS

A contaminação do ar interior por microrganismos, nomeadamente fungos (bolores e leveduras) e bactérias pode constituir um grave risco para a saúde.

Os ambientes interiores contêm uma complexa mistura de microrganismos, fragmentos, toxinas, alérgenos, compostos orgânicos voláteis e outros produtos químicos de origem microbiana. Os bioaerossóis são uma mistura de matéria particulada de origem microbiana, vegetal ou animal, e podem ser constituídas por bactérias patogénicas ou não patogénicas e fungos, vírus, alérgenos de alto peso molecular, endotoxinas bacterianas, micotoxinas, peptidoglicano, (1-3)- β -D-glucanos, pólen, fibras vegetais entre outros. Este termo foi definido pela ACGIH, em 1999, como partículas aéreas, grandes moléculas ou compostos voláteis que contêm seres vivos ou que foram libertados por estes (Douwes *et al.*, 2002).



Figura 7 - Microorganismos existente no ar interior (exemplos de fungos e bactérias; bactéria *Legionella pneumophilla*; vírus da gripe)

Os principais factores que favorecem a proliferação de microrganismos no ar interior são a humidade elevada, a ventilação reduzida, a disponibilidade de nutrientes, a existência de fontes de contaminação interiores (como os sistemas AVAC que utilizam a água no seu funcionamento, materiais de construção e objectos, infiltrações de água e os ocupantes do espaço) e exteriores (tomadas de ar) (Fabian *et al.*, 2005; Martínez e Callejo, 2006).

Os problemas que ocorrem com maior frequência dizem respeito a efeitos irritantes (olhos, nariz, pele), a reacções alérgicas (asma, rinite), a infecções (pneumonias, tuberculose, doença do Legionário) e a reacções tóxicas (micotoxinas). É importante ter em atenção que indivíduos que possuam o sistema imunitário fragilizado (doentes com SIDA ou sujeitos a quimioterapia) estão mais susceptíveis a contrair infecções quando expostos a microrganismos (APA, 2009).

A OMS publicou em 2009 a “WHO Guidelines for indoor air quality: dampness and mould”, tendo em conta a importância da exposição a estes agentes e os seus impactos na saúde. Neste documento são identificados riscos para a saúde associados aos contaminantes biológicos, através da definição de indicadores que garantam uma melhor QAI, tendo sido

efectuado com o principal objectivo da preservação da saúde pública e orientação das autoridades responsáveis na formulação de acções e políticas para melhoria da segurança e higiene dos edifícios.

A legislação existente no âmbito da QAI em Portugal indica a necessidade de pesquisa de parâmetros microbiológicos a serem objecto de avaliação, tais como bactérias e fungos no ar, bem como a Legionella nos sistemas de climatização, água quente, caso seja aplicável.

2.2.2.1. BACTÉRIAS

As bactérias são organismos unicelulares, procariontes que podem ser encontrados de forma isolada ou em colónias. A maioria das bactérias existentes no ar interior de edifícios são provenientes da pele e tracto respiratório humano.

A maioria das bactérias pode ser dividida em dois grandes grupos Gram-positivas e Gram-negativas. As bactérias de origem humana ou comensais são Gram (+), não apresentando, em geral, riscos para a saúde humana. As bactérias Gram(-), como são exemplo Pseudomonas spp., Enterobactereaceas e Legionella pneumophila, são raras em ambientes interiores e são, de um modo geral, patogénicas para o Homem (APA, 2009).

Estes microrganismos podem ser encontrados no interior de edifícios associados a poeiras ou em superfícies com problemas de humidade. As principais fontes de bactérias presentes no ar interior são o ar exterior (pólen, bactérias, fungos, esporos), sistemas de filtração, fontes de contaminação externas, sistemas de refrigeração (águas estagnadas dos condensados, torres de arrefecimento - legionella + aerossóis...), humidificadores (especialm.te com água recirculada), materiais porosos (atenuadores acústicos; sujidade e/ou corrosão no material das condutas), ar interior recirculado (pode converter-se em disseminador, por todo o edifício, da contaminação gerada numa dada zona) crescimento bacteriano resultante de condições ideais de humidade e temperatura (Ramos, 2011).

Segundo vários autores, a concentração total de bactérias viáveis em ambientes fechados pode variar entre 10¹ e 10³ Unidades Formadoras de Colónias por m³ (UFC/m³). Estas concentrações estão, provavelmente, relacionados com o grau de ocupação do edifício e a eficiência da sua ventilação (OMS, 2009).

Um estudo efectuado (Fang et al, 2007) em Pequim, uma das cidades mais poluídas do mundo, mostrou concentrações de bactérias cultiváveis desde 71 UFC/m³ a 22100 UFC/m³. Foram identificadas 165 espécies dos 47 géneros cultiváveis. Micrococcus foi o género dominante, seguido por Staphylococcus, Bacillus, Corynebacterium e Pseudomonas. A espécie bacteriana que apareceu com maior percentagem foi o Micrococcus luteus.

Os microorganismos que ocorrem com maior frequência no ar interior são os cocos Gram positivos (*Micrococcus*, *Kocuria*, *Staphylococcus* spp.), bacilos formadores de endosporos (*Bacillus* spp.), bactérias Gram negativas (*Pseudomonas*, *Aeromonas* spp.), fungos filamentosos (*Penicillium* spp., *Aspergillus* spp.) e leveduras (Górny *et al.*, 2002).

BACTÉRIAS mais comuns

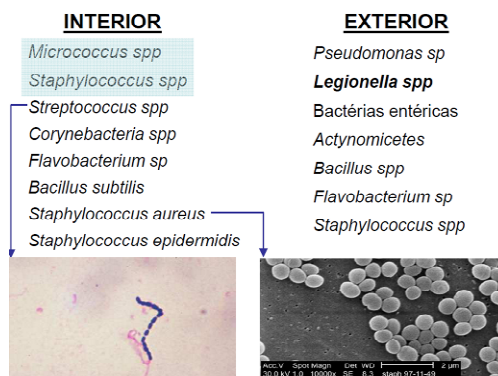


Figura 8 - Bactérias mais comuns no interior e exterior de edifícios (Ramos, 2011)

Quanto aos efeitos na saúde, estes microrganismos estão relacionados com reacções inflamatórias por inalação e doenças respiratórias de origem infecciosa. A Doença dos Legionários, provocada pela *Legionella pneumophila*, está também relacionada com problemas de QAI e pode ser fatal nos grupos mais vulneráveis da população. Este agente infeccioso pode surgir associado a sistemas de refrigeração (ar condicionado, sistemas AVAC), banheiras de hidromassagem, humidificadores entre outros (AAL *et al.*, 2004).

2.2.2.2. FUNGOS

Os fungos são organismos heterotróficos, ou seja, são organismos que necessitam de uma fonte externa de carbono para produzir o seu alimento, apresentando uma grande variedade de espécies (APA, 2009). Os fungos possuem necessidades nutricionais, tais como carboidratos, proteínas e lípidos, bem como temperaturas ideais de desenvolvimento, que variam entre 10 e 35°C. Os ambientes com água são considerados como um factor crítico para o desenvolvimento destes microrganismos (OMS, 2009).

As espécies de fungos mais comuns são a *Alternaria* e o *Cladosporium*. As espécies de fungos toxicogénicos/patogénicos mais comuns são o *Stachybotrys chartarum*, algumas espécies de *Fusarium* e de *Aspergillus*, o *Histoplasma capsulatum* e o *Cryptococcus neoformans*. Estas duas últimas espécies encontram-se relacionadas com a presença de excrementos de aves, daí a necessidade de evitar a presença de ninhos junto das tomadas de ar exterior.

O número excessivo de fungos ou a presença de espécies potencialmente patogénicas podem afectar o bem-estar e a saúde dos ocupantes dos edifícios. Os fungos podem também produzir COV's (característico cheiro a bolor) que são libertados durante um período de crescimento rápido e de elevada actividade (APA, 2009).

Os fungos provenientes do exterior são a fonte mais comum de contaminação do interior dos edifícios. Relativamente ao transporte para o interior de edifícios, estes microrganismos podem ser transportados através do vestuário, novos materiais, ventilação natural ou mecânica. No interior, os fungos causam deterioração de pinturas e papéis de parede, peles, vestuário, lã e carpetes. Os ambientes internos com problemas de humidade promovem o aparecimento de fungos que, além de representarem um risco para a saúde dos ocupantes, estão associados à degradação química e/ou biológica dos materiais que constituem as estruturas dos edifícios. A OMS (2009) considera a humidade um indicador de risco para a saúde, estando associada à poluição microbiológica em ambientes interiores (OMS, 2009).

Apesar da grande variedade de espécies de fungos identificadas no interior e exterior de edifícios, os géneros frequentemente associados a efeitos adversos na saúde são *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp. e *Strachybotrys* spp (Martínez e Callejo, 2006).

FUNGOS mais comuns

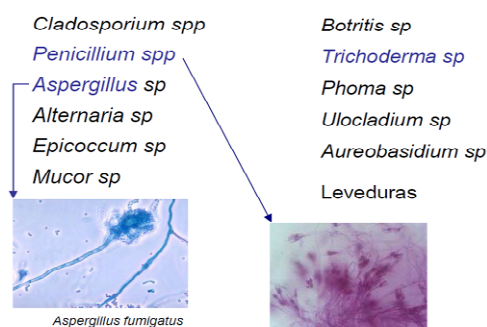


Figura 9 - Fungos mais comuns nos edifícios (Ramos, 2011)

As concentrações da mistura de fungos, em espaços interiores, que sejam inferiores a 100 UFC/m³ são consideradas insignificantes, excepto no caso dos ocupantes desse espaço serem pessoas imunodeprimidas. Durante a estação do Verão, concentrações de fungos até 500 UFC/m³ são aceitáveis caso as espécies presentes não sejam predominantemente *Cladosporium*, *Alternaria* e outros fungos comuns (Cano, 1996).

Os fungos podem causar doenças em humanos e animais através de uma variedade de mecanismos biológicos, classificados em quatro grupos: infecções, alergias ou reacções de hipersensibilidade, reacções irritantes e reacções tóxicas (Storey *et al.*, 2004).

2.2.3. POLUENTES FÍSICOS

2.2.3.1. AMBIENTE TÉRMICO

A satisfação com o ambiente térmico depende de vários factores, relacionados não só com as características fisiológicas dos indivíduos, mas também com o tipo de actividade, vestuário, temperatura do ar, humidade e velocidade do ar. A temperatura e humidade estão directamente relacionadas com as preocupações de conforto térmico subjacentes às queixas de uma pobre QAI (EPA, 2009).

De acordo com APA (2010) a temperatura, a humidade e a ventilação são, entre outros, factores que podem afectar a QAI, bem como as concentrações dos poluentes no interior de edifícios. Os sistemas de ar condicionado (AVAC) são sistemas criados com intuito de proporcionar conforto térmico (controlo de temperatura e humidade), fornecer ar exterior (limpo) aos ocupantes, remover odores e poluentes, através do uso de exaustores, ou diluindo-os em níveis aceitáveis, bem como fazer o controlo da relação da pressão entre salas, no entanto, se não forem tomadas as devidas acções de manutenção estes podem influenciar o desenvolvimento de microrganismos no ambiente interior e a dispersão dos contaminantes do ar (APA, 2010).

A uniformidade da temperatura nos espaços é um factor importante para o conforto térmico dos ocupantes. As temperaturas elevadas fazem com que o organismo não consiga dissipar o calor, levando ao aumento da temperatura corporal, aumento do batimento cardíaco, sonolência e redução do desempenho.

O aumento da humidade impede a evaporação do suor, reduzindo a resistência do organismo às altas temperaturas. A humidade relativa (HR) é o parâmetro utilizado para definir as condições de humidade de determinado ambiente interior. Valores extremos de HR provocam desconforto nos ocupantes. Por outro lado, uma HR baixa tem sido associada à irritação das mucosas e vias respiratórias superiores.

A velocidade do ar é também um factor importante para manter o conforto térmico humano e influencia a dispersão dos poluentes em espaços interiores.

2.3. CONTROLO

Uma reduzida QAI 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 na produtividade dos mesmos. O controlo da QAI no interior dos edifícios é sem dúvida, um problema de saúde pública que importa solucionar, em benefício das pessoas (RSECE, 2008).

Para minimizar, e sempre que possível eliminar os problemas associados à má qualidade do ar interior, é necessária a integração de um conjunto de acções e procedimentos que actuem sobre os factores de risco, ou seja, que permitam identificar e reduzir ou remover as fontes de degradação da qualidade do ar interior. Estas acções e procedimentos devem, sempre que possível ter um carácter preventivo. Alguns exemplos deste tipo de acções são:

- **Identificar e controlar as fontes dos poluentes (interiores e exteriores)**

Por exemplo, mudar a localização de equipamentos, substituir materiais, seleccionar produtos menos poluentes, modificar atitudes dos ocupantes, reestruturar determinados espaços (por exemplo após ter limpo e desinfectado um espaço que se encontrava contaminado por fungos, controlar a humidade deste espaço, de modo a criar condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento);

- **Eliminar, sempre que possível, as fontes de contaminação**

Por exemplo, o excesso de papel, carpetes, etc.

