

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE
DO PORTO
INSTITUTO POLITÉCNICO DO PORTO

Daniela Cristina da Silva Ferreira

QUALIDADE DO AR INTERIOR EM
ESCOLAS BÁSICAS DE 1.º CICLO

**QAI EM AMBIENTES ESCOLARES: ESTUDO ORIENTADO PARA AS
ESCOLAS BÁSICAS DE 1.º CICLO DE UM AGRUPAMENTO ESCOLAR**

Dissertação submetida à Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ambiente, Higiene e Segurança em Meio Escolar, realizada sob a orientação científica da Prof.^ª Dr.^ª Manuela Vieira da Silva, da área científica de Saúde Ambiental, coordenadora do Mestrado em Ambiente, Higiene e Segurança em Meio Escolar.

S e t e m b r o , 2 0 1 3

Agradecimentos

Este trabalho representa a conclusão de mais uma etapa do percurso académico. Contudo, a sua realização não teria sido possível sem o apoio de algumas pessoas. Quero agradecer:

À Prof.^a Dr.^a Manuela Vieira da Silva, por toda a disponibilidade, orientação, motivação e apoio que me deu, ao longo da concretização do presente trabalho.

À Prof.^a Matilde Rodrigues, por me ter ajudado e apoiado.

À Prof.^a Andreia Rebelo, por ter estado sempre disponível para me ajudar.

A todos os professores de Saúde Ambiental da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto, por toda a dedicação e apoio demonstrado.

À minha mãe por todo o apoio, incentivo, dedicação, compreensão e força que me transmitiu.

À minha avó Beleza, por todo o carinho.

À Rita Costa, à Cátia Rodrigues e à Diana Teixeira por todo o apoio e paciência.

A todas as pessoas que referi, o meu eterno agradecimento.

Resumo

A Qualidade do Ar Interior (QAI) é um fator de grande preocupação. A importância de manter um ambiente salubre é mais acentuada em estabelecimentos escolares (EE), tendo em conta, que no interior destes permanecem crianças durante um elevado período de tempo. É fundamental garantir uma boa QAI nos edifícios escolares, de forma a salvaguardar a saúde, o bem-estar e o conforto dos ocupantes, bem como, não comprometer o seu desempenho escolar. Recentemente, foram construídos novos edifícios escolares e alguns dos existentes foram alvo de obras de remodelação. Contudo, a crescente tendência em construir edifícios cada vez mais herméticos, com vista à diminuição dos gastos de energia, origina problemas como a reduzida ventilação dos espaços. Vários estudos têm demonstrado a influência das atividades de limpeza na QAI. No entanto, verifica-se que na maioria das escolas não existem ainda procedimentos de limpeza padronizados. A falta de instruções de trabalho e a ausência de formação às assistentes operacionais pode comprometer a eficácia dos procedimentos de higienização, o que poderá ter influência na QAI dos espaços.

Este estudo teve como principal objetivo avaliar a QAI em escolas básicas de 1.º ciclo. Foram contemplados no estudo fatores como a tipologia do edifício, a ocupação das salas e as atividades de limpeza.

Procedeu-se à caracterização dos EE e à monitorização de parâmetros ambientais, como a temperatura do ar, a humidade relativa, a velocidade do ar, o dióxido de carbono, o monóxido de carbono, as partículas, os microrganismos mesófilos totais e os fungos. Estes parâmetros foram avaliados nas salas com ocupação, sem ocupação e durante a implementação de um plano de higienização.

A ventilação inadequada parece ser o fator que mais condiciona a QAI das salas de aula avaliadas. Registaram-se elevadas concentrações de dióxido de carbono e de microrganismos mesófilos totais, que parecem estar relacionados com a permanência dos ocupantes nos locais e com a falta de ventilação adequada dos espaços. A concentração de dióxido de carbono foi mais elevada em edifícios recentes. Os picos elevados na concentração de partículas parecem estar associados com as atividades dos ocupantes. Obtiveram-se concentrações menores de fungos e de microrganismos mesófilos totais ao longo da implementação do plano de higienização, o que poderá significar que os procedimentos de limpeza contribuem para reduzir os níveis de contaminação dos espaços interiores. No entanto, tendo em conta, que a concentração de microrganismos mesófilos totais permaneceu elevada, as operações de limpeza parecem não ser suficientes para garantir uma boa QAI. O aumento da ventilação dos espaços poderia contribuir significativamente para a melhoria da QAI dos espaços avaliados.

Palavras-chave: Qualidade do Ar Interior, Escolas, Ocupação, Limpeza, Características da Edificação

Abstract

The Indoor Air Quality (IAQ) is a factor of great concern. The importance of maintaining an aseptic environment is more pronounced in schools, keeping in mind that it is within these buildings that children remain for longer periods of time. It is essential to ensure good IAQ in school buildings, in order to safeguard the health, well-being and comfort of its occupants, without compromising scholar performance. Recently, new buildings were built and some of the existing schools were targeted for refurbishment. However, the increasing trend in constructing more airtight buildings, in order to reduce energy costs, causes problems such as poor ventilation of spaces. Several studies have demonstrated the influence of cleanup activities on IAQ. However, it is a fact that most schools haven't yet established standards for cleaning procedures. The lack of work instructions and the lack of training for operational assistants may compromise the effectiveness of the cleaning procedures, which may have an influence on the IAQ.

This study firstly aimed to evaluate the IAQ in basic schools. The study included factors as the typology of the building, the occupancy of rooms and cleaning activities.

We proceeded to characterize schools and monitoring environmental parameters such as air temperature, relative humidity, air speed, carbon dioxide, carbon monoxide, particulate matter, mesophilic microorganisms and fungi. These parameters were evaluated in occupied rooms, clear rooms and during the implementation of a cleaning plan.

Improper ventilation seems to be the factor that mostly affects the IAQ in the evaluated classrooms. There were higher concentrations of carbon dioxide and total mesophilic microorganisms that seem to be related to the presence of occupants on location and the lack of adequate ventilation of the rooms. The concentration of carbon dioxide was higher in recent buildings. The high peaks in particle concentration appear to be associated with the activities of the occupants. Lower concentrations of fungi and mesophilic microorganisms were measured throughout the implementation of the hygiene plan, which may mean that the cleaning procedures help to reduce the levels of contamination indoor. However, considering that the concentration of mesophilic microorganisms remained high, cleaning operations do not appear sufficient to ensure good IAQ. Increased ventilation of spaces could contribute significantly to improve IAQ in the evaluated rooms.

Keyword: Indoor Air Quality, Schools, Occupation, Cleaning, Characteristics of Building

Índice Geral

Siglas, Abreviaturas e Acrónimos	VI
Unidades	VI
Índice de Tabelas	VII
Índice de Figuras	VIII
Introdução	1
Objetivo do Estudo	3
Capítulo I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
1.1. A Qualidade do Ar Interior (QAI)	5
1.2. A QAI em edifícios escolares	5
1.3. Estudos no âmbito da QAI em Edifícios Escolares	7
1.4. Fontes de Poluição do Ar Interior	8
1.5. Tipos de Contaminantes do Ar Interior	9
1.5.1. Agentes Físicos	10
1.5.2. Agentes Químicos	11
1.5.2.1. Partículas suspensas no ar (PM _x)	12
1.5.2.2. Dióxido de Carbono (CO ₂).....	14
1.5.2.3. Compostos Orgânicos Voláteis (COV).....	15
1.5.2.4. Ozono (O ₃)	18
1.5.2.5. Outros Contaminantes Químicos	20
1.5.3. Agentes Biológicos	22
1.6. Síndrome do Edifício Doente	27
1.7. A higienização e a QAI.....	29
1.8. Enquadramento legal	31
Capítulo II – MÉTODOS	32
2.1. Seleção e Caracterização da Amostra	33
2.2. Análise da QAI	33
2.2.1. Datas das Avaliações.....	35
2.2.2. Parâmetros Ambientais Analisados.....	35
2.2.3. Pontos de Amostragem.....	36
2.2.4. Medição de Agentes Físicos.....	36
2.2.5. Amostragem de Agentes Químicos.....	36
2.2.6. Amostragem de Agentes Biológicos	37

2.2.7. Análise Laboratorial.....	37
2.2.8. Critérios de Avaliação de QAI.....	37
2.2.9. Análise e Tratamento dos Resultados	38
2.3. Fases de Avaliação de QAI.....	39
Capítulo III – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
3.1. Caracterização dos Estabelecimentos Escolares.....	42
3.1.1. Caracterização Geral dos Edifícios	42
3.1.2. Caracterização das Salas de Aula.....	43
3.2. Avaliação de Qualidade do Ar Interior.....	46
3.2.1. Avaliação de QAI com ocupação.....	46
3.2.2. Avaliação de QAI sem ocupação	56
3.2.3. Avaliação de QAI durante a implementação do plano de higienização.....	61
Conclusão	67
Estudos Futuros	70
Referências Bibliográficas.....	71
ANEXOS	88
ANEXO I – <i>CHECKLIST</i> DE CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS EE.....	89
ANEXO II – <i>CHECKLIST</i> DE CARACTERIZAÇÃO DAS SALAS DE AULA.....	93
ANEXO III – Ficha de Registo de Resultados	97
ANEXO IV – <i>Layout</i> das salas de aula avaliadas.....	99
ANEXO V – Plano de Higienização das Salas de Aula	108

Siglas, Abreviaturas e Acrónimos

ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

EE – Estabelecimento Escolar

MEA – Malt Extract Agar

MDF – Fibras de Média Densidade

QAI – Qualidade do Ar Interior

SED – Síndrome do Edifício Doente

TSA – Trypticase Soy Agar

WHO – World Health Organization

Unidades

µm – Micrómetro

m - Metro

m³ – Metro cúbico

°C – Graus Célsius

ppm – partes por milhão

s – Segundo

UFC – Unidades Formadoras de Colónias

Índice de Tabelas

Tabela I - Estudos de QAI e respetivos períodos de duração e principais conclusões.....	7
Tabela II - Principais agentes e respetivas fontes que afetam a QAI (Adaptado de EPA (2003; 2009), Martínez e Callejo (2006) e APA (2010).....	9
Tabela III - Principais COV e as suas fontes (adaptado de APA, 2010).....	16
Tabela IV - Outros Agentes Químicos e respetivas fontes e efeitos na saúde.	20
Tabela V - Datas das avaliações efetuadas.	35
Tabela VI - Valores máximos de referência para cada parâmetro avaliado e respetivo enquadramento legal.....	38
Tabela VII - Principais características estruturais dos EE estudados.....	42
Tabela VIII - Principais aspetos estruturais das salas de aula estudadas.....	44
Tabela IX - Número de ocupantes presentes nas salas de aula, em cada avaliação de QAI efetuada.....	45
Tabela X - Resultados da avaliação dos parâmetros físicos de ambiente térmico, dióxido de carbono, monóxido de carbono e partículas nos diferentes EE.	46
Tabela XI - Concentração mínima, máxima e média de partículas, nos diferentes EE, durante o período da manhã e da tarde.	51
Tabela XII - Resultados da avaliação dos parâmetros microbiológicos, nos diferentes estabelecimentos escolares (EE).....	53
Tabela XIII - Resultados da avaliação dos parâmetros físicos de ambiente térmico, dióxido de carbono, monóxido de carbono e partículas, nos diferentes estabelecimentos escolares (EE), no período da manhã e sem ocupação humana.	56
Tabela XIV - Resultados da avaliação dos parâmetros microbiológicos, nos diferentes estabelecimentos escolares (EE), no período da manhã e sem ocupação humana.	59
Tabela XV - Resultados da avaliação dos parâmetros físicos de ambiente térmico, dióxido de carbono, monóxido de carbono e partículas, nos diferentes estabelecimentos escolares (EE), após a implementação do plano de higienização.....	61
Tabela XVI - Resultados da avaliação dos parâmetros microbiológicos, em diferentes estabelecimentos escolares (EE) após a implementação do plano de higienização.	64
Tabela XVII - Frequência de limpeza recomendada para as estruturas e equipamentos existentes nas salas de aula.	111

Índice de Figuras

Figura I- Principais aspetos nos quais é possível intervir com vista a melhorar a QAI... 6	
Figura II - Classificação das partículas suspensas no ar em função do seu diâmetro aerodinâmico (adaptado de Bernstein <i>et al.</i> , 2008)	12
Figura III - Esquema dos componentes da endotoxina (adaptado de Hodgson, 2006)....	24
Figura IV - Número de mortes por infeções respiratórias, causadas pela QAI, em crianças menores de 5 anos (por região) (adaptado de WHO (2011))	29
Figura V - Amostras de bactérias mesófilas totais.	54
Figura VI - Amostras de fungos.	55

Introdução

A Qualidade do Ar Interior (QAI) é um tema que suscita grande preocupação na sociedade atual, sendo responsável por elevadas taxas de mortalidade e morbidade (WHO, 2009). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), 35,7% das doenças respiratórias, 22% das doenças crónicas, 5% das bronquites e 5% dos cancros são causados pela contaminação do ar interior (Liqun *et al.*, 2011).