- **Implementar um Plano de Acção de Qualidade do Ar Interior:**

- Nomear um gestor responsável pela QAI;
- Desenvolver um perfil de QAI para o edifício;
- Realizar um diagnóstico da QAI do edifício;
- Formar/Informar os ocupantes do edifício acerca da QAI;
- Desenvolver e implementar um plano de operações e manutenção para o edifício;
- Gerir processos com fontes potenciais significativas (ex. remodelação e renovação, pintura, controlo de pragas, etc);
- Comunicar com os ocupantes acerca da actuação para manter uma boa QAI;
- Estabelecer procedimentos para resposta a queixas da QAI;

- **Controlar a exposição dos ocupantes**

Programar determinadas actividades para que sejam realizadas em períodos de ausência dos ocupantes;

- **Efectuar a manutenção dos sistemas de climatização**

As condutas devem ser limpas periodicamente. A frequência destas acções deve estar previamente definida, assim como os responsáveis pela sua realização;

- **Melhorar as condições de ventilação**

A ventilação deve ser suficiente, ou seja, deve permitir a diluição de poluentes e deve permitir isolar ou remover contaminantes (por exemplo através da instalação de um sistema de exaustão localizado junto da fonte de poluição, evitar a recirculação de ar contaminado, manter as portas fechadas nos casos em que for necessário separar determinadas zonas, etc);

- **Melhorar a filtração do ar**

Os filtros devem ser eficazes para filtrar as partículas que afectam a saúde e devem ser alvo de manutenção adequada;

- **Melhorar os procedimentos de limpeza**

Seleccionar métodos e materiais de limpeza com menores efeitos na saúde e planear estas acções;

- **Cumprir a legislação em vigor, logo na fase de projecto, nomeadamente os Decretos Lei n. 78/2006, 79/2006 e 80/2006, todos de 4 de Abril onde já são referidos os requisitos necessários para a manutenção da qualidade do ar interior.**

De todas as técnicas existentes, o controlo na fonte (origem do problema) é a opção de controlo mais directa e fiável de se resolverem problemas de QAI. O controlo na fonte, normalmente, exige procedimentos de investigação no sentido de determinar com precisão a fonte responsável pelos problemas existentes (Ramos *et al.*, 2009).

2.4. LEGISLAÇÃO

O conhecimento actual e as evidências científicas sobre os efeitos na saúde associados à contaminação do ar interior justificaram a necessidade de se criarem pressupostos legislativos a nível nacional e internacional na matéria de controlo de QAI.

Em Portugal, no âmbito da QAI surgiram diplomas que traduzem a implementação de medidas práticas em defesa da saúde pública, no que concerne à qualidade do ar em espaços interiores. A necessidade de conciliar a eficiência energética com o conforto e promoção da saúde em espaços interiores conduziu ao desenvolvimento do Sistema Nacional de Certificação Energética e QAI nos edifícios, denominado por SCE. Com o desenvolvimento desta legislação, a temática da QAI passou a estar consagrada na legislação nacional. A não existência até então, de requisitos relativos a valores mínimos de renovação de ar, o pouco controlo da conformidade do desempenho das instalações com o respectivo projecto aquando da sua recepção, e a falta de manutenção adequada das instalações durante o funcionamento, têm levado ao aparecimento de problemas de qualidade interior, alguns dos quais com impacto significativo ao nível da saúde. Até ao desenvolver desta legislação, a QAI era verificada apenas aquando a existência de queixas em edifícios ou aquando a monitorização de poluentes no âmbito da Saúde Ocupacional.

Os diplomas legais do SCE em vigor que transpõem parcialmente a Directiva n.º 2002/91/CE de Desempenho Energético dos Edifícios, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro são três que datam de 4 de Abril de 2006:

▪ **Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril**

Aprova o SCE, define o âmbito de aplicação, as entidades gestoras do sistema e respectivas normas gerais;

▪ **Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril**

Aprova o novo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). Este diploma estabelece os requisitos para a QAI e de renovação e tratamento de ar. Aplica-se a edifícios de serviços e de habitação dotados de sistemas de climatização. Define requisitos que englobam a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização, a obrigatoriedade de auditorias e inspecções periódicas e a garantia da QAI;

▪ **Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril**

Aprova o novo Regulamento Nacional de Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Estabelece os requisitos de qualidade para novos edifícios de habitação e pequenos serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível de isolamento de paredes e pavimentos, tipo de coberturas e superfícies vidradas, limitando perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos.

Na Tabela seguinte são apresentadas as concentrações máximas de referência (CMR) para os agentes químicos, biológicos e físicos do ar interior preconizadas no Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril - Anexo VII – Concentrações Máximas de Referência de poluentes no interior dos edifícios existentes), Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril (artigo 14º - Condições Interiores de Referência) e Nota Técnica NT-SCE-02 - Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE.

Tabela 7 - Concentrações máximas de referência (MR) de poluentes no interior dos edifícios

Tipo	Parâmetro	Concentração máxima de referência	
		mg/m ³	ppm
Químicos	Partículas suspensas no ar (PM10)	0,15	-
	Dióxido de Carbono (CO ₂)	1800	984
	Monóxido de Carbono (CO)	12,5	10,7
	Ozono (O ₃)	0,2	0,10
	Formaldeído (HCHO)	0,1	0,08
	Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVtotais)	0,6	0,26 (isobutileno) 0,16 (tolueno)
	Radão *	400 Bq/ m ³	
Microbiológicos	Bactérias	500 UFC/ m ³	
	Fungos	500 UFC/ m ³	
	Legionella	100 UFC/L água	
Físicos	Humidade Relativa do Ar (HR)	50%	
	Temperatura do Ar (ta)	20° C - Verão 25° C - Inverno	

Nota: * No caso do gás radão, embora o RSECE apenas obrigue a pesquisa em zonas graníticas, nomeadamente nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco, a respectiva concentração máxima de referência aplica-se a edifícios em qualquer outra zona do país onde o radão seja analisado.

A 20 de Agosto de 2010, foi publicado o Decreto-Lei nº 118/2013 que transpõe a Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Este diploma legal aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços. Entra em vigor a 1 de Dezembro de 2013 e visa revogar os três documentos existentes ao nível da SCE (os três diplomas legais descritos anteriormente).

No que respeita à qualidade do ar interior, este diploma legal, para além de manter os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e dos limiares de protecção para as concentrações de poluentes, passa a privilegiar a ventilação natural em detrimento dos equipamentos de ventilação mecânica, numa ótica de otimização de recursos, de eficiência energética e de redução de custos. Outra das alterações consiste em eliminar as auditorias de qualidade do ar interior, mantendo porém a necessidade de se proceder ao controlo das fontes de poluição e à adopção de medidas preventivas, tanto ao nível da concepção dos edifícios, como do seu funcionamento, dando cumprimento aos requisitos legais para a redução de possíveis riscos para a saúde pública.

3. A QUALIDADE DO AR INTERIOR EM EDIFÍCIOS ESCOLARES

O desenvolvimento tecnológico e o aumento do padrão de vida da sociedade promoveram o progresso na concepção dos edifícios para habitação, trabalho e outros, uma vez que é neles que as pessoas passam a maior parte do seu dia. Passou a ser considerado um conjunto de exigências funcionais que permitiram o aumento do conforto dos ocupantes.

Actualmente, um aluno passa cerca de 37% do seu dia no interior de um edifício escolar e, muitas vezes, sujeito a um ar interior composto por um conjunto diversificado de poluentes, que poderão comprometer a sua saúde a curto e a longo prazo. Os alunos mais jovens são mais susceptíveis à poluição do ar porque o seu organismo ainda não se encontra totalmente desenvolvido (Parreiral, 2011).

Uma ventilação insuficiente nas escolas tem sido associada a problemas respiratórios e a doenças infecciosas com prejuízo para os resultados da aprendizagem. Uma má ventilação também está associada a níveis mais elevados de poluentes químicos e problemas com humidade, sendo este um problema comum nas escolas (WHO, 2011).

Estudos realizados em vários países apontaram a existência de inúmeras lacunas no ambiente interior das escolas. Um direito que assiste a todos os alunos, professores e funcionários de uma escola é a existência de um ambiente interior saudável. O investimento na qualidade dos edifícios escolares será extremamente proveitoso a longo prazo devido à melhoria dos resultados de aprendizagem e a uma redução nas despesas dos cuidados de saúde (Alfano et al., 2010).

Proporcionar um ambiente saudável e confortável pode ser considerado um investimento nos alunos e professores. A incapacidade de responder de forma rápida e eficaz à má qualidade do ar interior nas escolas pode conduzir a que, a curto e longo prazo, se verifiquem graves consequências.

3.1. PROBLEMÁTICA DA QAI EM EDIFÍCIOS ESCOLARES

As crianças e jovens são indivíduos particularmente sensíveis à poluição do ar interior e permanecem grande parte do seu tempo no interior de edifícios, nomeadamente, em jardins-de-infância e escolas. Num estudo realizado pela OMS em 2009, esta entidade aponta algumas razões pelas quais a poluição do ar é mais perigosa para as crianças do que para os adultos, sendo elas, pelo facto que as crianças respiram maior volume de ar por unidade de peso corporal, estas têm comportamentos que as colocam em risco de maior contacto com os poluentes ambientais, passam mais tempo no interior dos edifícios, os seus pulmões são considerados imaturos e os tecidos não se encontram totalmente desenvolvidos, bem como não conseguem controlar os ambientes que ocupam.

Têm sido realizados alguns estudos, e estes sugerem que os edifícios escolares apresentam uma pobre QAI, devido essencialmente:

- Ao funcionamento e manutenção inadequado das instalações, devido à falta de financiamento (Mendell et al., 2005; EPA, 2009);
- À ventilação inadequada na maioria das salas de aula, (elevados níveis de CO₂), devido à necessidade de poupança de energia (Mendell et al., 2005; Madureira, 2005; Clements-Croome et al., 2008);
- À taxa de ocupação elevadas (1,8-2,2 m²/pessoa) (Clements-Croome et al., 2008; Dias, 2012).

Além dos factores referidos, acrescentam-se a má qualidade das construções, os inadequados processos de limpeza e a existência de humidades, bem como as actividades escolares que, ao nível do ensino pré-escolar, implicam a existência de uma série de mobiliário, material didáctico e utilização de produtos para o desenvolvimento de trabalhos manuais (ex. tintas e colas), que podem representar potenciais fontes de poluentes do ar interior.

Tendo em consideração que a QAI é um problema de saúde pública e que as crianças representam um grupo de risco, alguns países desenvolveram ferramentas que visam melhorar a QAI dos edifícios escolares. Assim, em 2006, o Ministério da Saúde português aprovou o “Programa Nacional de Saúde Escolar” que tem como um dos principais objectivos promover um ambiente escolar seguro e saudável. Deste modo, a escola deverá assegurar um ar interior livre de poluição, reduzindo a exposição das crianças aos riscos físicos, químicos e biológicos.

A EPA (2009) criou um programa – “Indoor Air Quality Tools for Schools” (2009) – e garante que se as escolas não responderem prontamente aos problemas relacionados com a QAI podem:

- Aumentar a curto ou a longo prazo os problemas de saúde dos ocupantes de edifícios escolares (tais como tosse, irritação nos olhos, dor de cabeça, reacções alérgicas e, em casos mais raros, doença dos Legionários ou envenenamento por monóxido de carbono);
- Agravar a asma e outras doenças respiratórias. Quase uma em cada treze crianças em idade escolar tem asma, a principal causa de absentismo escolar. Há evidências substanciais que a exposição a alérgenos do ambiente interior, como ácaros e fungos, desempenham um papel importante no desenvolvimento de sintomas de asma. Estes alérgenos são muito comuns nas escolas. Além disso, há também evidências que queima de combustíveis (autocarros escolares e outros veículos) agrava a asma e alergias. Estes problemas podem por sua vez:
 - Ter impacto na frequência, conforto e desempenho dos alunos;
 - Reduzir o desempenho pessoal do professor;
 - Acelerar a deterioração dos equipamentos e ter impacto na própria organização dos espaços;
 - Aumentar o encerramento de escolas ou a deslocação dos ocupantes;
 - Aumentar a tensão entre a administração das escolas, pais e funcionários;
 - Levar ao desenvolvimento de uma publicidade negativa;
 - Ter impacto na confiança da comunidade;
 - Criar problemas de responsabilidade.

3.2. PREVENÇÃO E CONTROLO DA QAI EM EDIFÍCIOS ESCOLARES

De acordo com a EPA (2009) existem seis métodos básicos de controlo da concentração de poluentes no ar interior em escolas, sendo eles:

- Controlo da fonte emissora – que pode envolver a eliminação, redução, substituição ou encapsulamento da fonte emissora do poluente.
- Exaustão localizada - pode remover fontes de poluentes pontuais (como por exemplo, aplicação em cozinhas).
- Ventilação – objectiva “diluir” a concentração de poluentes “indoor”.

- Controlo da exposição – ajustar os períodos e locais de utilização de fontes de poluentes (ex: evitar o uso de produtos de limpeza durante a ocupação dos espaços).
- Purificação do ar – implica a passagem do ar por filtros colocados nos sistemas de ventilação. A filtração é importante na remoção de partículas, incluindo agentes microbianos, que podem causar problemas de saúde nos ocupantes dos edifícios escolares.
- Educação – os ocupantes dos edifícios escolares podem reduzir a sua exposição, se compreenderem a necessidade de manter um ambiente interior saudável e as formas de prevenir, eliminar ou controlar os poluentes.

O controlo da fonte emissora é o método mais eficaz para evitar a contaminação do ar interior (OEHS, 2003; EPA, 2009). Como exemplo deste tipo de acção, temos a substituição das fontes emissoras, que pode estar relacionada com a substituição de materiais, mobiliário ou produtos utilizados nos espaços e que representam potenciais fontes de poluentes, como COVs e formaldeído.

3.3. PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO DE QAI EM EDIFÍCIOS ESCOLARES

A nível internacional, existem projectos de investigação no domínio da QAI em edifícios escolares, entre os quais:

- HITEA School (Health Effects of Indoor Pollutants: Integrating microbial, toxicological and epidemiological approaches);
- AIRMEX project (European Indoor Air Monitoring and Exposure Assessment Study);
- SEARCH project (School Environment and Respiratory Health Children);

Em Portugal, foi desenvolvido um estudo de QAI, entre 2004-2006, - “Saúde Ambiental em Ambiente Escolar” - em escolas da cidade do Porto com apoio pela Fundação Calouste Gulbenkian – Programa Gulbenkian Ambiente.