Durante muito tempo as atenções centraram-se na qualidade do ar exterior, descurando, de certa forma, a QAI. Vários estudos têm vindo a demonstrar que a contaminação interior é superior à do ar exterior, podendo ser cinco vezes mais elevada (Chan *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2009). É importante considerar que na sociedade em que vivemos, as pessoas permanecem cerca de 80 a 95% do seu tempo no interior de edifícios. A elevada permanência da população em ambientes *indoor* apresenta-se como uma agravante na possível exposição a contaminantes existentes (Heudorf *et al.*, 2009; Ohura *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2009; Cabral, 2010). Considerando a perigosidade de alguns dos poluentes identificados em ambientes *indoor* como, por exemplo, partículas e fungos, a problemática da QAI tem suscitado, nos últimos anos, uma grande preocupação em todo o mundo.

Existem grupos etários, como as crianças, que são mais suscetíveis à poluição do ar. Estas respiram uma taxa de ar superior aos adultos (considerando, o volume de ar por peso corporal). Para além disso, o seu organismo, nomeadamente, os pulmões, encontra-se ainda em desenvolvimento, o que o torna mais vulnerável. Considerando que as crianças, em idade escolar, permanecem, cerca de 30% do dia, no interior de estabelecimentos escolares (EE), torna-se importante monitorizar a QAI dos edifícios, com o objetivo de caracterizar a exposição dos alunos aos diferentes contaminantes (Godoi *et al.*, 2009; Braniš *et al.*, 2005; Fraga *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2009; Sofuoglu *et al.*, 2011).

Existem vários fatores que podem influenciar a QAI nas salas de aula, nomeadamente, o número de ocupantes e o mobiliário existente. A presença de um elevado número de alunos, em relação à área da sala, pode contribuir para o aumento da concentração de contaminantes, como o dióxido de carbono e as partículas (Almeida *et al.*, 2011). Também o mobiliário existente no interior dos espaços pode influenciar a QAI. Por

exemplo, a utilização de giz nos quadros pretos, existentes em salas de aula, pode contribuir para o aumento da concentração interior de partículas. Almeida *et al.* (2011), Polednik (2013) e Tran *et al.* (2012) identificaram os fragmentos de giz, como componentes de elevadas concentrações de partículas no interior de salas de aula.

A problemática da QAI em escolas é agravada, segundo Mendell e Heath (2005) e Tippayawong *et al.* (2009), pelo facto de os estabelecimentos escolares serem mais suscetíveis a possuírem deficiências estruturais e funcionais, comparativamente a outros edifícios. Existem ainda edifícios escolares antigos, que não foram alvo de obras de remodelação e manutenção, devido à falta de financiamento, por parte do Estado. A falta de ações de conservação dos edifícios origina problemas, como a presença de humidade e de bolores. Segundo Meklin *et al.* (2002) os ocupantes de espaços com humidade são mais suscetíveis de apresentar sintomas respiratórios, quando comparados com indivíduos que ocupam espaços salubres, uma vez que os fungos presentes nos dois tipos de meios são diferentes. Em ambientes interiores saudáveis dominam os géneros de fungos mais comuns no exterior, como *Cladosporium*, *Penicillium* e *Aspergillus*. Já as espécies de fungos dominantes em ambientes com humidade são: *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus expansum*, *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus penicillioides* e *Stachybotrys chartaru* (Tischer e Heinrich, 2013).

A falta de financiamento para a execução de obras nos edifícios escolares e atividades de manutenção dos equipamentos AVAC compromete também a ventilação adequada dos espaços (Meklin *et al.*, 2002). Muitos estudos, tais como o de Santamouris *et al.* (2008) e de Montazami *et al.* (2012) apontam a ventilação inadequada como fator potenciador da poluição interior. Segundo Bakó-Biró *et al.* (2012) parece existir uma crescente evidência da relação entre a ventilação inadequada e as condições térmicas das salas de aula e o baixo nível de desempenho e absentismo escolar (Bakó-Biró *et al.*, 2012).

Todavia, as escolas atualmente construídas/remodeladas também parecem apresentar problemas. Segundo Yang *et al.* (2009), as escolas mais recentes apresentam taxas de emissão de formaldeído superiores às restantes, o que indicia a presença de fontes interiores deste poluente, como materiais de construção e mobiliário. Apesar da preocupação constante com a redução de compostos químicos em materiais de

construção e de decoração, verifica-se que ainda parecem existir muitos químicos presentes em ambientes interiores (Uhde e Salthammer, 2007).

Um outro problema que parece estar associado aos edifícios escolares mais recentes são as elevadas concentrações de dióxido de carbono (CO₂). A crescente tendência de construir edifícios cada vez mais herméticos, com vista à redução do consumo de energia, origina concentrações de CO₂ mais elevadas, podendo originar consequências negativas, não só ao nível da saúde e conforto dos ocupantes, mas também ao nível da sua produtividade (Jenkins *et al.*, 2009).

Os processos de limpeza, segundo Almeida *et al.* (2011), também podem contribuir para o aumento de poluentes no interior dos espaços. As operações de higienização podem influenciar a QAI, não só pelos agentes químicos presentes na constituição dos produtos de limpeza, mas também pela eficácia do próprio processo (Gallego *et al.*, 2009). A limpeza adequada e regular dos espaços contribui para a redução de contaminantes, como bactérias e partículas (Fromme *et al.*, 2007; UBA, 2008).

Por todos os aspetos referidos anteriormente e, tendo em conta que a QAI deve ser garantida nas escolas, de forma a salvaguardar a saúde, o bem-estar e o conforto dos ocupantes, é importante estudar os vários fatores que influenciam negativamente a QAI.

Objetivo do Estudo

O presente estudo teve como objetivo efetuar a avaliação da QAI em escolas básicas do 1º ciclo integradas num agrupamento escolar, através da quantificação de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Foi estudada a influência da tipologia da edificação e infraestruturas (edifícios recentes ou antigos), da ocupação e das atividades de limpeza, na QAI.

Capítulo I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. A Qualidade do Ar Interior (QAI)

No início, aquando o reconhecimento da importância da QAI, as recomendações, com vista a melhorar a QAI eram, essencialmente, relativas à ventilação e à concentração de dióxido de carbono. Em meados de 1970, várias organizações, como a *American Society of Refrigerating Engineers* (ASHRAE), estabeleceram recomendações, com o objetivo de salvaguardar a QAI. Estas medidas agrupavam-se nas seguintes categorias: recomendações sobre a taxa ideal de renovação de ar; restrição da utilização de substâncias; orientações e estabelecimento de valores de referência para os vários poluentes do ar interior (Salthammer, 2011).

A elaboração de orientações específicas para a QAI é muito importante, dado que: os ambientes interiores possuem uma grande variedade de fontes específicas de poluentes; existe uma grande especificidade de exposições em espaços interiores, no que respeita aos níveis e à composição de contaminantes; as pessoas permanecem períodos de tempo muito elevados em espaços interiores (APA, 2010). É importante garantir a qualidade do ar nos espaços interiores, de forma a que os parâmetros ambientais não condicionem o bem-estar e a saúde dos ocupantes.

1.2. A QAI em edifícios escolares

A QAI é um requisito desejável para todas as edificações, principalmente, para os edifícios escolares. A preocupação com os estabelecimentos escolares deve-se, principalmente, ao elevado período de tempo que as crianças permanecem no interior dos recintos e à maior vulnerabilidade que estas apresentam relativamente a poluentes do ambiente interior. A sua maior suscetibilidade aos contaminantes é explicada, essencialmente, porque: respiram uma maior taxa de oxigénio do que os adultos (tendo em conta o peso corporal), possuem o organismo ainda em desenvolvimento, nomeadamente, o sistema imunitário; adotam um comportamento exploratório frequentemente (como colocar objetos na boca) (Cartieaux *et al.*, 2009; Cann *et al.*, 2011; Geiss *et al.*, 2011).

A *Environmental Protection Agency* (EPA) publicou em 2009, um documento intitulado “*Indoor Air Quality Tools for Schools – Reference Guide*”. Neste documento, a entidade salienta que é urgente solucionar os problemas de QAI nas escolas. Alerta que

irá ocorrer um aumento a curto e a longo prazo de sintomatologia (como tosse, irritação nos olhos, dores de cabeça e reações alérgicas) e um agravamento da asma, em alunos, professores e funcionários. Estes fatores poderão desencadear consequências negativas para a comunidade escolar, como: o aumento do absentismo, a diminuição do desempenho, o encerramento de estabelecimentos escolares, a falta de confiança por parte da população, entre outros.

Na Figura I são representados seis fatores, nos quais segundo a EPA (2009) é possível intervir com o objetivo de reduzir a concentração de poluentes no ar interior melhorando, consideravelmente, a QAI.

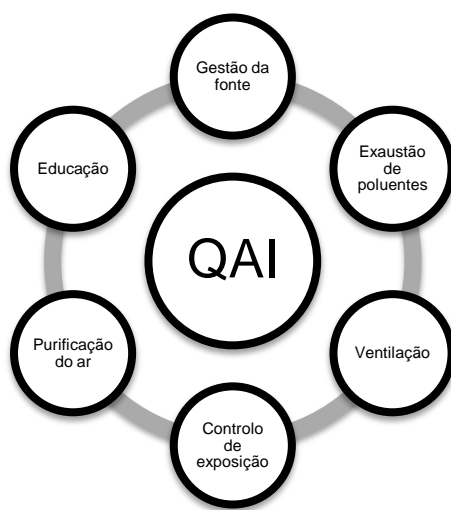


Figura I- Principais aspetos nos quais é possível intervir com vista a melhorar a QAI.