Desde 2008, tem sido desenvolvido o projecto “Ambiente e saúde em creches e infantários (ENVIRH - ENVIRONMENT and Health in children day care centres), co-financiado pela Fundação para Ciência e Tecnologia. Tem como objectivo principal estabelecer associações entre as condições de ventilação desses locais, a QAI e a prevalência de doenças do foro respiratório. O projecto é constituído por creches e infantários (IPSS – Instituições Privadas de Solidariedade Social) dos Concelhos de Lisboa e do Porto e abrange 9657 crianças. Neste momento encontra-se já na fase final, na qual têm sido demonstrados resultados importantes e significativos.

4. CASO DE ESTUDO

No presente capítulo procede-se à caracterização do edifício que serviu de caso de estudo da presente dissertação, sendo que o tipo de actividade desenvolvida é creche e jardim-de-infância.

É descrita posteriormente a metodologia adoptada para a realização da caracterização da QAI, mencionando a forma como as medições foram efectuadas (amostragem), em que locais foram efectuadas, o tipo de poluentes medidos, equipamentos utilizados e tipo de cálculos realizados.

4.1. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO

O presente estudo foi realizado numa instituição particular de solidariedade social na cidade de Leiria, com cerca de 30 anos, que apresenta várias salas com actividades de berçário, creche e jardim-de-infância.

O Centro Social Paroquial dos Pousos é uma Instituição Particular de Solidariedade Social que iniciou a sua actividade a 7 de Novembro de 1983 com as valências de creche e jardim-de-infância. Em 1996 surgiu o ATL e em 1 de Outubro de 1999 iniciou o Serviço de Apoio Domiciliário. Em 2007 iniciou o centro de convívio para idosos e actualmente encontra-se em fase de abertura de um lar de idosos. Actualmente dispõe de uma capacidade para cerca 140 crianças.

Na figura seguinte é apresentada uma foto da fachada frontal do edifício.



Figura 10 - Foto da fachada frontal do edifício

O edifício confina a sul e norte com uma rua que apresenta tráfego automóvel ligeiro e edifícios de habitação, a este e a oeste com edifícios de habitação dotados de zonas ajardinadas e florestais.

Constituído por dois pisos (rés do chão e 1º andar), o edifício apresenta uma área útil de pavimento aproximada de 1242 m², sendo um edifício no qual a ventilação é exclusivamente natural (sem sistemas activos de climatização).

Os espaços interiores do edifício, os quais estão representados na figura seguinte, encontram-se distribuídos da seguinte forma:

- Rés do Chão: Berçário, Creche II e III, Jardim I, II e III, cozinha, refeitório, economato, sala polivalente, lavandaria e engomadoria, balneários e instalações sanitárias;
- 1º Piso: Creche I, secretaria, gabinetes Directora Técnica, Sala Formação/Sala Departamento Qualidade, Sala de professores, arquivo.

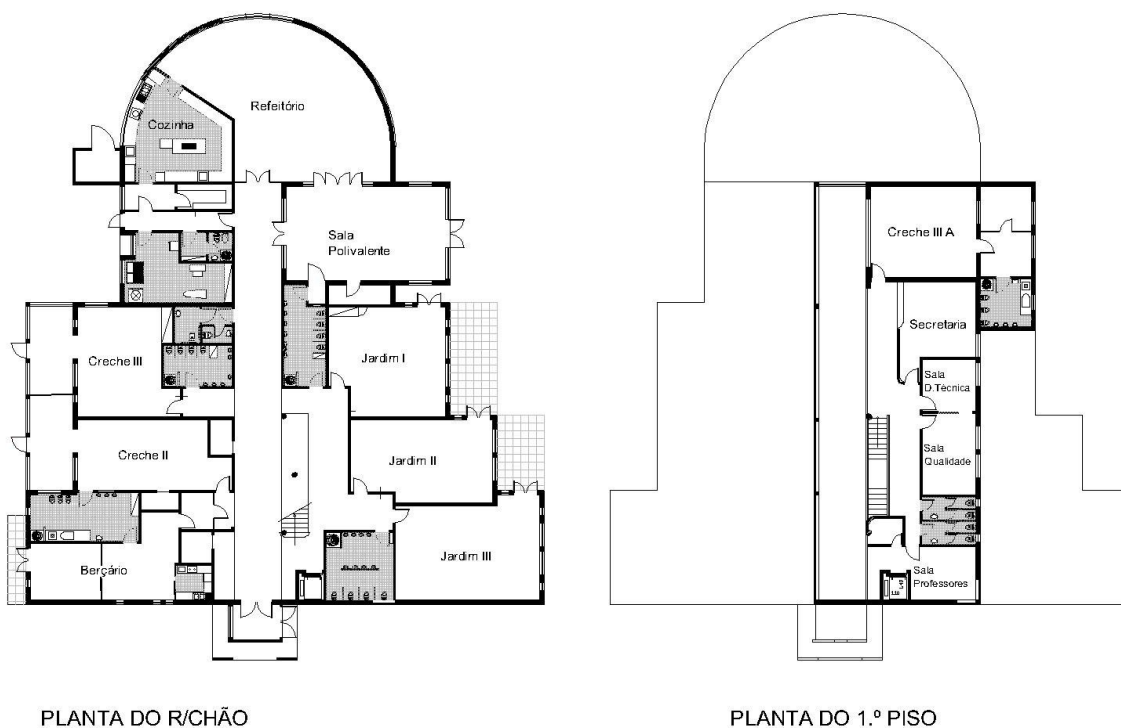


Figura 11 - Planta do R/Chão e 1ºPiso do edifício

Todos os espaços são utilizados por crianças, desde idades dos 0 meses até aos 6 anos e por uma pequena parte de pessoas adultas, desde administrativas até educadoras e auxiliares. Em termos de ocupação, o Rés do chão é o piso que apresenta maior densidade ocupacional, pois é onde se situam a maior parte das salas das crianças e serviços, tais como cozinha e lavandaria. Na altura das medições (as quais foram realizadas apenas no Rés do chão) encontravam-se cerca de 110 crianças e 16 adultos.

O pavimento das salas (desde berçário, creches e jardins) é composto por linóleo, à excepção da cozinha, lavandaria e instalações sanitárias, o qual é composto por mosaico. No berçário, creches e jardins existem também carpetes, bem como tapetes interactivos que lhes permite desenvolver e estimular a coordenação e experimentação motora. Ao nível de paredes é constituída por tinta lavável, bem como nos tectos.

O mobiliário presente no edifício é composto por estantes, armários e secretárias, na sua maioria em madeira. Na zona de economato e lavandaria as estantes são metálicas e na cozinha todo o equipamento é em inox, conforme exemplificado na figura seguinte.



Figura 12 - Tipo de pavimento, mobiliário, caixilharia e sombreamento existente no edifício em estudo

A caixilharia dos vãos envidraçados é em alumínio, sendo os vidros do tipo duplo. O sombreamento dos mesmos é realizado através de estores interiores, conforme se pode visualizar na imagem acima (1º lado esquerdo).

O edifício em questão apresenta boas condições ao nível de construção, sendo apenas visível alguns sinais de humidade na zona da cozinha.

4.2. MONITORIZAÇÃO DE POLUENTES

Com o objectivo de efectuar a caracterização da QAI do edifício foi realizada uma campanha de monitorização, que ocorreu entre os dias 19 de Março de 2012 e 16 de Maio de 2012. Efectuaram-se medições no interior dos edifícios, e durante uma das campanhas foi efectuada a medição de temperatura e humidade no exterior do edifício. Durante a monitorização foram analisados, diversos parâmetros em dias diferentes, tais como:

- Físicos: Temperatura e Humidade Relativa;
- Químicos: Formaldeído, Partículas Suspensas no Ar e Dióxido de Carbono;
- Biológicos: Bactérias e Fungos.

4.3. LOCAIS DE RECOLHA E OCUPAÇÃO DO EDIFÍCIO

Por forma a obter uma caracterização representativa do edifício em estudo, foram escolhidas zonas de medição (locais de recolha) para que pudessem ser consideradas a análise de diferentes situações no dia-a-dia e, por forma a abranger cada uma das tipologias de actividade (berçário, creche e jardim de infância), de forma a perceber a diferença de comportamento dos poluentes nas diversas salas de acordo com diferença de idades das crianças.

Apresenta-se na Figura seguinte, a planta com os locais no edifício, onde foram realizadas as medições de cada um dos parâmetros, os quais posteriormente foram utilizados na caracterização da QAI do edifício.



Figura 13 - Locais de recolha de amostragens no edifício em estudo

O edifício apresenta uma ocupação permanente, constituída por colaboradores e crianças da instituição. Pontualmente em diversas alturas do dia apresentam uma ocupação maior, que coincide com a entrega e recolha das crianças pelos pais ou encarregados de educação. Aquando da campanha de monitorização a ocupação permanente do edifício era composta por 80 utilizadores, sendo a distribuição por salas monitorizadas a demonstrada no Quadro seguinte, bem como a área e volume das mesmas.

Quadro 2 - Ocupação e Dimensão por zona do edifício em estudo

Tipo de espaço	Número de ocupantes	Área (m ²)	Volume (m ³)
Berçário	10	43,4	117,2
Creche II	14	40,6	109,6
Jardim II	25	46,2	124,7
Jardim III	25	57,1	154,2
Cozinha	5	38,4	103,7

A selecção dos pontos de amostragem teve em consideração o lay-out das salas, localização de portas e janelas e existência de fontes de contaminação interior, como é o caso de presença de humidade. Além disso, procurou-se não interferir com as actividades dos ocupantes, de modo a que os resultados da monitorização fornecessem uma imagem representativa das condições habituais de utilização dos espaços.

4.4. POLUENTES MEDIDOS

Após a caracterização dos locais a avaliar, há que proceder à monitorização dos parâmetros ambientais que caracterizam a QAI de cada sala de actividade. No Quadro seguinte são demonstrados quais os poluentes que foram medidos e quais os que devem ser objecto de medição, de acordo com SCE.

Quadro 3 - Tipo de poluentes medidos e poluentes a medir em virtude do SCE

Parâmetros		Analisados	
		SCE	Edifício em estudo
Físico-Químicos	Partículas suspensas no Ar (PM ₁₀)		
	Dióxido de carbono (CO ₂)		
	Monóxido de Carbono (CO)		
	Ozono (O ₃)		
	Formaldeído (HCHO)		
	Compostos Orgânicos Voláteis (COV)		
Biológicos	Bactérias		
	Fungos		
	Legionella	 *	

Nem todos os poluentes que devem ser monitorizados no âmbito do SCE, na vertente RSECE – QAI, foram tidos em conta no estudo. O monóxido de carbono não foi medido, pois o edifício em análise situa-se numa zona com condições ambientais exteriores sujeitas a pouca poluição atmosférica. Pelo facto de o edifício se localizar na zona de Leiria, não foi monitorizado o Radão, e a inexistência de depósitos com água permitiu que o parâmetro Legionella não fosse monitorizado. Quanto à determinação da presença de Compostos Orgânicos Voláteis (COV), este parâmetro não foi monitorizado no edifício devido ao facto de, na altura em que a campanha de monitorização ocorreu, o equipamento não se encontrava disponível e o tempo facultado pela Instituição também não foi o mais favorável.

4.5. MEDIÇÕES E EQUIPAMENTOS

Na campanha de monitorização dos parâmetros físicos, químicos e biológicos foram utilizados diferentes tipos de equipamentos portáteis, a seguir descritos:

- **PARÂMETROS FÍSICOS**

A determinação dos parâmetros físicos foi realizada através de medições em contínuo, a partir das quais foram obtidos valores de temperatura e de humidade relativa ao longo do período em que decorreu a campanha de monitorização. A recolha desses dados foi realizada através da utilização de placas de registo LogTag, as quais foram distribuídas pelos espaços interiores onde decorreram as medições e no exterior do edifício em estudo.



Figura 14 - Placa de registo LogTag

As placas de registo LogTag são dispositivos de pequena dimensão (com 5,5 cm de largura, 8,6 cm de comprimento e 0,9 cm de espessura) que permitem registar gamas de valores de temperatura (através de um sensor tipo termopar) entre os -40°C e os 85°C e de humidade relativa (através de um sensor tipo capacitivo) entre os 0 e os 100% com uma resolução de 0,1°C/%.

A capacidade de armazenamento de dados neste tipo de equipamentos difere consoante o intervalo de recolha que é pré-estabelecido (desde os 30 segundos até várias horas). No caso de estudo foi estabelecido um intervalo de recolha de 5 minutos.

▪ **PARÂMETROS QUÍMICOS**

Na determinação dos parâmetros químicos como: Formaldeído, Partículas e Dióxido de Carbono, utilizaram-se três equipamentos diferentes. A seguir são descritos cada um dos equipamentos que foram utilizados na determinação da presença do tipo de parâmetros químicos analisados.

FORMALDEMETER HTV-M

O medidor de Formaldemeter htV-M é um equipamento portátil com sensor electroquímico (célula electroquímica), permitindo medir com exactidão concentrações de formaldeído em ppm e mg/m³ numa vasta gama de temperaturas e humidades.



Figura 15 - Medidor Portátil Formaldemeter htV-M e calibrador

O medidor utilizado é válido para uma gama de valores entre os 0 - 10 ppm, com uma resolução de 0,01, permitindo ainda a realização da medição de valores de temperatura (entre -40 a 128°C) e humidade relativa (entre 0 a 100%). Antes da utilização do equipamento, este deve ser calibrado, sendo utilizado para esse efeito um tubo com formaldeído, tendo em conta as condições de temperatura e de humidade relativa do espaço em que a mesma se realiza.

DUSTTRAK II

A medição da quantidade de partículas suspensas no ar no edifício foi realizada com o recurso ao medidor portátil de Aerossóis DustTrak II.



Figura 16 - Medidor Portátil de Aerossóis DustTrak II

O medidor DustTrak II mede, através de fotometria laser em tempo real, e regista concentrações de contaminantes aerossóis (e.g. poeiras, fumos) correspondentes a PM₁, PM_{2,5}, PM₄ e PM₁₀, com gama de medida entre 0,001-400 mg/m³.

As medições realizam-se através da recolha de amostras de ar durante um período de cinco minutos, obtendo-se a partir dessa amostragem valores mínimos, máximos e médios para cada um dos períodos em análise. Antes do início de cada grupo de medições, realizadas durante a

monitorização, procedeu-se à calibração do zero do equipamento. Após a calibração do zero do equipamento, foi colocado um filtro de PM10.

TESTO 435

O equipamento Testo 435 é um instrumento multi-funções com medição integrada da pressão diferencial para climatização, ventilação e qualidade do ar em ambientes interiores.



Figura 17 - Medidor Portátil Testo 435

Acoplado a este instrumento, dependendo do tipo de medições que se encontram a decorrer, podem estar diferentes tipos de sondas. No caso do edifício em análise utilizou-se uma sonda QAI, a qual mede valores de dióxido de carbono, temperatura, humidade relativa e pressão absoluta. Como método analítico, para as medições dos parâmetros realizados com o mesmo, são utilizados diferentes tipos de sensores, nomeadamente: sensor tipo termistor (temperatura), sensor tipo capacitivo (humidade relativa), sensor infra vermelho não dispersivo – NDIR (dióxido de carbono).

Foram realizadas duas campanhas de monitorização para este poluente. Nos dias 19 e 20 de Abril de 2012 foram realizadas medições em contínuo, e no dia 16 de Maio de 2012 foram realizadas medições com períodos de cinco minutos, em diversos locais e em diversas alturas do dia.

▪ **PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS**

Na determinação dos parâmetros microbiológicos - bactérias e fungos - utilizou-se um amostrador microbiológico de ar ambiente da marca SAS Air Sampler, instrumento ideal para o controlo microbiológico do ar, avaliação de bactérias e fungos no ar ambiente.



Figura 18 - Equipamento SAS Air Sampler

O princípio de funcionamento deste equipamento encontra-se de acordo com o método de impacto sobre Agar ou método tipo Anderson, permitindo a utilização de placas de contacto e placas de Petri.

A quantificação de bactérias e fungos no ar ambiente realizou-se em cinco locais do edifício, com a recolha de amostras em duplicado e algumas em triplicado. As amostras de ar recolhidas, com recurso à utilização do SAS Air Sampler, tiveram impacto em placas de Petri que continham dois meios de cultura diferentes, para as bactérias o meio Nutrient Agar e para os fungos o meio Malt Extract Agar.



Figura 19 - Exemplos dos locais de recolha de amostras de Ar com o equipamento descrito

Após a recolha as placas de Petri, contendo os meios de cultura, foram colocadas em estufas a diferentes temperaturas, a 37°C durante 3 dias no caso das bactérias e a 26°C durante 7 dias no caso dos fungos. Após período de incubação foi possível realizar a contagem de unidades formadoras de colónias (UFC) por cada um dos espaços em que teve lugar este tipo de monitorização.

4.6. AMOSTRAGEM

A amostragem dos poluentes que foram objecto de monitorização no edifício foi realizada com base nas indicações presentes na Nota Técnica NT-SCE-02 (metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviço existentes no âmbito do RSECE).

O número mínimo de pontos de amostragem/medição a considerar em cada zona do edifício no âmbito das auditorias à QAI, de acordo com o estabelecido na Nota Técnica NT-SCE-02, é calculado pela seguinte expressão, arredondado para a unidade:

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{A_i}$$

Em que:

- N_i – Número de pontos de medida na zona i (com $N_i \geq 1$);
- A_i – Área da zona i , em m^2 .

A aplicação da equação anterior aos valores de área das zonas já apresentadas no Quadro 2 indicou que, por cada uma das zonas, se deveria realizar um ponto de amostragem/medição.

As amostragens foram efectuadas nas zonas ocupadas do espaço, mais ou menos à altura dos planos de actividade das crianças, por forma a estar ao nível das vias respiratórias, durante o período mínimo de cinco minutos ou em contínuo, tal como recomendado na Nota Técnica. As medições foram efectuadas na presença de todos os ocupantes e em diversos períodos do dia (manhã, tarde – após a sesta e ao final do dia), por forma a perceber a “actividade” dos poluentes durante um dia de actividade neste tipo de estabelecimento.

Nas amostragens microbiológicas, e tal como descrito acima na descrição do equipamento, foram efectuadas colheitas em duplicado e, por vezes em triplicado. Antes das colheitas os amostradores foram limpos com gaze esterilizada embebida em álcool etílico a 70% e foram sempre manuseados asépticamente por forma a prevenir contaminações.

Na Tabela seguinte é feita uma breve descrição dos procedimentos adoptados para a caracterização da QAI nos edifícios analisados.

Tabela 8 - Amostragem dos parâmetros medidos

Parâmetros	Descrição do procedimento da amostragem	Duração
Temperatura e Humidade Relativa do Ar	Utilização de placas de registo LogTag que foram distribuídas pelo interior e exterior do edifício, de forma a tornar possível verificar a evolução destes parâmetros físicos no edifício e a sua contribuição para as questões de conforto térmico e QAI	Registo de valores em contínuo
Partículas Suspensas no Ar (PM10)	Utilização do monitor portátil DustTrak II, com a realização da calibração inicial do zero antes de cada período de medições, com um filtro PM10.	Registo dos valores ocorridos durante um período de cinco minutos, três vezes, ou mais, ao dia, em dias úteis.
Dióxido de Carbono (CO2)	Utilização do instrumento Testo 435, com uma sonda de QAI acoplada, em espaços com diferente registo de ocupação. Registo, ao longo do período em causa.	Registo de valores de CO2, temperatura, humidade e pressão absoluta em contínuo e por períodos de cinco minutos, em diversos locais.
Formaldeído (HCHO)	Utilização do monitor portátil Formaldmeter htV-M, no qual se procedeu a calibração do instrumento atendendo aos valores de temperatura e de humidade do espaço em que a mesma teve lugar.	Períodos de cinco minutos, repetindo-se três vezes por cada dia útil.
Bactérias	Recolha de amostras de ar com um amostrador SAS Air Sampler. Utilização para esse efeito de caixas de Petri contendo dois meios de cultura (Fungos – meio Malt Extract Agar, Bactérias – meio Nutrient Agar).	Colheitas realizadas em dois dias em diferentes zonas dos edifícios.
Fungos	Cada uma das recolhas foi realizada em duplicado, tendo as caixas de Petri sido, posteriormente, colocadas em incubadoras a diferentes temperaturas (37°C para as Bactérias e 26°C para os Fungos).	

4.7. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Os valores obtidos na avaliação dos parâmetros químicos, físicos e biológicos foram comparados com o Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril (Anexo VII – Concentrações Máximas de Referência de poluentes no interior dos edifícios existentes), Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril (artigo 14º - Condições Interiores de Referência), Nota Técnica NT-SCE-02 - Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE e recomendações internacionais, apresentadas na Tabela seguinte.

Tabela 9 - Valores de referência nacionais e internacionais para parâmetros QAI

Parâmetro	Concentração máxima de referência	
	mg/m ³	ppm
Partículas suspensas no ar (PM10)	0,15	-
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1800	984
Formaldeído (HCHO)	0,1	0,08
Bactérias	500 UFC/ m ³	
Fungos	500 UFC/ m ³	
Humidade Relativa do Ar (HR)	50%	
Temperatura do Ar (ta)	20° C - Verão 25° C - Inverno	
Densidade de ocupação (valor padrão)	Estabelecimentos de ensino: - Até aos 4 anos: 25 pessoas/100m ² - Entre os 5-8 anos: 25 pessoas/100m ²	

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo pretende-se apresentar e analisar os resultados obtidos no âmbito da campanha de monitorização efectuada no edifício em estudo, em diversos dias de estudo, para diversos tipos de poluentes.

5.1. PARÂMETROS FÍSICOS

Os dados que se apresentam de seguida referem-se aos dados de temperatura e humidade relativa recolhidos durante os diferentes dias de medição para diferentes tipos de poluentes.

No Gráfico 1 representam-se as temperaturas médias do ar aquando a amostragem de Bactérias, Fungos e Formaldeído, no dia 19 de Março de 2012.

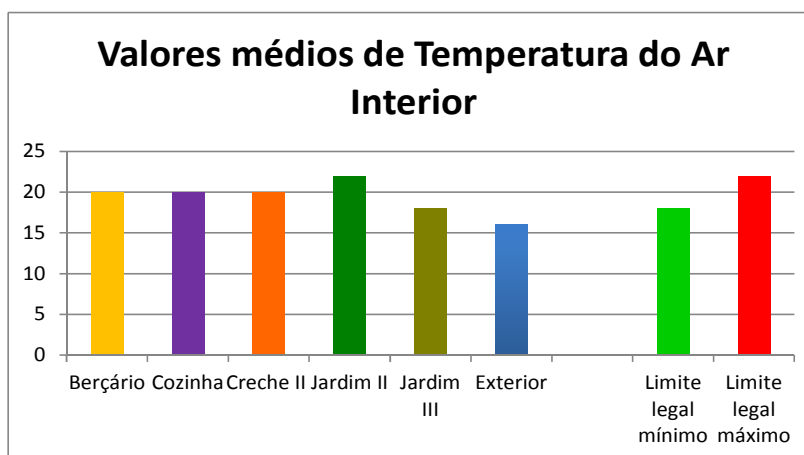


Gráfico 1 - Valores médios de temperatura do ar interior nos pontos de amostragem, bem como limites mínimos e máximos legais

Como se pode verificar através do Gráfico 1, existe uma homogeneidade entre as temperaturas médias do ar interior em todas as salas da instituição (variam entre 17,9°C e 22,3°C).

Como o estudo foi realizado na Primavera, não se considerou correcto seguir os critérios de conforto Verão/Inverno, propostos no Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, bem como em Normas Internacionais, mas sim seguir os critérios da legislação nacional, o Decreto-lei n.º 243/86 de 20 de Agosto (Regulamento Geral de Higiene e Segurança do Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais, de Escritório e Serviços). Este regulamento define como

temperatura ideal, a temperatura que deve oscilar entre 18°C e 22°C, salvo em determinadas condições climatéricas, em que poderá atingir os 25°C.

Comparando os resultados, constatou-se que os valores obtidos se enquadram na gama proposta por este diploma. Estes resultados são extremamente importantes para a saúde das crianças e dos trabalhadores, na medida em que temperaturas mais elevadas poderiam levar ao aumento da temperatura corporal, à sonolência e à redução do desempenho, influenciando a capacidade cognitiva das crianças, bem como o rendimento das funcionárias.

No Gráfico 2 representam-se as humidades médias relativas do ar, aquando a amostragem de Bactérias, Fungos e Formaldeído, no dia 19 de Março de 2012.

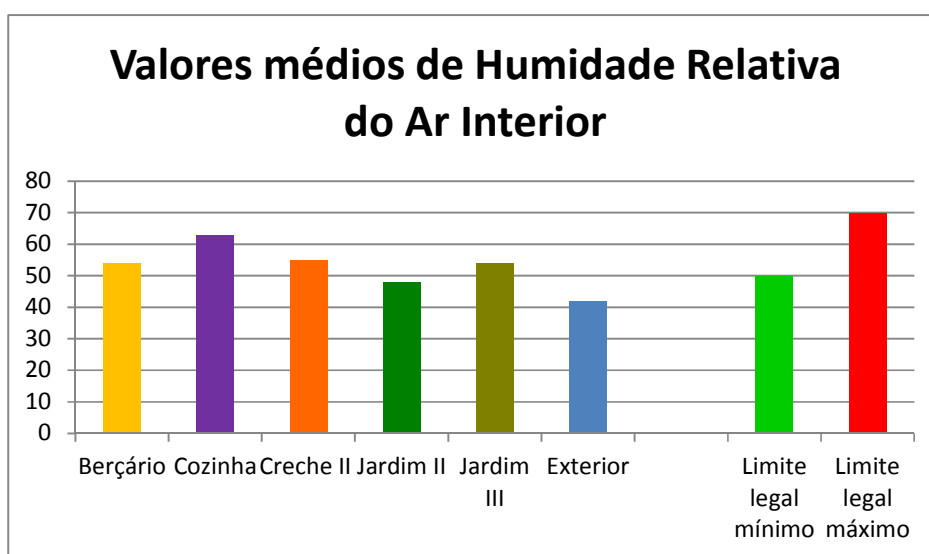


Gráfico 2 - Valores médios de humidade relativa do ar interior nos pontos de amostragem, bem como limites mínimos e máximos legais

Como se pode verificar através do Gráfico 2, existem diferenças significativas na humidade relativa do ar interior das salas da instituição, sendo que os valores médios oscilam entre os 48,2% (Jardim II) e os 63,2% (cozinha).

Para a verificação dos resultados da humidade relativa foi utilizado o mesmo método que na verificação das temperaturas médias do ar, ou seja, foram seguidos os critérios da legislação nacional, o Decreto-lei n.º 243/86 de 20 de Agosto. Este regulamento define como humidade relativa ideal, a humidade relativa que deve oscilar entre 50% e 70%.

Comparando os resultados, constatou-se que quase todos os valores obtidos se enquadram na gama proposta por este diploma, salvo o Jardim II, que apresentou uma humidade relativa de 48,2%. A monitorização da humidade é importante uma vez que uma percentagem elevada de humidade impede a evaporação do suor, reduzindo a resistência do organismo às altas temperaturas.