Outro fator que pode provocar desconforto nos alunos é o ambiente térmico. Sabe-se que este fator pode prejudicar a concentração no desenvolvimento de determinadas tarefas, como operações matemáticas (Zeiler e Boxem, 2009). Também a exposição a contaminantes, como o dióxido de carbono, pode afetar a atenção, comprometendo a aprendizagem das crianças (Griffiths e Eftekhari, 2008). O aumento da qualidade ambiental das escolas permite melhorar consideravelmente a atenção, a concentração, o desempenho e a aprendizagem dos alunos (Corgnati *et al.*, 2007; Santamouris *et al.*, 2008).

1.3. Estudos no âmbito da QAI em Edifícios Escolares

Estudos sobre a QAI em edifícios escolares têm sido efetuados ao nível nacional e ao nível internacional. Na Tabela I destacam-se alguns desses estudos, bem como, os respetivos períodos de duração e as principais conclusões.

Tabela I - Estudos de QAI e respetivos períodos de duração e principais conclusões.

Projetos de QAI	Período de duração do estudo	Principais conclusões
HESE (<i>Health Effects of Schools Environment</i>)	2002 - 2005	<ul style="list-style-type: none"> • Detetaram-se elevados níveis de CO₂ em cerca de 60% a 90% das salas de aula;
HITEA School (<i>Health Effects of Indoor Pollutants: Integrating microbial, toxicological and epidemiological approaches</i>)	2008 - 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Foram detetados níveis elevados de PM₁₀ e de COV em algumas salas de aula;
SEARCH I (<i>School Environment and Respiratory Health of Children</i>);	2006 - 2009	<ul style="list-style-type: none"> • A ausência de um sistema de ventilação adequado é um problema comum à maioria das escolas europeias;
ENVIRH (<i>Environment and Health in Children Day Care Centers</i>)	2010 - 2012	<ul style="list-style-type: none"> • As concentrações de contaminantes foram significativamente menores nas escolas com ventilação mecânica;
Saúde Ambiental em Ambiente Escolar.	2004 - 2006	<ul style="list-style-type: none"> • A sobrelotação das salas de aula parece influenciar negativamente a QAI.

1.4. Fontes de Poluição do Ar Interior

Segundo Bluysen (2009), a QAI pode ser abordada sob os seguintes pontos de vista: o humano, o ar interior e as fontes que contribuem para a poluição do ar interior. Segundo a componente humana, a QAI é o efeito físico percebido por parte dos ocupantes, quando estes permanecem num determinado local. Sob a perspectiva do ar interior, a QAI pode ser expressa em taxa de ventilação (cujas unidades são L/s por pessoa ou L/s por m² de área) ou em concentração de determinados poluentes. A última abordagem foca-se nas fontes internas e externas dos contaminantes interiores.

Os poluentes associados à QAI provêm de fontes internas e externas. Existem várias fontes internas de poluentes, nomeadamente, o tipo de mobiliário, os materiais de construção, as fotocopiadoras e impressoras a *laser*, os produtos de limpeza e de desinfecção, o sistema de ventilação, aquecimento e ar condicionado (AVAC), os ocupantes e ainda as atividades desenvolvidas no interior dos espaços. Os fatores anteriormente citados são os que influenciam maioritariamente a QAI. No entanto, também existem várias fontes externas que podem afetar negativamente a qualidade do ar de um espaço, como: os poluentes industriais; as emissões provenientes do tráfego; a deposição de resíduos sólidos; a presença de árvores e plantas; as reações fotoquímicas; os químicos utilizados na agricultura, no tratamento de solos e no controlo de pragas (*European Federation of Allergy and Airways Diseases Patients Associations*, 2004; Gallego *et al.*, 2009; Heudorf *et al.*, 2009, APA, 2010).

Na Tabela II são apresentados os principais agentes e respetivas fontes internas e externas que têm influência na QAI.

Tabela II - Principais agentes e respetivas fontes que afetam a QAI (Adaptado de EPA (2003; 2009), Martínez e Callejo (2006) e APA (2010)).

Agente	Fontes Interiores/Exteriores
Dióxido de Carbono (CO ₂)	<p><u>Interiores:</u> Processos metabólicos dos ocupantes e utilização de aquecedores e outros equipamentos, que impliquem combustão, em espaços com ventilação insuficiente;</p> <p><u>Exteriores:</u> Emissões provenientes de indústrias e do tráfego.</p>
Partículas suspensas no ar (PM _x)	<p><u>Interiores:</u> Fumo do tabaco, papel, carpetes, operações de limpeza, filtros de AVAC, resíduos de água, isolamentos de tubagens, tintas com chumbo, entradas de ar e uso de giz.</p> <p><u>Exteriores:</u> Solo, pólen, queima de madeira, carvão, óleo e petróleo, operações de construção e de demolição e deterioração de materiais.</p>
Microrganismos	<p><u>Interiores:</u> Água estagnada em sistemas AVAC, materiais húmidos, desumidificadores, condensadores das torres de arrefecimento, torres de refrigeração, instalações sanitárias sem ventilação adequada e pessoas infetadas.</p> <p><u>Exteriores:</u> Vegetação e flora microbiana ambiental.</p>

1.5. Tipos de Contaminantes do Ar Interior

Os contaminantes do ar interior podem integrar os agentes físicos, químicos e microbiológicos (Chan *et al.*, 2009). Os contaminantes físicos englobam os parâmetros do ambiente térmico (temperatura, humidade relativa e velocidade do ar). Os agentes químicos compreendem os gases, os vapores de compostos orgânicos, as partículas e os fumos, entre os quais se destacam: o dióxido de carbono, o monóxido de carbono, as partículas suspensas no ar, o rádio, o ozono, os compostos orgânicos voláteis e o formaldeído. Os microrganismos, nomeadamente, as bactérias e os fungos estão incluídos no grupo dos agentes biológicos.

É importante referir que a exposição a cada um dos contaminantes não é constante num determinado ambiente interior, uma vez que se altera em função de vários fatores, como é o caso da ventilação. A crescente preocupação em melhorar a qualidade do ar interior origina a alteração contínua da composição de materiais de construção e de decoração

interiores, provocando modificações na exposição dos ocupantes (Weschler *et al.*, 2009).

Serão abordadas de seguida, as características específicas de cada um dos agentes, bem como, os seus possíveis efeitos na saúde dos ocupantes.

1.5.1. Agentes Físicos

Os agentes físicos possuem uma elevada importância na QAI, uma vez que condicionam, a concentração de outros contaminantes, como é o caso dos biológicos. O aparecimento e a propagação de microrganismos em ambientes interiores dependem das condições térmicas dos espaços (APA, 2010).

Para além do impacto que possuem na QAI, os parâmetros físicos também influenciam diretamente o bem-estar e a saúde dos ocupantes. A sensação térmica de cada indivíduo é condicionada por diferentes variáveis, nomeadamente, o vestuário, o tipo de atividade desenvolvida, a idade, a fisiologia, o metabolismo, entre outros (EPA, 2009). Assim, a perceção de conforto térmico é bastante subjetiva, sendo que no mesmo ambiente interior é possível existirem pessoas extremamente satisfeitas e outras muito insatisfeitas. O conforto térmico foi definido pela *American National Standards Institute* (ANSI), pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) e pela ISO 7730:2005 como sendo “o estado de espírito que expressa conforto térmico”, traduzindo-se num bem-estar por parte dos ocupantes. Com base na definição da ASHRAE, assume-se existir conforto térmico num dado espaço quando, pelo menos, 80% dos seus ocupantes estão satisfeitos (Al-ajmi *et al.*, 2010; Cohen *et al.*, 2013). Ao nível da saúde, os agentes físicos também podem ter um efeito prejudicial. Por exemplo, quando existe uma grande percentagem de humidade relativa num ambiente interior, alguns mecanismos do corpo humano são dificultados, como por exemplo, a transpiração, o que evita a dissipação do calor para o ambiente exterior e, conseqüentemente, origina o aumento da temperatura interna (Hanking *et al.*, 2006).

As condições térmicas são importantes em qualquer ambiente mas, nas escolas, o ambiente térmico assume particular importância. O conforto térmico em edifícios escolares pode contribuir consideravelmente para melhorar o bem-estar, a atenção, a concentração e a aprendizagem. As alternativas que os alunos têm durante as aulas para

criarem um ambiente termicamente mais confortável são bastante limitadas, uma vez que os alunos permanecem sentados. Os estudantes apenas têm mais liberdade para colocarem em prática ações adaptativas durante os intervalos. Estes podem alterar o seu vestuário, abrir ou fechar janelas e ajustar os dispositivos de regulação de luz, com vista a tornar o ambiente interior termicamente mais agradável (Corgnati *et al.*, 2007).

Um estudo efetuado por Teli *et al.* (2012) concluiu que as crianças são mais sensíveis do que os adultos às temperaturas altas, sendo que preferem ambientes com temperaturas mais baixas. As hipóteses apresentadas para explicar este fato são as seguintes: as crianças têm uma taxa metabólica (por kg de peso corporal) mais elevada, comparativamente aos adultos; as ações adaptativas ao ambiente são limitadas em sala de aula; as crianças nem sempre possuem o vestuário adequado à sua sensação térmica; a percepção de conforto térmico das crianças pode ser influenciada pelas características dos seus ambientes familiares. Para além destes aspetos, os autores também consideraram importante ponderar que o horário escolar engloba intervalos, nos quais as crianças realizam atividades ao ar livre.

1.5.2. Agentes Químicos

Os poluentes químicos a que os ocupantes estão expostos em ambientes interiores sofrem alterações constantes, no que respeita à tipologia e à concentração. Para além dos poluentes químicos detetados isoladamente nos ambientes interiores é importante avaliar o efeito da mistura dos mesmos. A reação entre os poluentes interiores pode originar a alteração dos mesmos ou até a criação de novos compostos, que poderão ser mais nocivos do que os iniciais. O efeito de mistura é um fator muito importante no que respeita a agentes químicos (Bluyssen, 2009).

No âmbito da QAI, os contaminantes químicos cujos limites de referência estão estabelecidos em legislação, são: as partículas suspensas no ar, o monóxido de carbono, o dióxido de carbono, os compostos orgânicos voláteis, o formaldeído, o ozono e o rádio.

1.5.2.1. Partículas suspensas no ar (PM_x)

As partículas suspensas no ar são constituídas por muitas espécies químicas em concentrações variáveis, nomeadamente, compostos orgânicos de baixa volatilidade, ácidos inorgânicos e os seus sais, metais e água. Atualmente, estes poluentes são alvo de grande preocupação (Walgraeve *et al.*, 2010).

As partículas podem encontrar-se sob o estado líquido ou sólido e possuem um diâmetro aerodinâmico que varia entre 0,01 a 100 µm (Mateus *et al.*, 2013). As partículas grandes (> 2,5 µm) advêm principalmente de fenómenos mecânicos e as partículas finas (< 2,5 µm) e ultrafinas (< 0,1 µm) resultam de processos de combustão e são formadas através de reações químicas, a partir de precursores gasosos (Massey *et al.*, 2012). Na Figura II encontra-se a classificação do material particulado em função do seu diâmetro aerodinâmico.