5.2. PARÂMETROS QUÍMICOS

5.2.1. PARTÍCULAS SUSPENSAS (PM10)

No Gráfico seguinte é possível observar os valores de concentração médios de PM₁₀ registados em cada uma das medições realizadas no dia 16 de Maio de 2012, em diversos períodos do dia (início da manhã, meio da manhã, início da tarde – depois do período de almoço e ao fim da tarde) na instituição.

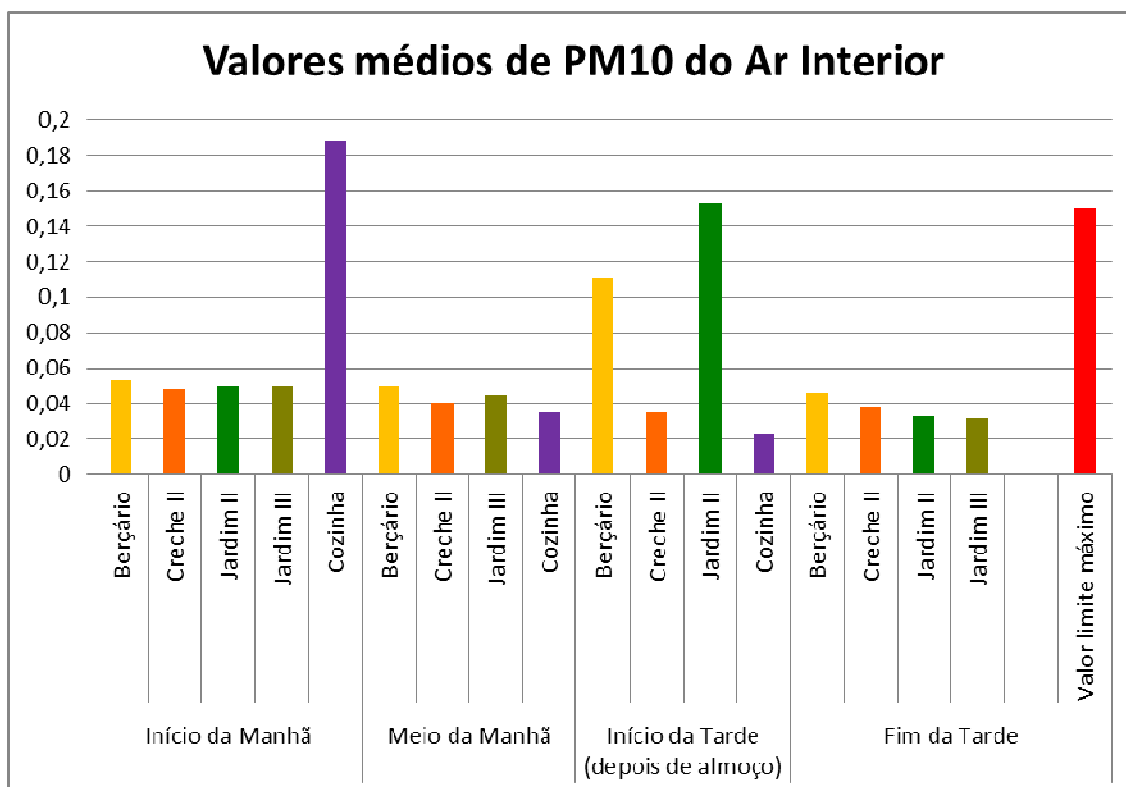


Gráfico 3 - Valores médios de PM10 nos pontos de amostragem, bem como limite máximo legal

Conforme se pode observar pelo Gráfico 3, os valores médios de PM10 são aproximadamente constantes ao longo do dia, no entanto existem algumas situações de pico (berçário no início da tarde - 0,11mg/m³) e situações em que ultrapassa o valor limite legal (cozinha ao início da manhã - 0,19mg/m³ e no Jardim II ao início da tarde - 0,153mg/m³).

A situação de pico no berçário coincidiu com a altura em que as funcionárias realizaram a muda da roupa de cama nos berços, sem abrir as janelas. No Jardim II foi ultrapassado o valor limite legal, no período da tarde, depois da hora de almoço e após a sesta das crianças, na altura em que as funcionárias realizavam a limpeza da sala e arrumação dos colchões. Na cozinha, a situação em que foi ultrapassado o valor limite coincide com a preparação de alimentos, logo pela manhã, e nesta altura não abrem as janelas.

No Gráfico seguinte é demonstrado nas situações mais críticas acima indicadas, os valores médios de PM10, bem como os valores máximos e mínimos.

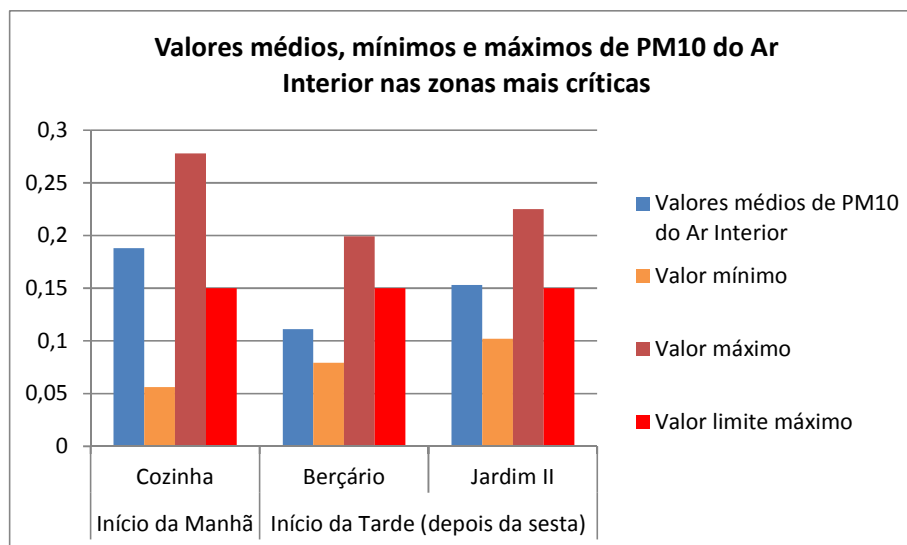


Gráfico 4 - Valores médios, mínimos e máximos de PM10 nos pontos de amostragem mais críticos, bem como limite máximo legal

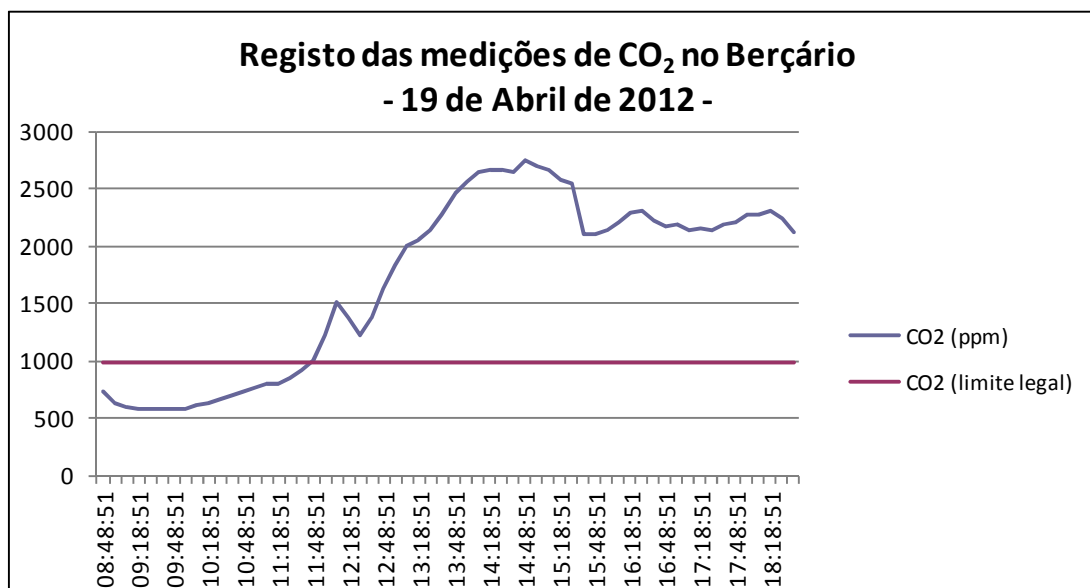
No gráfico acima é demonstrado que na situação de pico no berçário, o valor limite legal foi ultrapassado pelo valor máximo medido no ponto de amostragem ($0,199\text{mg}/\text{m}^3$).

5.2.2. DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Para a medição do poluente CO₂, foram efectuadas duas campanhas de monitorização. Na primeira campanha de monitorização, que ocorreu nos dias 19 e 20 de Abril, foram efectuadas medições em contínuo, durante um dia normal de actividades na zona de berçário e creche II. Na segunda campanha de monitorização, que decorreu no dia 16 de Maio foram efectuadas medições pontuais (período de 5 minutos), várias vezes ao dia e nos diversos locais a monitorizar.

Relativamente à primeira campanha de monitorização, foram feitas medições apenas nestes dois locais, pois foram os locais mais previsíveis de ficarem os seus ocupantes durante todo o período escolar. Nos outros locais (cozinha, Jardim II e III) são locais onde existem diferenças de actividades diárias, e no Jardim II e III, este período coincidiu com a existência de actividades escolares fora da instituição, pelo que não foram efectuadas medições em contínuo.

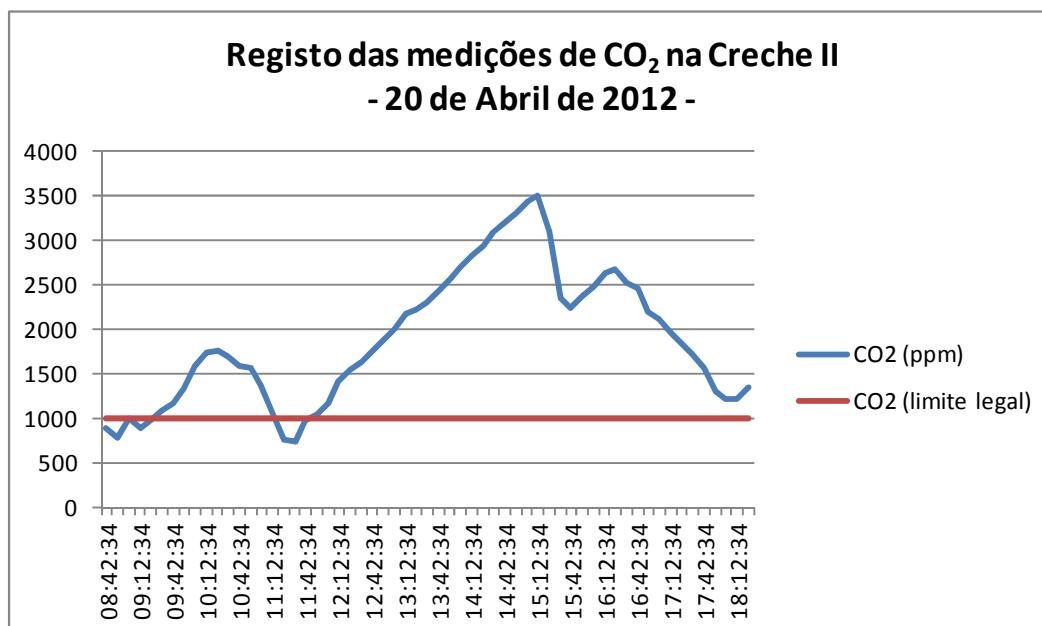
Nos Gráficos seguintes é possível observar o comportamento do poluente CO₂ no Berçário (Gráfico 5) e na Creche II (Gráfico 6) nos dias 19 e 20 de Abril, respectivamente.

Gráfico 5 - Registo diário das medições de CO₂ no berçário

Como se pode observar no Gráfico 5, os níveis de CO₂ mantêm-se acima do limite legal na maioria do tempo de medição. Na altura de início de medição os níveis mantêm-se abaixo do limite legal, e a partir das 09h45m, altura em que as crianças foram colocadas na sala, os níveis começam a aumentar até por volta das 12h. Nesta altura e durante cerca de 30 minutos os níveis diminuem, altura esta que coincide com a retirada das crianças para o almoço. Por volta das 12h30m os níveis começam a aumentar consideravelmente até por volta das 14h45min. Este período coincide com a altura em que as crianças são colocadas na sala a dormir, com as janelas sempre fechadas. Nesta altura os níveis baixam, pois as janelas são abertas, durante 1h. Após esta fase, as crianças são colocadas numa salinha ao lado a brincar e os níveis baixam, no entanto as janelas voltam a ser fechadas e os níveis voltam a aumentar. Por volta das 17h os níveis vão aumentando, na altura em que começam a chegar os pais e encarregados de educação para levar as crianças. A partir das 18h20minutos os níveis baixam mas não significativamente, até níveis abaixo dos limites legais.

Nesta campanha de monitorização, o valor máximo registado foi de 2742ppm, registado às 14h48min, o valor mínimo foi registado às 09h38min com o valor de 569ppm.

Basicamente desde as 11h 48 minutos as crianças e adultos nesta sala ficam expostos a níveis elevados de CO₂, pelo que se justifica a média de valores registados neste dia (1707ppm), ou seja, acima do limite legal (984ppm).

Gráfico 6 - Registo diário das medições de CO₂ na creche II

Como se pode observar no Gráfico 6, os níveis de CO₂ mantêm-se acima do limite legal na maioria de tempo de medição. Os níveis de CO₂ começam a aumentar desde o início de medição, altura em que os pais e encarregados de educação deixam as crianças na sala, até por volta das 10h30. Nesta altura e até às 11h 45min os níveis diminuem. Esta diminuição deve-se ao facto de as crianças terem sido colocadas numa sala ao lado dotada de janelas, pelo que permitiu o abaixamento dos níveis, e também coincidiu com a hora de almoço em que as crianças foram retiradas. Por volta das 11h45m os níveis começam a aumentar consideravelmente até por volta das 15h15min. Este período coincide com a altura em que as crianças são colocadas na sala a dormir, com as janelas sempre fechadas. Nesta altura os níveis baixam, pois as janelas são abertas, durante ±30min, mas não o suficiente para níveis abaixo do limite. As janelas são fechadas e os níveis voltam a aumentar até por volta das 16h30min. Nesta altura os níveis vão diminuindo pois coincide com a altura em que começam a chegar os pais e encarregados de educação para levar as crianças.