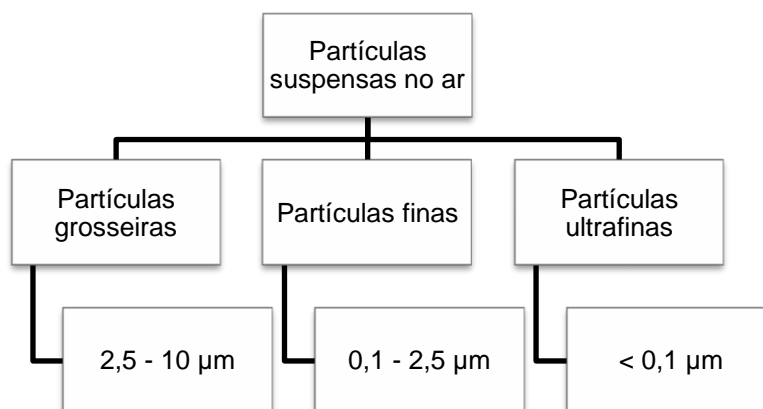


Figura II - Classificação das partículas suspensas no ar em função do seu diâmetro aerodinâmico (adaptado de Bernstein *et al.*, 2008)

O material particulado difere não só no seu tamanho (diâmetro aerodinâmico), conforme analisado anteriormente, mas também na sua composição, tempo de permanência na atmosfera, variabilidade temporal e espacial, mecanismos de formação, fontes e efeitos na saúde. O tamanho e a composição química das partículas determinam a gravidade dos efeitos causados na saúde humana (Massey *et al.*, 2012).

O principal efeito das partículas na saúde é causado ao nível do sistema respiratório. As partículas de maior diâmetro ficam retidas no trato respiratório, enquanto as de menor

dimensão, principalmente, as que possuem um diâmetro menor que 2,5 μm , podem atingir as vias aéreas inferiores do trato respiratório, como a traqueia, os brônquios, os bronquíolos e os alvéolos. Devido à difícil remoção das partículas nessas áreas, estas podem difundir-se para a corrente sanguínea, afetando outros órgãos, como os rins, o fígado e a medula óssea, onde são depois absorvidas (Sultan, 2007; Massey *et al.*, 2012).

Por sua vez, as partículas ultrafinas ($< 0,1 \mu\text{m}$) possuem a capacidade de transportarem grandes quantidades de substâncias tóxicas, como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e metais). Este material particulado ao depositar-se no trato respiratório pode originar doenças, como a asma (Bernstein *et al.*, 2008). O estudo de Simoni *et al.*, 2002 indica que existe uma correlação positiva entre a exposição a baixas concentrações de partículas e a existência de asma e bronquite, em pessoas adultas. Outros estudos indicam que a exposição a elevadas concentrações de partículas pode implicar uma diminuição entre um a dois anos na esperança média de vida (WHO, 2000).

A concentração de partículas no ambiente interior é influenciada principalmente pelos seguintes aspetos: taxa de ventilação do espaço, concentração interior e exterior de partículas e mecanismos de deposição e ressuspensão existentes (Massey *et al.*, 2012).

Existem vários estudos realizados em escolas, como os de Tran *et al.* (2012), Stranger *et al.* (2007) e Fromme *et al.* (2007) que concluíram que as crianças encontram-se expostas a elevadas concentrações de partículas. Estes resultados poderão ser explicados pelas seguintes razões: existência de ventilação insuficiente (principalmente no inverno); pouca frequência e baixo rigor na limpeza de superfícies; permanência de um elevado número de alunos, excedendo a capacidade da sala e originando a ressuspensão constante de partículas (Fromme *et al.*, 2008).

As partículas suspensas no ar interior podem originar ainda estragos em superfícies interiores, incluindo equipamentos elétricos e eletrónicos e obras de arte (Zhao *et al.*, 2007). Na perspetiva ambiental, as partículas possuem um contributo benéfico sob os processos climáticos, influenciando-os diretamente, através da absorção e da dispersão da radiação solar e indiretamente, pela formação de núcleos de condensação. No entanto, o material particulado quando presente em concentrações elevadas dificulta a visibilidade (Walgraeve *et al.*, 2010).

De acordo com Wishmann *et al.* (2010), as relações entre a concentração de partículas *indoor* e *outdoor* variam entre países, cidades e regiões, devido a vários fatores, nomeadamente, o clima, as características das construções, a atividade humana e os sistemas de ventilação e de aquecimento existentes.

1.5.2.2. Dióxido de Carbono (CO₂)

O dióxido de carbono (CO₂) é um gás incolor e inodoro. As fontes exteriores de dióxido de carbono estão relacionadas, principalmente, com a queima de combustíveis fósseis, como os derivados de petróleo. A maior fonte interior de CO₂ é o processo de respiração dos próprios ocupantes do espaço (EPA, 2009).

O CO₂ não é um contaminante químico muito grave. Os ocupantes, normalmente, só manifestam sintomatologia quando as concentrações excedem os 800 ppm (Martínez e Díaz, 2006). Entre os principais sintomas destacam-se: incomodidade, cansaço, dores de cabeça e problemas respiratórios. Para além dos sintomas referidos, a exposição a elevadas concentrações deste contaminante pode afetar negativamente o desempenho escolar dos alunos (Al-Rashidi *et al.*, 2012).

As consequências anteriormente descritas variam em função da duração e da dose de exposição ao contaminante. Os sintomas descritos agravam-se em crianças, uma vez que estas são mais sensíveis. Para além da maior suscetibilidade que as crianças em idade escolar apresentam, estas permanecem longos períodos no interior de salas de aula. Existem vários estudos que comprovam que é habitual as escolas possuírem sistemas de ventilação ineficazes, o que, por vezes, origina níveis de CO₂ em salas de aula superiores a 3000 ppm (Clements-Croome *et al.*, 2008; Bakó-Biró *et al.*, 2012). Daisy *et al.*, 2003 efetuou um estudo bibliográfico de 300 artigos publicados, relacionados com a qualidade do ar interior em escolas e concluiu que muitas salas de aula apresentam ventilação inadequada e esta foi considerada a principal causa de muitos sintomas apresentados pelos alunos.

O CO₂ é um parâmetro importante na QAI, não só por influenciar a saúde e o bem-estar dos ocupantes, mas também por ser um bom indicador acerca da eficácia dos sistemas de ventilação (Santamouris *et al.*, 2008).

1.5.2.3. Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

Um composto orgânico possui na sua constituição carbono e um ou mais dos seguintes elementos (exceto os óxidos de carbono, os carbonatos e os bicarbonatos inorgânicos): hidrogénio, halogéneo, oxigénio, enxofre, fósforo e silício ou azoto. Os compostos orgânicos voláteis (COVs) reúnem muitos tipos de compostos químicos, dos quais se destacam, os hidrocarbonetos alifáticos, aromáticos e clorados, os aldeídos, as cetonas, os éteres, os ácidos e os álcoois (Martinez e Callejo, 2006).

Os COV são poluentes que se distribuem ubiqüitariamente em ambientes interiores. Estes são caracterizados por terem um ponto de ebulição compreendido entre 50°C e 260°C, o que os torna bastante voláteis. Este intervalo foi estabelecido com base na gravidade dos efeitos que provocam na saúde humana e nos métodos de amostragem e de análise dos compostos (Wolkoff e Nielson, 2001).

As concentrações de COV no ar exterior são normalmente baixas ($< 100 \mu\text{m}^3$). Em ambientes *indoor*, os níveis destes poluentes são geralmente muito superiores, variando desde μm^3 a mg/m^3 (Martinez e Callejo, 2006; APA, 2010).

As principais fontes interiores destes poluentes estão associadas: aos materiais e produtos de construção, como as colas de madeira, aplicadas em fibras de média densidade (MDF); às tintas e vernizes; aos produtos de higiene, como, os perfumes, os cremes e os desodorizantes; aos materiais de decoração, como, os tapetes, as carpetes e os ambientadores; aos produtos de limpeza. Os COVs também podem ser emitidos por equipamentos elétricos e eletrónicos, dos quais se destacam, as fotocopiadoras e as impressoras. O fumo do tabaco é também uma fonte de COV, uma vez que é uma das principais fontes *indoor* de benzeno (Parra *et al.*, 2008; Quadros *et al.*, 2009; Yu *et al.*, 2009; Schlink *et al.*, 2010; Sarigiannis *et al.*, 2011).

Nos edifícios novos ou renovados regista-se uma emissão primária de COVs durante alguns meses após a sua construção/remodelação, devido à utilização de produtos que possuem estes compostos na sua constituição, como as tintas e os vernizes. Devido à sua grande volatilidade, estes compostos evaporam-se facilmente, sendo frequentemente inalados pelos ocupantes. Este fenómeno é responsável pelo “cheiro a novo” de um edifício. Para além da emissão primária podem ocorrer emissões secundárias de COVs,

motivadas, por exemplo, pelo envelhecimento dos materiais e dos produtos de construção. As emissões posteriores são significativamente inferiores às primárias. No entanto, tanto as emissões primárias como as secundárias, contribuem ativamente para a degradação da QAI (Wolkoff e Nielson, 2001; Martinez e Callejo, 2006). A emissão de COV varia em função das características dos materiais. O estudo desenvolvido por Huang *et al.* (2003) sugere que as emissões de COV são tanto maiores quando a espessura do material.

Tabela III - Principais COV e as suas fontes (adaptado de APA, 2010)

Compostos Orgânicos Voláteis	Fontes
Acetona	Tintas, revestimentos, acabamentos, solvente de tintas, diluidor e calafetagem.
Hidrocarbonetos alifáticos	Tintas, adesivos, gasolina, fontes de combustão, fotocopiadoras com processo líquido, carpetes, linóleo e componentes de calafetagem.
Hidrocarbonetos aromáticos	Fontes de combustão, tintas, adesivos, gasolina, linóleo e revestimento de paredes.
Solventes clorados	Artigos de limpeza ou de proteção de tapeçarias e carpetes, tintas, solventes de tintas, fluidos de correção e roupas limpas a seco.
Acetato de n-butil	Telha acústica do teto, linóleo e componentes de calafetagem.
Diclorobenzeno	Carpetes, cristais de naftalina e refrescante de ar.
4-fenil ciclohexano (4-PC)	Carpetes e tintas.
Terpenos	Desodorizantes, agentes de limpeza, polidores, tecido/decoração emoliente e cigarros.

Na Tabela III encontram-se apresentados vários tipos de COVs e as respetivas fontes. É importante considerar que as pessoas podem estar expostas a várias fontes, num mesmo local. Assim, os ocupantes podem estar expostos a vários COVs distintos (cerca de 50 a 300). Esta mistura de compostos químicos conduz ao aparecimento de queixas por parte dos ocupantes, motivadas pelos odores (Bernstein *et al.*, 2008).

A sintomatologia associada à exposição aos COV compreende cefaleias, irritação das vias aéreas superiores, cansaço, tosse e náuseas. Estes compostos atuam principalmente ao nível dos sistemas respiratório, circulatório e nervoso. Alguns compostos, como o formaldeído, podem ser cancerígenos (Gilbert *et al.*, 2008; Parra *et al.*, 2008; Yu *et al.*, 2009).

Em escolas, a presença destes compostos pode ser mais grave devido à maior suscetibilidade das crianças para poluentes ambientais. Sofuoglu *et al.* (2011) avaliou a concentração de COV em três escolas primárias e concluiu que o benzeno, o tolueno e o formaldeído foram os compostos mais abundantes. Segundo Pegas *et al.*, 2012, os níveis de COV detetados nas salas de aula, parecem ser maioritariamente influenciados por fontes internas existentes. As atividades de limpeza podem também contribuir para o aumento das concentrações interiores destes poluentes. A limpeza do pavimento com *mop* e a execução das atividades de higienização de manhã poderão estar associadas ao aumento das concentrações de alguns COV (Csobod *et al.*, 2010).

Cerca de 200 tipos de COV (álcoois, aldeídos, cetonas, terpenos, ésteres, aminas, compostos aromáticos e compostos com enxofre e azoto) têm vindo a ser relacionados com vários fungos. Os compostos orgânicos voláteis microbianos (COVm) são produzidos por espécies fúngicas e a sua presença tem sido associada a diversos sintomas, como tosse, dores de cabeça, tonturas, náuseas e irritação dos olhos, nariz e garganta (Bernstein *et al.*, 2008).

A emissão de COVm parece ser mais elevada antes e durante as fases de esporulação e de produção de micotoxinas. Em geral, as condições que propiciam o crescimento de fungos, também favorecem a produção de COVm. No entanto, as circunstâncias que beneficiam a produção de um composto volátil podem prejudicar a emissão de outro. Nenhum tipo de COVm parece ser um bom indicador da contaminação por fungos, uma

vez que alguns COVm são produzidos com mais frequência do que outros (Kuske *et al.*, 2005).

O estudo apresentado por Kim *et al.* (2007) indica que existe uma associação entre a asma e a exposição a COVm em escolas. Cerca de 10 a 15 compostos, nomeadamente, o 3 – octanona, o 2 – heptanona e o 2 – metil – 1 – butanol, estão relacionados com ataques noturnos de falta de ar.

1.5.2.4. Ozono (O₃)

O ozono (O₃) é um gás incolor, instável, oxidante e reativo. Este forma-se, naturalmente, na estratosfera pela ação da radiação ultravioleta. Quando presente na troposfera, em elevadas concentrações, o O₃ pode ser perigoso para a saúde (APA, 2010). O O₃ é uma substância química que confere proteção aos seres vivos, quando se encontra na estratosfera (uma vez que impede a radiação ultravioleta de atingir a superfície da Terra), mas quando presente na troposfera inferior, apresenta bastante risco para a saúde humana. A maior parte do ozono troposférico resulta de reações fotoquímicas que compreendem três fases: a foto ativação, a fotodecomposição e as reações em cadeia de radicais livres (Mudway *et al.*, 2000). As concentrações de ozono na troposfera variam entre 20 a 40 ppb, dependendo dos fatores sazonais e geográficos. As maiores concentrações de ozono troposférico são, normalmente, registadas no período de Verão, entre Maio e Setembro (Mudway *et al.*, 2000).

No interior dos edifícios também existem fontes de O₃, nomeadamente, os purificadores de ar, as fotocopiadoras e as impressoras. No entanto, a fonte com mais influência é o ar exterior. O ozono existente no interior dos espaços pode reagir com outras moléculas orgânicas presentes e dar origem a produtos altamente irritantes, tóxicos e potencialmente cancerígenos (Bernstein *et al.*, 2008; APA, 2010). Exemplos de substâncias suscetíveis de reagir com o O₃ são as contidas nos produtos domésticos, como os terpenos (limoneno, α -pineno, α -terpeneol, linalol, entre outros). Estas facilmente se libertam para o ar aquando da utilização dos produtos e uma vez combinadas com o ozono, podem dar origem a compostos perigosos, como o formaldeído (Kagi *et al.*, 2007; Weshler, 2009).

A sintomatologia associada à exposição ao ozono varia em função da dose e do tempo de exposição. Assim, para exposições a pequenas quantidades do contaminante, destacam-se as dores no peito, a tosse, a respiração acelerada e a irritação na garganta e nos olhos, como principais sintomas. O O₃ pode também provocar o agravamento de doenças crónicas, como a asma e dificultar os mecanismos imunitários para o combate de doenças respiratórias (APA, 2010).

1.5.2.5. Outros Contaminantes Químicos

Na Tabela IV apresentam-se outros agentes químicos não anteriormente referidos, bem como, as respetivas fontes e efeitos na saúde.

Tabela IV - Outros Agentes Químicos e respetivas fontes e efeitos na saúde.

Agentes Químicos	Principais Fontes	Principais Efeitos na Saúde
Monóxido de Carbono (CO)	<ul style="list-style-type: none"> • Processos de combustão (como, por exemplo, emissões de veículos, lareiras, fornos, aquecedores, fogões a gás e fumo de tabaco). <p>(Prockop <i>et al.</i>, 2007; APA, 2010; EPA, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dor de cabeça; • Náuseas; • Tonturas; • Falta de ar; • Fadiga; • Morte (em casos mais graves). <p>(WHO, 2000; Chaloulakou <i>et al.</i>, 2002; Mandal <i>et al.</i>, 2011; Dix-Cooper <i>et al.</i>, 2012)</p>
Formaldeído	<ul style="list-style-type: none"> • Materiais de decoração; • Materiais de construção (como tintas e vernizes); • Processos de combustão; • Painéis de fibras de média densidade (MDF); • Tabagismo; • Produtos de limpeza e higiene. <p>(Sakai <i>et al.</i>, 2004; Gilbert <i>et al.</i>, 2008; An <i>et al.</i>, 2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dor de cabeça; • Irritação dos olhos e das vias aéreas superiores; • Vertigens; • Problemas de memória e de concentração; • Fadiga; • Náuseas; • Alterações degenerativas e inflamatórias e hiperplasia nasal, cancro da cavidade nasal, entre outras doenças (em casos de exposição prolongada ao formol). <p>(Institute for Health and Consumer Protection, 2005; Gilbert <i>et al.</i>, 2008; APA, 2010)</p>
Rádion (Rn)	<ul style="list-style-type: none"> • Solo (sendo que a sua concentração no interior dos edifícios depende das características da construção e da ocupação). <p>(Chen <i>et al.</i>, 2010; Jelle, 2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cancro de pulmão. <p>(Celik <i>et al.</i>, 2008; Veloso <i>et al.</i>, 2012)</p>

O rádio e o formaldeído têm vindo a ser estudados em estabelecimentos escolares. Yang *et al.* (2009) avaliou a QAI de escolas com diferentes datas de construção. Os resultados do estudo indicam que escolas construídas há menos de um ano parecem apresentar uma maior concentração de formaldeído. Estes níveis elevados do poluente serão provenientes de fontes internas dos edifícios escolares, nomeadamente, móveis de chumbo e MDF. Também Brown *et al.* (2002) concluiu que a concentração de formaldeído é maior em edifícios mais recentes.

A problemática da exposição ao formaldeído em escolas revela ser mais importante se considerarmos, como já foi referido anteriormente, que as crianças são um grupo etário mais sensível a este poluente (Institute for Health and Consumer Protection, 2005). Para além da possibilidade de desenvolverem sintomatologia semelhante aos adultos, vários estudos têm vindo a associar a asma, como consequência da exposição das crianças ao agente químico. Alguns estudos provaram existir associação entre a exposição ao poluente e a doença. No estudo desenvolvido por Raaschou-Nielson *et al.* (2010), não foi encontrada qualquer relação entre as duas variáveis. O motivo que poderá estar na base da controvérsia é a temporalidade dos estudos, uma vez que foram efetuados em épocas diferentes. Os estudos que não provaram a existência de correlação positiva entre as variáveis poderão ter avaliado o fenómeno apenas a curto-prazo (Roda *et al.*, 2013).

O rádio encontra-se no solo e a sua concentração no interior dos edifícios depende das características da construção e da ocupação. Os principais aspetos da edificação que influenciam os níveis de rádio no ambiente interior são os materiais de construção, a permeabilidade da estrutura, o número e o tamanho das divisões do edifício, os sistemas de ventilação, entre outros. A existência de fissuras no pavimento ou nas paredes do piso abaixo do plano de referência possibilita a infiltração do contaminante no interior. No que respeita às características dos ocupantes, destacam-se o número de ocupantes, as suas atividades e o tempo de permanência no interior do espaço, como principais fatores condicionantes (Espinosa *et al.*, 2009; Jelle, 2012).

As concentrações de rádio no interior dos edifícios variam de país para país e dentro do mesmo país diferem entre regiões. As concentrações mais elevadas de rádio (108 – 140 Bq/m³) foram registadas na Suécia, em Luxemburgo, na Albânia, na Estónia, na Finlândia e na República Checa. Os níveis mais baixos foram detetados no Chipre e na

Holanda (7 – 23 Bq/m³). No entanto, em alguns países com níveis médios mais baixos, foram detetadas concentrações superiores a 10000 Bq/m³, em alguns locais. Assim, o conhecimento das concentrações médias de um país ou região não é suficiente para prever o nível de Rn existente num determinado local (Fernandes et al., 2004). A elevada concentração de rádio em algumas regiões está associada à maior riqueza de urânio nos solos desses locais (Jelle, 2012). A zona norte de Portugal apresenta elevadas concentrações de rádio em alguns distritos (Velooso et al., 2012).

Existem vários estudos desenvolvidos em escolas, como o de Venoso *et al.*(2009) e de Vaupotič *et al.*(2005), que concluem que existem estabelecimentos escolares cujo nível de rádio ultrapassa o valor máximo admissível. A exposição das crianças ao rádio é preocupante, uma vez que estas constituem um grupo de risco (Pacheco-Torgal, 2012).

1.5.3. Agentes Biológicos

Os poluentes de origem biológica que se encontram em suspensão no ar, sob a forma de partículas, são vulgarmente designados por bioaerossóis. Estes têm um diâmetro aerodinâmico que varia entre 0,5 e 100 µm. Os bioaerossóis podem conter células bacterianas e fúngicas, fragmentos celulares e subprodutos do metabolismo microbiano. Os bioaerossóis podem ser viáveis ou inviáveis. Enquanto os bioaerossóis inviáveis podem ter diversas dimensões, os viáveis possuem um tamanho que varia entre 1 a 10 µm. O ar interior contém uma complexa mistura de bioaerossóis, tais como fungos, bactérias e alérgenos e partículas não biológicas como, por exemplo, as provenientes do fumo de tabaco. É possível que os agentes biológicos sejam veiculados por meio do material particulado não biológico. Por exemplo, os alérgenos produzidos por fungos conseguem penetrar mais profundamente no sistema respiratório quando estão agregados a partículas finas e ultrafinas não biológicas. Quando inalados, estes agentes causam danos mais graves do que causariam se fossem veiculados através dos esporos dos fungos (Patuszka *et al.*, 2000; Kalogerakis *et al.*, 2005).

Os principais fatores que favorecem o crescimento de microrganismos em ambientes interiores são: teor de humidade elevado, ventilação reduzida, disponibilidade de nutrientes, temperatura adequada e existência de fontes de contaminação interiores (como, por exemplo, os sistemas AVAC que incluem a condensação de água ou

englobam água no seu funcionamento, os materiais de construção e de decoração, as infiltrações de água e os ocupantes do espaço) e fontes de contaminação exteriores (APA, 2010).

A exposição dos ocupantes a contaminantes biológicos pode desencadear processos alérgicos (como, a asma e as rinites), processos infecciosos (nomeadamente, a pneumonia, a tuberculose e a doença do Legionário) e reações de hipersensibilidade. Estas consequências são mais graves em indivíduos de risco, como as crianças e as pessoas que têm o sistema imunitário fragilizado (APA, 2010; Cann *et al.*, 2011).