Nesta campanha de monitorização, o valor máximo registado foi de 3495ppm, registado às 15h12min, o valor mínimo foi registado às 11h32min com o valor de 736ppm.

Na maior parte do tempo as crianças e adultos ficam expostos a níveis elevados de CO₂, sendo que a média de valores registados neste dia foi de 1884ppm, ou seja, acima do limite legal (984ppm).

Relativamente à segunda campanha de monitorização, foram efectuadas medições em vários locais (Berçário, Creche II, Cozinha, Jardim II e III) em vários períodos do dia (início da manhã, meio da manhã, à tarde depois de almoço e ao final da tarde), com a duração de 5 minutos cada medição. É de realçar que esta campanha de monitorização foi efectuada no mês de Maio, num dia de sol, pelo que as janelas foram abertas com alguma frequência.

Na Tabela seguinte é possível observar os valores de concentração de CO₂ obtidos durante a campanha de monitorização.

Tabela 10 - Concentração média de CO₂ nos diversos locais monitorizados

Valores Médios de CO ₂ (ppm)	Início da Manhã	Meio da Manhã	Tarde (depois almoço)	Final da Tarde
Berçário	622,4	1035,3	1360,6	617,5
Creche II	615,9	662,3	1251,4	586,34
Jardim II	577,5	---	1260,2	489,6
Jardim III	593,3	861,3	---	441,3
Cozinha	606,9	626,6	376,5	---

No Gráfico seguinte é possível observar o comportamento do poluente CO₂ nos diversos locais e nos diversos períodos do dia.

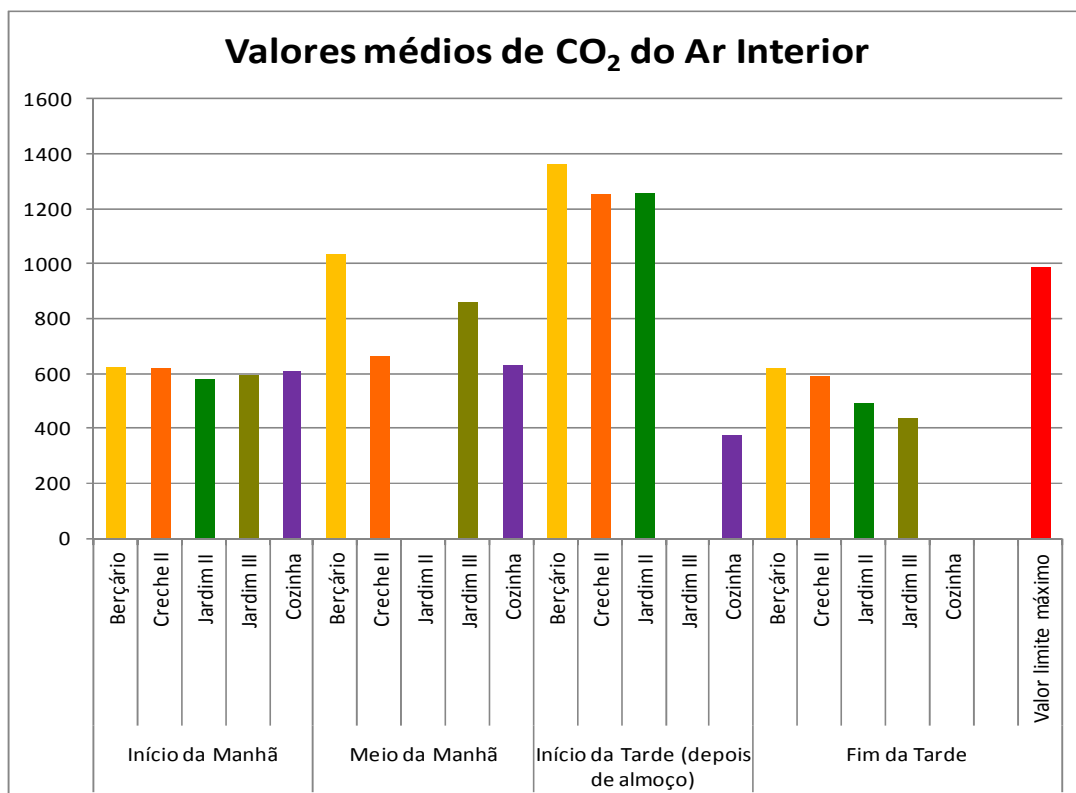


Gráfico 7 - Registo dos valores médios de CO₂ durante a campanha de monitorização

Como se pode observar pela Tabela 10 e Gráfico 7, denota-se mais uma vez que os níveis de CO₂ mantêm-se acima do limite legal normalmente nos períodos de meio da manhã e ao início da tarde, período este que coincide com o terminus da sesta das crianças.

No período da manhã, em todos os locais, os níveis mantiveram-se abaixo dos limites legais.

A meio da manhã apenas no berçário foram ultrapassados os valores legais. Esta diferença deve-se ao facto de neste local não se terem aberto as janelas, pois sendo crianças mais pequenas existe um cuidado redobrado com as correntes de ar. Nos outros locais monitorizados, os valores não foram ultrapassados pois para além de as janelas estarem abertas, as crianças foram colocadas numa sala contígua à sala em estudo. No Jardim II não foi efectuada qualquer medição pois a sala não esteve ocupada com crianças, pois estas foram para uma actividade exterior durante toda a manhã.

No período da tarde, que coincide com o terminus da sesta das crianças em todas as salas monitorizadas os valores de CO₂ foram ultrapassados. Tal acontecimento deve-se ao facto de neste período as janelas serem totalmente fechadas, pelo que não existe qualquer entrada de ar, não possibilitando a renovação de ar suficiente. No Jardim III não foi efectuada qualquer medição pois a sala não esteve ocupada com crianças, pois estas foram para uma actividade exterior durante toda a tarde.

No período do fim da tarde denotam-se que todos os valores se encontram abaixo dos limites legais, pois para além de as janelas serem abertas durante toda a tarde, logo após a sesta das crianças, em algumas salas, como no Jardim II e III, as crianças ficaram a brincar no exterior, no espaço de jogo e recreio. Na Creche II, tal como aconteceu durante a manhã, as crianças foram colocadas na sala contígua à sala em estudo. Na cozinha os valores mantêm-se abaixo dos limites legais, pois durante todo o dia as janelas são mantidas abertas para arejamento.

5.2.3. FORMALDEÍDO (HCOH)

Para a medição do poluente Formaldeído, foi efectuada uma campanha de monitorização, que decorreu no dia 19 de Março.

Nesta campanha foram efectuadas medições pontuais (período de 5 minutos), ao início do dia e ao início da tarde, nos diversos locais a monitorizar (Tabela 11).

Tabela 11 - Valores médios de Formaldeído nos locais monitorizados

Valores Médios de HCOH (mg/m ³)	Início da Manhã	Tarde (depois almoço)
Berçário	0,44	0,79
Creche II	0,33	0,29
Jardim II	0,07	0,2
Jardim III	0,1	0,2
Cozinha	0,13	0,12

Como se pode observar pela Tabela 11, os valores de formaldeído estão acima do valor limite na maioria dos locais, e não estando acima dos valores, encontram-se no limiar.

Nas zonas de berçário e creche, os valores elevados podem dever-se ao facto de o pavimento ser revestido por linóleo, sendo que este composto poderá ter influenciado a concentração obtida na medição. Já nos outros locais (Jardim II e III), embora as medições terem sido efectuadas acima do nível do pavimento, o facto do revestimento ser o mesmo, poderá ter influenciado as concentrações obtidas nas medições.

5.3. PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

A recolha de amostras para a determinação dos parâmetros biológicos em análise, bactérias e fungos, foi realizada no dia 19 de Março, nos diversos locais a monitorizar (berçário, creche II, Jardim II, Jardim III e cozinha), e em diversos períodos do dia (de manhã e ao início da tarde, após a sesta das crianças).

5.3.1. BACTÉRIAS

Na Tabela seguinte apresentam-se os resultados obtidos decorrentes da contagem de Unidades Formadoras de Colónias (UFC), após o período de incubação de 3 dias, a uma temperatura de 37°C, assim como os valores de UFC/m³ após a sua conversão atendendo ao volume de ar recolhido (450l) em cada uma das colheitas.

Tabela 12 - Valores médios de Unidades formadoras de colónias de bactérias

Valores médios de Unidades Formadoras de Colónias de Bactérias	Início da Manhã		Tarde (depois almoço)	
	UFC	UFC/m ³	UFC	UFC/m ³
Berçário	321	643	265	531
Creche II	202	404	160	320
Jardim II	193	387	248	496
Jardim III	206	412	---	---
Cozinha	192	384	---	---

Conforme se pode verificar na Tabela 12, a maioria dos valores de UFC/m³ encontram-se abaixo dos valores máximos regulamentares, com a exceção da zona de berçário, na qual foram registados valores superiores a 500 UFC/m³. No Jardim II também foram registados valores próximos do valor máximo regulamentar no período da tarde, após a sesta. A sobrelotação das salas, bem como inadequadas condições de ventilação podem ter estado na origem dos resultados obtidos.

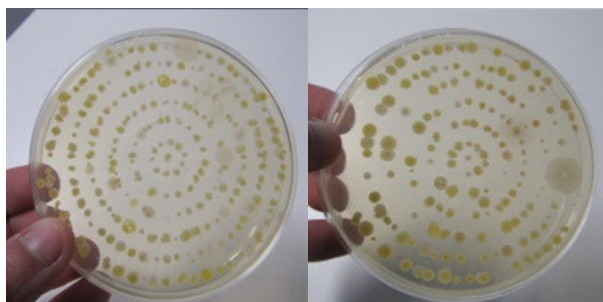


Figura 20 - Fotografia de placas de Petri utilizadas para contagem de Unidades Formadoras de Colónias de Bactérias (Esquerda: Berçário - Início da Manhã; Direita: Berçário - Tarde depois de almoço)

5.3.2. FUNGOS

Na Tabela seguinte apresentam-se os resultados obtidos decorrentes da contagem de Unidades Formadoras de Colónias (UFC), após o período de incubação de 7 dias, a uma temperatura de 26°C, assim como os valores de UFC/m³ após a sua conversão atendendo ao volume de ar recolhido (450l) em cada uma das colheitas.

Tabela 13 - Valores médios de Unidades formadoras de colónias de bactérias

Valores médios de Unidades Formadoras de Colónias de Fungos	Início da Manhã		Tarde (depois almoço)	
	UFC	UFC/m ³	UFC	UFC/m ³
Berçário	58	115	95	189
Creche II	96	193	96	193
Jardim II	127	255	181	361
Jardim III	120	240	---	---
Cozinha	262	524	---	---

Conforme se pode verificar na Tabela 13, a maioria dos valores de UFC/m³ encontram-se muito abaixo dos valores máximos regulamentares, com a exceção da zona de cozinha, na qual foram registados valores superiores a 500 UFC/m³ (Figura 21). Estes valores podem ser justificados pela presença de humidade nas paredes da cozinha, que poderá existir devido à existência de possíveis infiltrações (Figura 22).



Figura 21 - Fotografia de uma das placas de Petri utilizadas para contagem de Unidades Formadoras de Colónias de Fungos na Cozinha



Figura 22 - Fotografia do tecto da cozinha com presença de sinais de humidade

6. CONCLUSÃO

As creches e infantários são locais onde as crianças passam uma parte significativa do seu tempo e, devido a vários factores, o ambiente interior pode influenciar a deterioração da QAI. A inadequada QAI pode influenciar negativamente a qualidade de vida dos ocupantes dos edifícios, afetando o seu estado de saúde, sendo que as crianças constituem um grupo de risco que pode apresentar vulnerabilidades quando exposto a um ambiente interior de menor qualidade.

A QAI depende não só da existência e intensidade das fontes de poluentes (ocupação humana, emissões dos materiais, emissões dos equipamentos dos edifícios, etc.), como da ventilação dos locais (taxa de ventilação e eficácia da ventilação) e da qualidade do ar exterior, uma vez que na maioria dos casos não é tratado antes da sua admissão nos edifícios.

Vários estudos têm demonstrado uma relação directa entre a concentração de determinados poluentes presentes no interior e a sintomatologia apresentada pelos seus ocupantes. Contudo, o estabelecimento deste tipo de relações implica um conhecimento aprofundado de todas as potenciais fontes de contaminação, poluentes envolvidos e eficácia das medidas de controlo a implementar em determinado local.

Os estabelecimentos de ensino, e essencialmente as creches e infantários, representam um grupo de edifícios nos quais é fundamental garantir uma QAI adequada, dada a especificidade dos seus ocupantes e objectivos a que se propõem. O cumprimento dos requisitos energéticos aliado às tendências estéticas/arquitectónicas levaram à construção de edifícios escolares com características que promovem a acumulação de poluentes do ar interior.

Diversos estudos, alguns efectuados em escolas portuguesas, têm revelado a existência de teores de CO₂ elevados em escolas, causados quer pela elevada densidade de ocupação, quer pela insuficiente ventilação. Elevados teores de CO₂ surgem frequentemente associados a elevados teores de outros poluentes.

Tem sido igualmente reportada internacionalmente a existência de elevados teores de poluentes em creches e infantários, embora nalguns casos se indicie que pode existir uma exposição ainda mais elevada a alguns poluentes em casa.