Existem documentos publicados sobre os agentes biológicos que têm como objetivo fornecer informações sobre a prevenção e o controlo em ambientes interiores. São exemplos, as publicações: “Mold Remediation in Schools and Commercial Buildings” da EPA (2001) e “WHO Guidelines for Indoor Air Quality – Dampness and Mold” da WHO (2009).

1.5.3.1. Bactérias

A principal fonte de bactérias no interior dos edifícios são os ocupantes, sendo que a maioria das bactérias interiores são provenientes da pele e do trato respiratório humano. As bactérias que geralmente dominam os ambientes *indoor* são as Gram positivas, que são comensais humanas e, normalmente, não apresentam perigo grave para a saúde. As bactérias Gram negativas, como *Pseudomonas spp.*, *Enterobacteriaceas* e *Legionella pneumophila* são, de um modo geral, patogénicas para o Homem e raras em ambientes interiores (APA, 2010).

A concentração de bactérias viáveis totais em ambientes interiores varia entre 10^1 e 10^3 UFC/m³. Estes níveis, provavelmente, representam o grau de ocupação do edifício e a eficácia dos sistemas de ventilação (WHO, 2009).

Poucos estudos têm investigado o crescimento de bactérias em ambientes interiores húmidos. Os que se encontram publicados sugerem que as bactérias crescem nos mesmos ambientes que os fungos (WHO, 2009).

A exposição a bactérias pode desencadear a seguinte sintomatologia nos ocupantes: infeções, irritação das membranas mucosas, pneumonia de hipersensibilidade e reações imunológicas. As infeções respiratórias podem confinar-se ao trato respiratório superior

ou inferior. Estas doenças são na maioria das vezes leves, transitórias e auto-limitantes, o que faz com que as pessoas infetadas muitas vezes ignorem a doença. No entanto, as doenças respiratórias são uma causa importante de morbidade e mortalidade em todo o mundo (EPA, 2009; Nweze *et al.*, 2012).

⇒ **Endotoxinas**

As endotoxinas são lipopolissacarídeos (LPS) que constituem cerca de 1 a 10% da camada externa da membrana celular, da maioria das bactérias Gram negativas. Estas moléculas conferem um importante fator de virulência bacteriana (Liu, 2002; Hodgson, 2006). Na figura III encontram-se representados os componentes das endotoxinas.

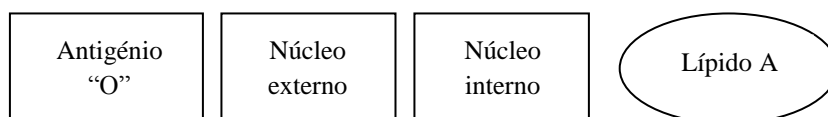


Figura III - Esquema dos componentes da endotoxina (adaptado de Hodgson, 2006)

O lípido A é a estrutura com menor variabilidade nas endotoxinas, isto é, a maioria das bactérias possui esta região polissacarídea bastante idêntica. Este componente é responsável pelos efeitos tóxicos das endotoxinas. No que respeita ao antigénio O, a organização deste varia conforme a espécie bacteriana. As diferenças no antigénio O são o fator que confere resistência a cada uma das espécies. Esta estrutura é essencial na resposta imunitária e na formação de anticorpos após infeção (Binding, 2003).

A exposição esporádica a endotoxinas induz respostas inflamatórias no organismo, das quais podem resultar sintomas como, febre, calafrios e asma grave. No caso de existir exposição prolongada a este contaminante biológico, o indivíduo pode desenvolver doenças pulmonares obstrutivas crónicas (Liao *et al.*, 2010).

Vários estudos têm associado a exposição a endotoxinas com doenças como a sensibilização atópica e a asma (Gereda *et al.*, 2001). No entanto, no que respeita aos efeitos na saúde das crianças resultantes da exposição a endotoxinas, os resultados tornam-se contraditórios. Alguns estudos indicam que, em todas as idades, há um agravamento dos sintomas respiratórios, principalmente, nas crianças asmáticas. Outros estudos sugerem que a exposição a endotoxinas, na infância, poderá ter um carácter protetor de doenças como a asma e a sensibilização atópica (Liu, 2002; Tavernier *et al.*, 2006).

1.5.3.2. Fungos

A temperatura ideal para o desenvolvimento de fungos varia consoante o género e a espécie, numa gama compreendida entre 18 °C e 32 °C. (Bush *et al.*, 2001).

A proliferação de fungos em ambientes interiores, para além de apresentar um perigo para a saúde dos ocupantes, também é um indicador de que as condições de humidade relativa podem proporcionar a proliferação de outros agentes biológicos (Franchi *et al.*, 2004).

O ambiente exterior é a principal fonte de fungos *indoor*. O clima é responsável não só pela variação do número e do tipo de fungos do ar exterior, mas também do ar interior. No entanto, existem outros fatores que influenciam a concentração de fungos no interior, nomeadamente, as condições de higiene dos espaços, a ocupação, a humidade, a ventilação e a temperatura. Santos (2010) detetou maiores concentrações de fungos em jardins-de-infância com problemas de infiltrações. Em edifícios saudáveis, a concentração de fungos *indoor* é inferior à *outdoor*. As espécies fúngicas mais encontradas em ambientes interiores são *Cladosporium spp*, *Penicillium spp*, *Alternaria spp* e *Aspergillus spp* (Cabral, 2010; Medrela-Kuder, 2003; Franchi *et al.*, 2004; Santour *et al.*, 2009; Karbowska-Berent *et al.*, 2011).

A existência de fungos em ambientes *indoor* é facilmente detetada pelos ocupantes, através do odor. A exposição a estes agentes biológicos pode originar os seguintes sintomas: dores de cabeça, dificuldade a respirar, irritação da pele, reações alérgicas e o agravamento da asma (EPA, 2001).

Alguns estudos indicam que há uma relação entre a exposição a concentrações atmosféricas de fungos e a existência de sintomas do trato respiratório superior, o que indica que os indivíduos podem manifestar sintomatologia mesmo quando expostos a baixas concentrações (Chao *et al.*, 2003).

A extensão da exposição a fungos pode ser mais elevada do que a estimada através da amostragem de esporos presentes no ar, uma vez que só uma parte desse material microbiano é cultivável (Huttunen *et al.*, 2008).

⇒ **Alergêneos produzidos por fungos**

Existem muitos fungos, nomeadamente, os dos géneros *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.* e *Cladosporium spp.* que produzem importantes alergénios do tipo I, dos quais se destacam: Cla h I (*Cladosporium herbarum*), Alta I e Alta II (*Alternaria alternata*) e Asp f I e Asp f II (*Aspergillus fumigatus*) (WHO, 2009).

A exposição a alergénios interiores é o maior fator potenciador de asma infantil, principalmente, durante os três primeiros anos de idade. Esta doença é a principal causa de absentismo em crianças em idade escolar. Para além disso, a asma pode também afetar o desempenho escolar e a capacidade da criança participar em algumas atividades (Carrer *et al.*, 2001; Salo *et al.*, 2009).

As salas de aula das creches e das escolas primárias são constituídas por diversos materiais suscetíveis de acumular alergénios, como, almofadas, brinquedos e peluches. Tendo em conta que as crianças mais novas são mais sensíveis aos alergêneos, estas poderão estar bastante expostas (Salo *et al.*, 2009).

⇒ **Micotoxinas**

Alguns fungos produzem micotoxinas, como subprodutos secundários do seu metabolismo. Estes metabolitos são, geralmente, de baixo peso molecular e as suas estruturas químicas e propriedades físicas são bastante diversificadas. Muitos tipos de micotoxinas são citotóxicas, sendo que provocam a rutura de estruturas, como membranas celulares e interferem ao nível da síntese proteica, de RNA e DNA (Berek *et al.*, 2001; Speijers e Speijers, 2004).

As micotoxinas com maior importância para a saúde pública são: aflotoxinas, ocratoxinas, tricotecenos, zearalenona e fumonisinas. Nos seres humanos, as micotoxinas podem causar surtos de infeções agudas e em casos mais graves, o cancro. A OMS classificou as aflotoxinas como carcinogénicas e as ocratoxinas e as fumonisinas como possíveis cancerígenas. Os tricotecenos e a zearalenona foram designados como não cancerígenos. Ao longo do tempo e com o avanço da investigação, a importância das micotoxinas para a saúde humana é cada vez mais reconhecida. Alguns fungos do género *Stachybotrys*, considerados não patogénicos, têm

sido bastante estudados, devido à elevada toxicidade das toxinas produzidas. Estas toxinas têm sido associadas a casos de mortalidade infantil (Hussein e Brasel, 2001; Sherif *et al.*, 2009).

A produção de micotoxinas depende de vários fatores ambientais, como a humidade, a temperatura, a disponibilidade de oxigénio e o tipo de substrato presente. No entanto, uma vez produzidas, as micotoxinas são estáveis e não são afetadas pelas condições variáveis do ambiente (Meerdink, 2002).

As micotoxinas podem interagir entre si, provocando alterações ao nível das células e da toxicidade. Os efeitos tóxicos combinados de micotoxinas ainda não são muito conhecidos, particularmente, no que respeita aos tricotecenos. A maioria dos dados disponíveis está relacionada com a ocratoxina (OTA) (Speijers e Speijers, 2004).

1.6. Síndrome do Edifício Doente

O Síndrome do Edifício Doente (SED) é um termo utilizado para descrever situações em que os ocupantes manifestam sintomatologia que parece estar relacionada com a permanência no interior de um determinado edifício, não possuindo causa específica. Os ocupantes podem apresentar sintomas, relativos a uma determinada área do edifício ou em todo este (Fernandes *et al.*, 2004).

Segundo a EPA (1991), os indicadores do SED são:

- Manifestação de sintomas, por parte dos ocupantes, tais como: dor de cabeça, irritação nos olhos, nariz ou garganta, tosse seca, pele seca ou com comichão, tonturas, náuseas, dificuldade de concentração, fadiga e sensibilidade aos cheiros;
- Desconhecimento acerca da causa dos sintomas;
- Desaparecimento da sintomatologia na maior parte dos ocupantes, após a saída do edifício.

O SED é descrito nos Estados Unidos como sendo “um grupo de sintomas de etiologia obscura”. De fato, a etiologia multifatorial do SED continua a ser um desafio para os investigadores, uma vez que os fatores exatos que estão na origem do fenómeno são ainda desconhecidos. As causas que têm vindo a ser reconhecidas como possíveis

condicionantes do SED são os agentes químicos e biológicos, as condições térmicas e os fatores psicossociais. Nos Estados Unidos foi efetuado um estudo acerca do SED, designado por “*Whitehall II*”. O público-alvo deste foram os funcionários públicos de 44 edifícios. Os resultados sugerem que os fatores psicossociais têm uma maior influência na prevalência de sintomas, do que os aspetos relacionados com a QAI. As causas psicossociais que revelaram ter mais importância foram: o sexo, a posição na organização e o tipo de tarefas exercidas. No que respeita aos fatores da QAI destacam-se a elevada concentração de partículas suspensas no ar, a ventilação insuficiente, a temperatura e a iluminação desadequadas, a falta de manutenção dos sistemas de AVAC e a higienização insuficiente dos espaços (Marmot *et al.*, 2006; Takigawa *et al.*, 2009; Crook e Burton, 2010; Sahlberg *et al.*, 2013).

Os sintomas característicos do SED são: irritação das mucosas, nariz e garganta, pele seca, dores de cabeça e fadiga. No entanto, a sintomatologia referida pode ser comum a muitas doenças. O fator que a incorpora no SED é a relação temporal com o trabalho ou com a ocupação de um determinado edifício. Assim, a maior parte dos sintomas desaparecem depois dos ocupantes abandonarem o edifício (Kawamura *et al.*, 2006; Crook e Burton, 2010; Sahlberg *et al.*, 2013). A sintomatologia associada ao SED é subjetiva, isto é, podem existir indivíduos com muitos sintomas e outros que não manifestem qualquer tipo de sintomatologia, quando presentes no interior do mesmo edifício. Esta subjetividade é motivada pelas diferentes sensibilidades dos ocupantes às condições do ambiente interno (Wang *et al.*, 2008). As consequências provenientes do SED podem afetar a satisfação no trabalho, o *stress* e a produtividade dos trabalhadores (Norhidayah *et al.*, 2013).

Segundo a WHO (2009), os grupos etários que manifestam mais sintomas associados ao ambiente interior são: as crianças, os idosos e os doentes crónicos. Na figura IV apresenta-se o número de mortes de crianças (menores de 5 anos), devido a doenças respiratórias causadas pela QAI. As regiões com maior número de mortes registadas foram a do Sudeste Asiático (SEAR) e a África (AFR). A América (AMR) e a Europa (EUR) foram os locais onde morreram menos crianças vítimas de doenças respiratórias. No leste do Mediterrâneo (EMR) e na zona ocidental do Pacífico registou-se um número de mortes intermédio, comparativamente às regiões já referidas.

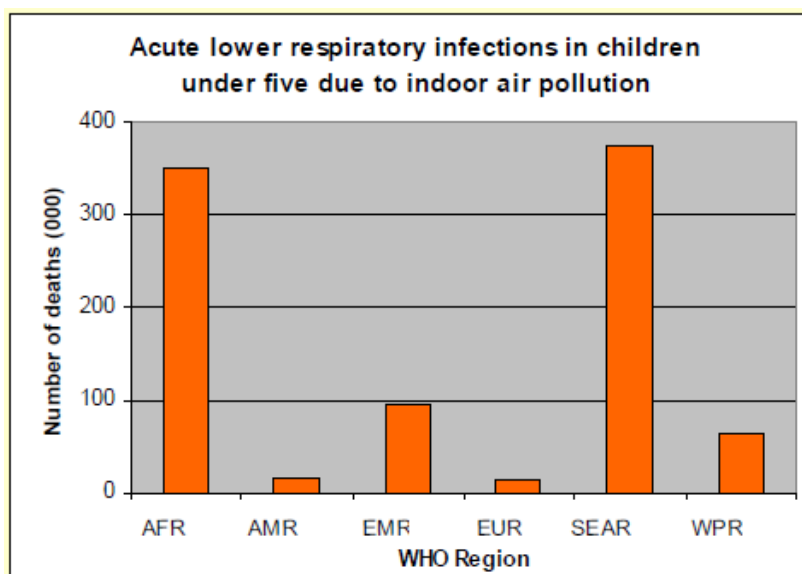


Figura IV - Número de mortes por infeções respiratórias, causadas pela QAI, em crianças menores de 5 anos (por região) (adaptado de WHO (2011))

As escolas são um dos ambientes mais importantes para as crianças, uma vez que é no contexto escolar que permanecem uma grande percentagem do seu tempo. Não existem evidências suficientes para afirmar que a QAI dos edifícios escolares afeta a saúde das crianças. No entanto, diversos estudos publicados demonstram uma associação entre a exposição a contaminantes interiores e a saúde das crianças em idade escolar (Zhang *et al.*, 2011). Os resultados do estudo de Meyer *et al.* (2004), realizado em escolas dinamarquesas, indicam que existe uma relação entre os sintomas apresentados pelos alunos e a concentração de fungos no interior dos espaços. No entanto, o estudo de Saijo *et al.* (2010) sugere que os sintomas apresentados pelos alunos, relativamente à QAI, podem ter outras causas como, por exemplo, os hábitos alimentares. A alimentação saudável parece contribuir para a diminuição dos sintomas apresentados pelos alunos.

1.7. A higienização e a QAI

Segundo Eikmann and Herr (2005), uma das causas da má QAI das escolas é a limpeza inadequada dos espaços. As falhas nos processos de higienização poderão ser motivadas pela ausência de formação das funcionárias e pela falta de financiamento para reforçar os recursos humanos das escolas. Esta situação poderá ser agravada pela constante tendência de redução de despesas, por parte do Estado.

Em 2000, a *Umwertbundesamtes* (UBA) publicou um documento intitulado “*Guidelines For Indoor Air Hygiene in School Buildings*”. Este teve como objetivo alertar para os problemas de higiene das escolas e fornecer recomendações, com vista a melhorar a QAI. No entanto, as obras de remodelação efetuadas, posteriormente, em edifícios escolares introduziram novos poluentes no ambiente interior. Assim, em 2008, a UBA teve necessidade de efetuar uma atualização das suas orientações, com o objetivo de se adaptar à nova realidade escolar. O novo documento tem como objetivo informar acerca dos principais aspetos a ter em conta nos processos de remodelação dos recintos escolares e fornecer orientações específicas acerca dos planos de higiene dos novos edifícios.

O documento orientador da UBA (2008) foi elaborado com base na Norma alemã DIN 77400 “*Cleaning Services – School Buildings – Requirements for the cleaning*”. Este fornece orientações específicas acerca da periodicidade da higienização nas escolas (de acordo com a utilização de cada área) e dos produtos químicos a utilizar nas operações de limpeza e de desinfeção, entre outros.

As operações de higienização são atividades que podem influenciar a QAI dos espaços, devido aos agentes químicos e equipamentos utilizados e à eficácia do próprio processo (Gallego *et al.*, 2009). Csobod *et al.* (2010), concluiu que a limpeza das salas de aula quando efetuada de manhã, parece induzir um aumento da concentração de xilenos, formaldeído e BTEX totais no interior dos espaços. Segundo o autor, os próprios materiais e produtos utilizados na higienização dos espaços são importantes. A utilização de vassoura na limpeza do pavimento parece estar associada ao aumento da concentração de dióxido de azoto (NO₂) e a utilização de *mop* com um agente branqueador pode contribuir para o aumento das concentrações interiores de tolueno e BTEX totais.

De acordo com UBA (2008), é possível alcançar o pleno estado de higiene das salas de aula, se estes espaços forem limpos regularmente e de forma adequada. No entanto, a entidade adverte que, os processos de limpeza são indispensáveis para garantir uma boa QAI, mas não são suficientes, uma vez que é importante controlar a emissão dos poluentes interiores e assegurar a correta ventilação dos espaços.

O impacto que as más práticas de higiene podem ter na QAI de escolas ainda não está muito documentado. Perry *et al.* (2008), concluiu que a limpeza regular dos espaços com produtos de hipoclorito de sódio, permite reduzir significativamente a concentração de fungos interiores. No entanto, é necessário continuar com a investigação neste âmbito, para se compreender melhor a influência da higienização na QAI.

1.8. Enquadramento legal

A importância da poluição do ar foi reconhecida em 1987, na Lei n.º 11/87 de 7 de Abril (Lei de Bases do Ambiente). No entanto, a legislação sobre QAI só surgiu em 2006, sendo relativamente recente.

Os diplomas que regulamentam a QAI são os seguintes:

- Decreto-lei n.º 78/2006 de 4 de Abril – Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios;
- Decreto-lei n.º 79/2006 de 4 de Abril - Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios;
- Decreto-lei n.º 80/2006 de 4 de Abril – Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.

Os Decretos-lei supracitados transpuseram parcialmente para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

A nível internacional existem orientações relativas à QAI de várias entidades, nomeadamente: da EPA (*Environmental Protection Agency*), da IAQA (*Indoor Air Quality Association*), da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) e da WHO (*World Health Organization*).

Capítulo II – MÉTODOS

2.1. Seleção e Caracterização da Amostra

O presente estudo foi desenvolvido num agrupamento de escolas localizado no concelho de Gondomar. Este agrupamento foi selecionado por conveniência, devido à sua localização, bem como, recetividade e disponibilidade para a realização deste estudo. A investigação foi direcionada exclusivamente para as quatro escolas básicas de 1.º ciclo que constituem o agrupamento.

Os estabelecimentos escolares onde se desenvolveu o estudo apresentavam características diferentes, nomeadamente, em termos de dimensão, ano de construção e estado de conservação. A caracterização geral de cada edifício escolar encontra-se no Capítulo III. Apesar das escolas serem constituídas por várias salas, apenas se avaliaram duas salas por estabelecimento. Esta seleção teve em conta a localização e as características das mesmas.

De forma a caracterizar-se os edifícios utilizou-se a *checklist* que consta no Anexo I, a qual foi desenvolvida para o efeito. O preenchimento desta baseou-se na observação geral do edifício, abordando vários aspetos como: a localização, as características estruturais, os sistemas de ventilação e de iluminação, as possíveis fontes de contaminação interiores e as operações de higienização (no que respeita à periodicidade, ao horário habitual e aos produtos utilizados).

Em simultâneo com a análise de QAI das salas de aula, caracterizou-se cada um dos espaços avaliados, por meio da ficha de registo do Anexo II. Este documento baseou-se em aspetos específicos, como, o número de ocupantes presentes, a ventilação, a iluminação, a área do espaço, os revestimentos das superfícies e do pavimento e os equipamentos existentes. Os resultados obtidos nas medições dos parâmetros químicos, físicos e biológicos foram registados na ficha do Anexo III.

2.2. Avaliação de QAI

A metodologia para avaliação dos parâmetros ambientais foi efetuada de acordo com os seguintes documentos:

- Agência para a Energia (2009). Nota Técnica SCE-02. Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE. Certificação Energética e Ar Interior – Edifícios.
- Ambiente, A. P. (2010). Qualidade do Ar em Espaços Interiores – Um Guia Técnico. Agência Portuguesa do Ambiente. Amadora.
- NIOSH (1998). Bioaerossol sampling (Indoor Air). Method 0800. Issue 1.
- Environmental Protection Agency (2009). Indoor Air Quality Tools for Schools – Reference Guide. Indoor Air Quality.
- ISO 7726: 1998. Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities. International Organization for Standard.
- ISO 7730: 2005. Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Organization for Standard.

2.2.1. Datas das Avaliações

Na Tabela V apresentam-se as datas em que foram efetuadas as avaliações de QAI nos quatro estabelecimentos de ensino.

Tabela V - Datas das avaliações efetuadas.

Etapas	Estabelecimentos de Ensino	Datas
1	1	27/12/2013
	2	27/12/2013
	3	27/12/2013
	4	20/12/2013
2	1	17/01/2013
	2	21/01/2013
	3	22/01/2013
	4	23/01/2013
3	1	20/02/2013
	2	21/02/2013
	3	22/02/2013
	4	25/02/2013
4	1	20/04/2013
	4	23/04/2013
	4	30/04/2013

2.2.2. Parâmetros Ambientais Analisados

No presente estudo, os parâmetros ambientais analisados foram:

- Dióxido de Carbono (CO₂);
- Monóxido de Carbono (CO);
- Temperatura;
- Humidade relativa;
- Velocidade do ar;
- Partículas suspensas no ar (PM₁₀);
- Bactérias mesófilas totais;
- Fungos.