A medição do teor de CO₂, sendo este gás resultante do metabolismo humano, na ausência de outras fontes (por exemplo, a combustão) pode ser utilizada como uma forma de avaliar o grau de contaminação do ar interior por origem antrópica. Documentos técnicos de divulgação internacional, como por exemplo a norma ASHRAE 62.1, recomendam que o teor de CO₂ no ambiente interior não ultrapasse 700 ppm acima do teor no ar exterior, para que não sejam sensíveis para um visitante odores decorrentes do metabolismo humano. Está relacionado com este o limite de 984 ppm (1800 mg/m³) considerado no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios para Portugal.

Relativamente ao estudo efectuado, a caracterização da creche e jardim de infância permitiu confirmar efectivamente a existência de algumas deficiências relacionadas não só com as características dos edifícios, mas também com os comportamentos e actividades dos ocupantes.

Relativamente ao parâmetro CO₂, os resultados demonstram que em determinadas alturas do dia, nomeadamente na altura que coincide com a sesta das crianças e horas seguintes, as concentrações médias são superiores ao estabelecido na legislação, atingindo picos máximos na ordem dos 3400 ppm. Tal facto deve-se essencialmente à insuficiente capacidade de ventilação da sala, devido à existência de poucas janelas e o tempo de arejamento nos períodos mais críticos. Os resultados obtidos neste estudo, para o parâmetro CO₂ vão ao encontro dos resultados preliminares obtidos na segunda fase do projecto Ambiente e Saúde em Creches e Infantários (ENVIRH). Numa investigação que avaliou 125 salas de 19 creches e infantários em Lisboa e no Porto, o valor máximo detectado de dióxido de carbono (CO₂) foi 5647 mg/m³ e a média foi de 2541 mg/m³.

Os resultados relativos à monitorização de PM₁₀ demonstraram que este agente é influenciado, essencialmente, pela movimentação dos ocupantes e procedimentos de limpeza. Neste caso, verificou-se que os profissionais, nas salas, realizam os procedimentos de arrumação das camas com as janelas fechadas, bem como na cozinha, aquando a preparação dos alimentos durante a manhã.

Os parâmetros microbiológicos avaliados, principalmente as bactérias são indicadores da sobrelocação dos espaços e de taxas de ventilação insuficiente, nomeadamente, na zona do berçário, no período de manhã. Os resultados relativos à concentração de fungos no interior das salas revelam que o edifício não possui problemas de infiltração de água. Ao invés, na cozinha, já se denotam os problemas de infiltrações, quer visualmente, que pelas concentrações elevadas destes microrganismos no período da manhã.

Os resultados relativos ao formaldeído podem dever-se ao revestimento do pavimento (linóleo), pelo que na maioria dos locais os resultados estão acima do valor limite, e não estando acima dos valores, encontram-se no limiar.

Os parâmetros térmicos avaliados demonstraram que é importante o controlo de humidade e temperatura.

Através da análise de funcionamento e da monitorização dos parâmetros ambientais no edifício, verificou-se que este se apresenta cuidado no seu aspecto construtivo, dotado de sistema de aquecimento, no entanto verificou-se também que apresenta problemas, sendo que a deficitária ventilação natural foi o factor identificado como principal responsável pela pobre QAI deste edifício. A ventilação do edifício é assegurada pela abertura de janelas ou pela permeabilidade ao ar da envolvente. Assim, no sentido de promover uma melhoria da qualidade do ar neste espaço podem ser implementadas medidas de cariz organizacional, nomeadamente a sensibilização de educadores e auxiliares para a necessidade de abrirem portas e janelas nas horas de pausa e após a limpeza e desinfeção dos espaços, durante um período de tempo mais longo. Neste sentido, foi realizado um documento que poderá servir para sensibilização dos funcionários do estabelecimento, com algumas dicas a colocar em prática no dia-a-dia (Anexo I).

Pode ainda equacionar-se a adopção de medidas de carácter construtivo, no sentido de melhorar a ventilação dos espaços e garantir caudais mínimos de ar novo de 30 m³/h.ocupante, como recomenda o anexo VI do Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril. Contudo, estas medidas requerem um estudo prévio de viabilidade técnica e económica. São elas a instalação de sistemas mecânicos de ventilação forçada que contemplem a introdução de “ar novo”, a instalação de sistemas de ar condicionado com tomada de ar exterior, a instalação de grelhas de ventilação nas caixilharias, bem como a instalação de caixilharias basculantes.

Os custos de instalação, manutenção e exploração de sistemas de ventilação mecânica e/ou ar condicionado são, regra geral, muito elevados. Assim, na fase de concepção e construção de edifícios ou mesmo na sua reabilitação é necessário ter em consideração a sua futura utilização, de modo a garantir condições de ventilação adequadas. Factores como a orientação das fachadas, exposição solar, isolamento térmico também não devem ser descurados, na medida em que têm impacto na QAI dos edifícios e podem ser responsáveis por situações de desconforto por parte dos ocupantes.

Mediante estas conclusões, é importante referir que deve ser dada preocupação à QAI em determinados edifícios, nomeadamente creches, jardins-de-infância e escolas de 1º e 2º ciclo, por serem locais onde permanecem mais tempo os indivíduos de um dos grupos vulneráveis aos efeitos dos poluentes, que são as crianças, de modo a salvaguardar a sua saúde e bem-estar. No nosso país já começa a haver alguma consciencialização para a problemática da QAI, e para os problemas de saúde decorrentes da exposição aos contaminantes habitualmente encontrados no ar interior dos edifícios. Neste sentido, espera-se que este trabalho seja um contributo para o conhecimento da problemática da QAI nestes edifícios, um alerta para a necessidade de se dar a devida importância a este problema e um incentivo para a realização de futuros trabalhos.

Como trabalhos futuros, propõe-se o alargamento do estudo a mais creches e jardins-de-infância, considerando diferentes estações do ano. Além da avaliação da QAI, seria interessante realizar um estudo que envolva avaliações de conforto térmico, ruído e iluminação em estabelecimentos de ensino e a influência destes factores na capacidade de aprendizagem. Tal como previsto pelo projecto Geria, seria interessante efectuar estudos de QAI em lares de idosos e centros de dia, por forma a avaliar a qualidade de ar e de vida dos idosos, outra dimensão ao nível dos grupos vulneráveis.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rodrigues S. (2005). Projecto Quaes: “Qualidade Ambiental nos Estabelecimentos de Ensino do 1º Ciclo Básico e Alterações no Estado de Saúde das Crianças”. 1º Colóquio de Saúde Ambiental. Lisboa.
- EFA (2004). Towards Healthy Air in Dwellings in Europe – The THADE Report. Acedido em 18, Janeiro, 2012, em <http://www.efanet.org/wp-content/uploads/2012/07/THADEReport.pdf>
- Wang, S. , Ang, H.M. e Tade, M.O. (2007). Volatic Organic Compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: State of the art. *Environment International*. 33: 694-705.
- Zhao, Bin e Wu, Jun. (2007). Particle deposition in indoor environments: Analysis of influencing factors. *Journal of Hazardous Materials*. 147: 439-448.
- Herberger, S., Herold, M., Ulmer, H. Burdack-Freitag, A., Mayer, F. (2010). Detection of human effluents by a MOS gas sensor in correlation to VOC quantification by GC/MS. *Building and Environment*. 45: 2430-2439.
- APA (2010). Qualidade do Ar em Espaços Interiores – Um Guia Técnico. Acedido em 03, Fevereiro, 2010 em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=82&sub2ref=319&sub3ref=341>
- EPA (2009). Indoor Air Quality Tools for Schools – Reference Guide. Acedido em: 21, Janeiro, 2012, em: http://www.epa.gov/iaq/schools/pdfs/kit/reference_guide.pdf
- EPA (2009). IAQ TFS Action Kit - IAQ Reference Guide: Appendix E - Typical Indoor Air Pollutants. IAQ Tools for Schools Program. Acedido em: 21, Janeiro, 2012, no Web site da: U.S.EPA: <http://www.epa.gov/iaq/schools/tfs/guidee.html#Dust>
- Fromme, H., Twardella, D., Dietrich, S., Heitman, D., Schierl, R., Liebl, B. e Rüdén, H. (2007). Particulate matter in the indoor air of classrooms – exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmospheric Environment*. 41: 854-866.

- Clements-Croome, D. J., Awbi, H.B., Bakó-Biró, Zs, Kochhar, N. e Williams, M. (2008). Ventilation rates in schools. *Building and Environment*. 43: 362-367.
- Heudorf, U., Neitzert, V. e Spark, J. (2009). Particulate matter and carbon dioxide in classrooms - The impact of cleaning and ventilation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 212: 45-55.
- Heudorf, U., Neitzert, V. e Spark, J. (2009). Particulate matter and carbon dioxide in classrooms - The impact of cleaning and ventilation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 212: 45-55.
- Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. Bruxelas.
- Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril. Diário da República nº 2411/67 – I- Série- A. Ministério da Economia e da Inovação. Lisboa.
- Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010. Jornal Oficial da União Europeia. Estrasburgo.
- Decreto-Lei nº 79/2006, de 4 de Abril. Diário da República nº 2416/67 – I- Série- A. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa.
- Nota Técnica (NT-SCE-02) (2009). Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE
- Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril. Diário da República nº 2468/67 – I Série A. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa.
- Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de Agosto de 2013. Diário da República nº 159 – I Série A. Ministério da Economia e do Emprego. Lisboa.
- Lai, A.C.K., Mui, K. W., Wong, L.T. e Law, L.Y. (2009). An evaluation model for indoor environmental quality (IEQ) acceptance in residential buildings. *Energy and Buildings*. 41: 930- 936.
- Bernstein, J.A., Alexis N., Bacchus, H., Bernstein, I.L., Fritz, P., Horner, E., Li, N., Mason, S., Nel, A., Oullette, J., Reijula, K., Reponen, T., Seltzer, J., Smith, A. e Tarlo, S.M. (2008). The health effects of nonindustrial indoor air pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 121: 585-591.
- Martins, H. (2011). Gestão da Qualidade do Ar. Aportamentos da disciplina do Curso de Mestrado em Energia e Ambiente, ESTG-IPL, Leiria.

- CEOH-IAQ (2003). Indoor Air Quality - Tools for Schools Action Kit for Canadian Schools. Acedido em: 14, Fevereiro, 2012, em: http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecsesc/pdf/pubs/air/tools_school-outils_ecoles/tools_school-outils_ecoles-eng.pdf.
- Valente, J. (2008). Referencial de QAI no RSECE. Workshop de Certificação Energética. Enviprime.
- NIOSH USA Indoor Air Quality Guidance and Reference Manual at State of Knowledge Report: Air Toxics and Indoor Air Quality in Australia. *Environmental Australia*. 2001.
- Santos, I. (2006). Qualidade do Ar Interior: A Experiência dos EUA. Seminário sobre o “Sistema Nacional de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior”. Ordem dos Engenheiros.
- OMS (2010). Parma Declaration on Environment and Health. Acedido em 15, Março, 2012, em: http://www.google.com/search?hl=pt-PT&q=Parma+Declaration+on+Environment+and+Health&btnG=Pesquisar&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=.
- ANSI/ASHRAE Standard 62.1 (2004). Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta.
- Burroughs, B.; Hansen, S. (2008). Managing Indoor Air Quality. Fourth Edition. Fairmont Press, Inc.
- ECA (1989). Sick Building Syndrome – A Practical Guide [Report N.º 4]. European Collaborative Action (Indoor Air Quality & Its Impact on Man).
- Déoux, S. P. (2001). Ecologia e a Saúde. Divisão Editorial. Instituto Piaget.
- Pinto, F. (2011). Contributos para a Avaliação da Qualidade do Ar Interior em Edifícios de Escritórios. Tese de Mestrado em Engenharia de Energia e do Ambiente. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria. Instituto Politécnico de Leiria. Leiria.
- Martínez, F.J.R. e Callejo, R.C. (2006). Edificios saludables para trabajadores sanos: calidad de ambientes interiores. Acedido em 19, Março, 2012, em: http://www.trabajoyprevencion.jcyl.es/web/jcyl/binarios/816/48/Edificios_saludables_1parte.pdf?blobheader=application%2Fpdf%3Bcharset%3DUTF-8&blobheadername2=Portal_TrabajoYPrevencion&blobheadervalue1=attachment%3Bfilename%3DEdificios_saludables_1parte.pdf&blobheadervalue2=Portal_TrabajoYPrevencion&blobnocache=true

- EPA (2010). Indoor Air Facts No. 4 (revised) Sick Building Syndrome. Acedido em: 23, Março, 2012, no Web site da: U.S.EPA: <http://www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html>
- Perdrix, A., Parat, S., Liaudy, S. e Maftre, A. (2005) Syndrome des Bâtiments Malasains (SDM). *Revue Francophone des Laboratoires*. 373: 67-72.
- Norback D. (2009) An update on sick building syndrome. *Cur Opin Allergy Clin Immunol*. 9(1):55-9
- Lu CY, Ma YC, Lin JM, Li CY, Lin RS, Sung CF. (2007) Oxidative stress associated with indoor air pollution and sick building syndrome-related symptoms among office workers in Taiwan. *Inhal Toxicol*. 19(1):57-65
- Seppänen OA, Fisk WJ. (2004) Summary of human responses to ventilation. 14(Suppl 7):102-18.
- Wargocki P, et al. (2002) Ventilation and health in non-industrial indoor environments: Report for European multidisciplinary scientific consensus meeting (Euroven). 12(2):113-28
- Pantoja LDM, Couto MS, Paixão GC. (2007) Diversidades de bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados em um campus universitário. 60(1):41-7
- WHO. Who Guidelines for indoor air quality: Dampness and mould. Copenhagen, Denmark, Who Regional Office for Europe. 2009. Acedido em: 20, Março, 2012, no Web site da: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf
- Ali HH,; Almomani HM,; Hindeich M. (2009) Evaluating indoor environmental quality of public schools buildings in Jordan. *Indoor and Built Environment*. Ed.18,66-76
- Runeson R, Wahlstedt K, Wieslander G, Norback D. (2006) Personal and psychosocial factors and symptoms compatible with sick building syndrome in the Swedish workforce. 16(6) 445-53
- Bakke JV, Moen BE, Wieslander G, Norback D. (2007) Gender and the physical and the psychosocial work environments are related to indoor air symptoms. *J Occp Environ Med*. 49(6): 641-50
- Ambu, S, Chu WL, Ak JW, Wong SF, Chan LL, Song ST. (2008) Environmental health and building related illness, le JEMS. 2(Suppl 1):S11-S-18
- Jones AP. (1999) Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*. 33(1):4535-64
- Spengler JD. (2004) Indoor air quality handbook. 1 ed. New York: McGraw-Hill. v 1

- Childs, K., Argeles, C., Henderson, H., Horst, S., Malin, N. (2006). Indoor Air Quality. Interior Design and Global Impacts. Acedido em 20, Fevereiro, 2012, em: http://www.asid.org/sites/default/files/IDandGI_IAQ.pdf
- Gameiro da Silva, M. et al. (2010). Simultaneous Measurements of CO₂, Radon and Thermal Parameters in a Bank Agency. *Clima 2010* (pp. R7-TS7-0P05). Turkey: REHVA. (ISBN: 978-975-6907-14-6).
- Oliveira, A. (2009). Qualidade do Ar Interior em Edifícios. Seminário sobre a “Qualidade do Ar Interior nos Edifícios”. Lisboaenova.
- ADENE (2011). Perguntas & Respostas sobre o RSECE – QAI (Versão 2.0). Agência para a Energia.
- The New York State Department of Health. Indoor Air Quality and Your Home – A Guide to Common Indoor Air Pollutants, Their Sources and Control Methods. Acedido em 26, Fevereiro, 2012, em: <http://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDoQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.nyserda.ny.gov%2F~%2Fmedia%2Ffiles%2Fpublications%2FResearch%2FOther%2520Technical%2520Reports%2Fiaq.ashx&ei=RPwyUs-hEMfxsgbZ74C4Dw&usg=AFQjCNGDP0eLLfj7qSvEhOBQnXX-dlsPPg&sig2=wizJ5uCVSMxWJFbNdzpXmw>
- Spengler, John D., Samet, Jonathan M., McCarthy, John F. (2001). Indoor Air Quality Handbook.
- Weschler, C. J. (2009). Changes in indoor pollutants since the 1950s. *Atmospheric Environment*. 43: 153-169.
- Bluysen, P. (2009). Towards an integrative approach of improving indoor air quality. *Building and Environment*. 44: 1980-1989.
- Liu, Y., Chen, R., Shen, X., Mao, X. (2004). Wintertime indoor air levels of PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁ at public places and their contributions to TSP. *Environment International*. 30: 189-197.
- Norma Portuguesa 1796:2007 - Valores limite de exposição profissional a agentes químicos
- Miguel, A.S.S.R. (2005). Manual de Higiene e Segurança do Trabalho. 6ª edição, Porto Editora. Porto.
- OMS (2005). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide. Acedido em 21, Março, 2012, em: http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf.

- OMS (2006). Development of WHO Guidelines on indoor air quality. Acedido em 22, Março, 2012, em: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/78613/AIQIAQ_mtgrep_Bonn_Oct06.pdf
- OMS (2006). Fuel for life : household energy and health. Acedido em 22, Março, 2012, em: <http://www.who.int/indoorair/publications/fuelforlife.pdf>
- Agência Portuguesa do Ambiente e Laboratório Referência do Ambiente (2009). Qualidade do Ar em Espaços Interiores – Um Guia Técnico, Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente.
- Ramos, J. (2011). Gestão da Qualidade do Ar. Apontamentos da disciplina do Curso de Mestrado em Energia e Ambiente, ESTG-IPL, Leiria.
- Nathanson, T. (1995). Indoor Air Quality in Office Buildings: A Technical Guide. Minister of Supply and Services Canada.
- Quadros, M. E. (2008). Qualidade do ar interno em ambientes hospitalares: Parâmetros Físicoquímicos e Microbiológicos. Tese de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Chaloulakou, A. e Mavroidis, I. (2002). Comparison of indoor and outdoor concentrations of CO at a public school. Evaluation of an indoor air quality model. *Atmospheric Environment*. 36: 1769–1781.
- EPA (1994). Air Quality Trends 1994. Environmental Protection Agency. Acedido em: 24, Março, 2012, no Web site: <http://www.epa.gov/airtrends/pdfs/aqtrnd94.pdf>
- Kagi, N., Fujii, S., Horiba, Y., Namiki, N., Ohtani, Y., Hitoshi, E., Tamura, H. e Kim, Yong Shik (2007). Indoor air quality for chemical and ultrafine particle contaminants from printers. *Building and Environment*. 42: 1949–1954.
- Kim, S.-S., Kang, D.-H., Choi, D.-H., Yeo, M.-S., Kim, K.-W. (2008). Comparison of strategies to improve indoor air quality at the pre-occupancy stage in new apartment buildings. *Building and Environment*. 43: 320–328.
- Gallego, E., Roca, X., Perales, J.F. e Guardino, X. (2009). Determining indoor air quality and identifying the origin of odour episodes in indoor environments. *Journal of Environmental Sciences*. 21: 333–339.
- Wolkoff, P. e Nielsen, G. D. (2010). Non-cancer effects of formaldehyde and relevance for setting an indoor air guideline. *Environment International*. 36: 788–799.

- Pala, M., Ugolini, D., Ceppi, M., Rizzo, F., Maiorana, L., Bolognesi, C., Schilirò, T., Gilli, G., Bigatti, P., Bono, R. e Vecchio, D. (2008). Occupational exposure to formaldehyde and biological monitoring of Research Institute workers. *Cancer Detection and Prevention*. 32: 121–126.
- ITN (2005). Radão Um Gás Radioactivo de Origem Natural. Acedido em: 25, Março, 2010, em: www.itn.pt/docum/relat/radao/itn_gas_radao.pps.
- Douwes, J., Thorne, P. e Heederik, D. (2002). Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment. *Oxford Journal*. 47: 187–200.
- Fabian, M. P., Miller, S.L., Reponen, T. e Hernandez, M.T. (2005). Ambient bioaerosol indices for indoor air quality assessments of flood reclamation. *Aerosol Science*. 36: 763–783.
- OMS (2009). WHO Guidelines for Indoor Air Quality - Dampness and Mould. Acedido em 20, Março, 2012, em: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf.
- OMS (2009). WHO Handbook on indoor radon - A Public Health Perspective. Acedido em 20, Março, 2012, em: http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673_eng.pdf.
- Fang, Z., Z. Ouyang, H. Zheng, X. Wang e L. Hu (2007). Culturable Airborne Bacteria in Outdoor Environments in Beijing, China. Springer Science + Business Media, Volume 54, 487–496.
- Górný, R.L. e J. Dutkiewicz (2002). Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in Central and Eastern European countries. *Ann Agric Environ Med*; 9: 17 – 23.
- Association, A.L, Agency, U.S.E.P., Commission, C.P.S, Association, A.M. (2004). Indoor Air Quality: An Introduction for Health Professionals. Acedido em: 20, Março, 2012, em: http://www.epa.gov/iaq/pdfs/indoor_air_pollution.pdf.
- Cano, M. (1996). A Contaminação Microbiológica do Ar Interior. Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge.
- Storey, E., Dangman, K.H., Schenck, P., Debernardo, R.L., Yang, C.S., Bracker, A., Hodgson, M.J. (2004). Guidance for Clinicians on the Recognition and Management of Health Effects related to Mold Exposure and Moisture Indoors. Acedido em 20, Março, 2012, em: <http://www.oehc.uchc.edu/clinser/MOLD%20GUIDE.pdf>.
- Ramos, C.; Dias, C.; Paixão, E.; Cano, M.; Proença, M. (2008). Qualidade do Ar Interior em Edifícios de Escritórios e Serviços. *Revista Climatização N.º 58*, Setembro/Outubro 2008.

- Parreiral, A. (2011). Caracterização da Qualidade do Ambiente Interior num Edifício Escolar Recentemente Requalificado. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra.
- WHO. (2011). Methods for Monitoring Indoor Air Quality in Schools. World Health Organisation. Regional Office for Europe. Germany.
- Alfano, F.R.A. et al.(2010). Ambiente Interior e Eficiência Energética nas Escolas (1º parte – Princípios). Manual REHVA N°13. Ingenium Edições. Lisboa.
- Mendell, M.J. e Heath, G. A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance - A critical review of the literature. *Indoor Air Journal*. 15. 27-32.
- Madureira, J.G.V. (2005). Impacte de uma Grande Linha de Tráfego Urbano na Qualidade do ar e na Saúde - Avaliação em Escolas da Cidade do Porto. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. 123 pp.
- Dias, M., Ramos, J., Egido M. “Contributions for the Evaluation of Indoor Environmental Quality in Portuguese School Buildings”. Roomvent 2011 - 12th International Conference on Air Distribution in rooms. Noruega, Trondheim: NTNU 19 – 22th June. 2011. ISBN: 978-82-519-2812-0.
- OEHS, Office of Environmental Health and Safety (2003). School Indoor Air Quality – Best Management Practices Manual. Acedido em 02, Abril, 2012, em: <http://www.doh.wa.gov/ehp/ts/iaq/schooliaqbmp.pdf>

8. ANEXOS

Anexo I – Folheto de Sensibilização aos Educadores/Funcionários sobre a Manutenção de uma Sala Limpa e Saudável

The background image shows the entrance to a children's center. At the top, there is a large, bright sun in a blue sky. Below the sun is a blue archway with the words "centro infantil" written in white, lowercase letters. In the center of the archway is a white rocking horse with a pink rider. Below the archway is a brick wall with a large, arched opening.

centro infantil

ANEXO I








FOLHETO DE SENSIBILIZAÇÃO AOS EDUCADORES/FUNCIÓNÁRIOS SOBRE A
MANUTENÇÃO DE UMA SALA LIMPA E SAUDÁVEL

MANUTENÇÃO DE UMA SALA DE AULA LIMPA E SAUDÁVEL






- DICAS PARA PROFESSORES -

Melhorar o ambiente dentro da escola, incluindo reduzir factores que provoquem problemas de saúde, como o pó e produtos químicos, beneficia tanto os alunos como os funcionários. Os professores podem ajudar seguindo algumas destas dicas úteis.

Planeie a sua sala de modo a que a limpeza seja fácil de realizar

-  Armazene a maior quantidade possível de materiais em caixas de plástico transparentes que podem ser facilmente removidas e rotuladas.
-  Evitar a desordem. Arquivar materiais desactualizados e que não utilize com frequência.
-  Permitir na sua sala materiais fáceis de limpar e resistentes por forma a serem limpos com frequência, sem que se deteriorem. Materiais de tecido que acumulam pó, ácaros e germes devem ser limpos, lavados e desinfectados com frequência.
-  Evitar alcatifas e carpetes. Se forem usados, devem ser limpos periodicamente.
-  Os recipientes de resíduos devem ser sempre dotados de tampa accionada por pedal e serem revestidos de saco de plástico. Estes devem ser retirados diariamente e os baldes lavados diariamente e desinfectados com frequência.
-  Decorações de parede e de tecto incluindo peças de arte dos alunos não devem tornar-se como acumuladores de pó.
-  Sempre que possível privilegiar a ventilação natural da sala, abrindo janelas e portas.

Limpeza


-  Utilizar produtos que não sejam perigosos para a saúde das crianças. Utilizar apenas os que sejam autorizados na Instituição.
-  Aquando a limpeza das salas, manter uma fonte de ventilação do espaço (por exemplo, uma janela aberta).
-  Sempre que possível utilizar aspiradores, ao invés de vassouras, pois evita a excessiva libertação de poeiras.
-  Periodicamente efectuar a lavagem e/ou desinfeção dos brinquedos/materiais da sala.
-  Lavar a roupa de cama em máquina de lavar, com temperatura mínima de 60°C.

MANUTENÇÃO DE UMA SALA DE AULA LIMPA E SAUDÁVEL

- CHECK-LIST DE QUALIDADE DO AR INTERIOR NAS SALAS DE AULA -

Responda "Sim" ou "Não" para cada pergunta. Se responder **Não**, a seguir a cada pergunta encontram-se algumas soluções que poderá aplicar.

Limpeza da sala

 A sala encontra-se devidamente limpa e livre de poeiras?

Sim Não


Certifique-se que a sala de aula é limpa regularmente, e os resíduos retirados diariamente.

Temperatura e Humidade na sala

 As superfícies frias (por exemplo, janelas, peitoris) têm gotas de água sobre eles?

Sim Não

Contacte a manutenção, pois a sua sala pode ser muito húmida.

 Existem sinais de infiltrações (por exemplo, telhas descoloridas ou paredes ligeiramente acidentadas)?

Sim Não

Contacte a manutenção, por forma a verificar se existem infiltrações e regularizar a situação.

 A sua sala está sempre muito quente ou fria?

Sim Não

Efectuar uma avaliação de ambiente térmico por forma a verificar se os níveis de temperatura, humidade e velocidade do ar se encontram dentro dos valores legais.

 Na sua sala, em determinadas alturas do dia, existe o brilho da luz solar sobre os alunos?

Sim Não

Dotar as janelas de persianas/ou cortinas, e puxe-as quando necessário.

Ventilação

 As janelas abrem e fecham?

Sim Não

As janelas possibilitam a ventilação natural do espaço. Sempre que possível abrir as janelas, de forma a existir uma ventilação natural do ar viciado.