2.2.3. Pontos de Amostragem

As amostragens foram efetuadas no interior das salas de aula, conforme a indicação presente no *layout* de cada espaço avaliado (Anexo IV). A seleção destes pontos teve em consideração a localização de portas e janelas, bem como, de possíveis fontes de contaminação interior. Para além disso, procurou-se minimizar o distúrbio causado pelas avaliações, em contexto de aula, de forma a reproduzirem-se resultados representativos das situações reais. Também foram realizadas medições no exterior, junto à entrada de ar mais próxima dos espaços avaliados.

2.2.4. Medição de Agentes Físicos

Os agentes físicos avaliados foram a temperatura, a humidade relativa e a velocidade do ar. Na medição destes parâmetros, os equipamentos utilizados foram os seguintes: o IAQ-Calc 8760 (TSI) para a medição da temperatura e da humidade relativa do ar e o VelociCalc 8345 (TSI) para a avaliação da velocidade do ar.

A medição da temperatura e da humidade relativa foi realizada a uma altura de $1,5 \pm 0,5$ m acima do pavimento e a uma distância mínima de 0,5 m de paredes. Nesta foi utilizado um período de estabilização de 10 minutos e a medição decorreu durante 20 minutos. A medição de velocidade do ar foi efetuada a três níveis (cabeça, abdómen e tornozelos), sendo que o tempo de medição a cada nível foi de 5 minutos, registando-se os valores de 10 em 10 segundos.

2.2.5. Amostragem de Agentes Químicos

Os agentes químicos analisados foram o dióxido de carbono (CO_2), o monóxido de carbono (CO) e as partículas suspensas no ar (PM_{10}).

Os equipamentos utilizados foram os seguintes: IAQ-Calc 8760 (TSI) para a avaliação de CO e CO_2 e DustTrak 8520 (TSI) para a medição de partículas. Para ambos os equipamentos, utilizaram-se os períodos de estabilização de 10 minutos e de medição de 20 minutos. As avaliações realizaram-se a uma altura de $1,5 \pm 0,5$ m acima do pavimento e a uma distância de, pelo menos, 0,5 m de paredes.

2.2.6. Amostragem de Agentes Biológicos

Os agentes biológicos estudados foram as bactérias mesófilas totais e os fungos. O equipamento utilizado na amostragem foi o MAS-100 da Merck. Este foi regulado para diferentes volumes de ar, em função da contaminação percebida nos locais. Em geral, utilizaram-se volumes de 100 litros e de 250 litros para as salas de aula e de 250 litros e de 500 litros, para o exterior.

No que respeita aos meios de cultura, utilizou-se o *malt extract agar* (MEA) para os fungos e o *tripticase soy agar* (TSA) para as bactérias mesófilas totais.

2.2.7. Análise Laboratorial

A avaliação de agentes biológicos englobou uma etapa de análise laboratorial. As placas de amostragem de MMT e de fungos foram transportadas para o laboratório, em mala térmica e colocadas a incubar a 37°C e a 25°C, respetivamente.

Os períodos de incubação foram 5 dias para os fungos e 2 dias para as bactérias mesófilas totais. Após a incubação, procedeu-se à contagem das colónias existentes nas placas.

2.2.8. Critérios de Avaliação de QAI

Os resultados obtidos nas análises de QAI foram comparados com os valores máximos legalmente impostos. Na Tabela VI apresentam-se esses valores para cada parâmetro avaliado, constantes nos artigos 4º e 29º e no Anexo VII do Decreto-lei nº 79/2006 de 4 de Abril, no artigo 14º do Decreto-lei nº 80/2006 de 4 de Abril e no Anexo II da Nota Técnica NT-SCE-02 de Abril de 2009.

Tabela VI - Valores máximos de referência para cada parâmetro avaliado e respetivo enquadramento legal.

Parâmetro	Valor Máximo de Referência	Enquadramento Legal
Partículas suspensas no ar (PM ₁₀)	0,15 mg/m ³	Anexo II da Nota Técnica NT-SCE-02
Dióxido de Carbono (CO ₂)	984 ppm	Anexo II da Nota Técnica NT-SCE-02
Monóxido de Carbono (CO)	10,7 ppm	Anexo II da Nota Técnica NT-SCE-02
Temperatura	20°C (para a estação de aquecimento) 25°C (para a estação de arrefecimento)	Alínea a) do artigo 14.º do Decreto-lei n.º 80/2006
Humidade	50% (para a estação de arrefecimento)	Alínea a) do artigo 14.º do Decreto-lei n.º 80/2006
Velocidade do Ar	< 0,2 m/s	Artigo 4.º do Decreto-lei n.º 79/2006
Microrganismos mesófilos totais (MMT)	500 UFC/m ³	Alínea b) do número 8 do artigo 29.º do Decreto-lei n.º 79/2006
Fungos	500 UFC/m ³	Alínea b) do número 8 do artigo 29.º do Decreto-lei n.º 79/2006

2.2.9. Análise e Tratamento dos Resultados

Os valores dos parâmetros físicos e químicos foram transferidos diretamente dos equipamentos para o computador através dos seguintes *softwares*: TrakPro (utilizado para o DustTrak 8520) e LogDat2 (correspondente ao IAQ-Calc 8760). Posteriormente, de forma a efetuar-se a análise descritiva dos resultados, utilizou-se o *software Microsoft Excel*.

No que respeita aos agentes biológicos, os valores das contagens de colónias efetuadas em laboratório foram convertidos em UFC/m³, tendo em conta o critério de correção do equipamento MAS-100 (Merck).

2.3. Fases de Avaliação de QAI

A primeira fase de análise de QAI teve como principal finalidade conhecer o nível médio de contaminação do ar existente em cada sala de aula. As avaliações decorreram durante o período da manhã e da tarde e foram efetuadas em duas salas de aula por cada estabelecimento, situadas em pisos diferentes. A seleção das salas teve em consideração algumas características, como, por exemplo, a localização, o estado de conservação e o tipo de quadro utilizado (giz ou caneta). Nas escolas cujas salas eram bastante semelhantes, a amostra foi aleatória, sendo que se levou em consideração apenas a receptividade dos professores.

A segunda fase de avaliações foi efetuada ao início da manhã, antes das aulas começarem. Esta etapa teve como principal objetivo, perceber se os níveis de contaminação biológica detetados, na fase anterior, seriam influenciados fundamentalmente pela presença das crianças.

Posteriormente, foi elaborado um plano de higienização para as salas de aula (Anexo V). A elaboração deste foi efetuada com base no documento UBA (2008) – “*Guidelines For Indoor Air Hygiene in School Buildings*”.

O plano de higienização procurou transmitir noções básicas acerca das operações de limpeza e de desinfeção e fornecer recomendações importantes para a concretização das tarefas. O capítulo dos procedimentos de limpeza incluiu a periodicidade recomendada para a limpeza e desinfeção do pavimento e superfícies, como mesas e cadeiras, bem como, instruções de trabalho orientadoras das operações de higienização.

O plano de higienização foi implementado em dois dos estabelecimentos escolares do agrupamento. A seleção das escolas foi efetuada com base na disponibilidade e na receptividade dos professores coordenadores e funcionários e na análise de resultados obtidos nas fases anteriores do estudo.

Para se proceder à implementação do plano de higienização, contactou-se os professores responsáveis de cada escola, com vista à sua participação. Posteriormente foi nomeada uma funcionária para ficar encarregue da higienização das duas salas a avaliar. A seleção da funcionária foi efetuada pelo professor coordenador e teve como critérios a disponibilidade e a sensibilidade das assistentes operacionais para esta questão.

De forma a garantir a correta higienização dos espaços, considerou-se importante motivar e informar as funcionárias sobre o plano. Assim, a cada uma das assistentes operacionais foi explicada a importância da colocação em prática do plano e pedida a sua colaboração. Forneceu-se a cada pessoa um exemplar do anexo I do plano e este foi explicado pessoalmente, para garantir que a sua leitura não suscitava dúvidas.

Após a implementação do plano de higienização foram efetuadas novas avaliações de QAI às salas de aula, com vista a detetar se os níveis de contaminação do ar diminuíram, comparativamente às fases iniciais do estudo.

Capítulo III – RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma a facilitar a apresentação dos resultados e a garantir a confidencialidade da amostra, os EE e as salas de aula foram codificados com os algarismos de 1 a 4 e de 1 a 2, respetivamente.

3.1. Caracterização dos Estabelecimentos Escolares

3.1.1. Caracterização Geral dos Edifícios

Em termos geográficos, os EE estudados encontram-se inseridos em zonas urbanas. No entanto, as zonas envolventes possuem características mistas, existindo áreas com características rurais. Na tabela VII apresentam-se os principais aspetos estruturais de cada EE.

Tabela VII - Principais características estruturais dos EE estudados.

Características	EE 1	EE 2	EE 3	EE 4
Ano de construção do edifício (aprox.)	1963	sd	1983	2011
Ano de remodelação do edifício	-	2010	-	-
Número de pisos	2	2	2	3
Tipo de ventilação	Natural	Natural e mecânica	Natural	Natural e mecânica
Tipo de iluminação	Natural e Artificial	Natural e artificial	Natural e Artificial	Natural e Artificial
Presença de humidade	Sim (nas áreas de arrumos e no refeitório)	Não	Sim (na cozinha e nas instalações sanitárias)	Não
Estado de conservação geral do edifício	Razoável	Bom	Bom	Muito Bom

sd – sem dados

Pela análise da Tabela VII, verifica-se que o EE 1 e o EE 3 são os edifícios mais antigos, sendo que as suas construções possuem cerca de 50 e 30 anos, respetivamente. O EE 2 foi totalmente remodelado há cerca de 3 anos. Aquando a remodelação, foi

construído de raiz o edifício do refeitório. O EE mais recente é a escola número 4, cuja construção foi efetuada há cerca de 2 anos.

No que respeita ao tipo de ventilação, os dois EE mais antigos possuem apenas ventilação natural, assegurada pela abertura de portas e janelas. O EE 2 e o EE 4 apesar de possuírem ventilação mecânica, esta encontrava-se desligada durante as avaliações de QAI. No EE 4, a razão apresentada para o sistema de ventilação estar desligado foi o desconforto sentido por parte dos ocupantes, aquando do seu funcionamento. A sensação de incómodo manifestada pelos ocupantes parece ser motivada pela insuflação do ar diretamente do exterior, havendo sensação de frio no Inverno e de calor no Verão.

O EE 4 é o que apresenta melhor estado de conservação, talvez por ser o mais recente. Classificou-se o estado de conservação do EE 1 como sendo razoável, devido à existência de fissuras no pavimento e paredes com tinta a descascar em vários locais, incluindo salas de aula.

3.1.2. Caracterização das Salas de Aula

3.1.2.1. Condições Estruturais

Na Tabela VIII apresentam-se os aspetos mais relevantes, em relação aos aspetos estruturais.

Tabela VIII - Principais aspetos estruturais das salas de aula estudadas.

Salas de aula avaliadas	Piso	Área (comprimento x largura) (aprox.)	Materiais dos Revestimentos Pavimento/Paredes/Teto	Número de janelas	Número de luminárias	Número de grelhas de ventilação	Tipo de Quadro	Outros elementos presentes	
EE 1	Sala 1	0	8 m x 7,5 m	Madeira/Tinta/Tinta	3	20	*	Giz	Quadro de cortiça
	Sala 2	1	10 m x 9 m	Madeira/Tinta/Tinta	3	20	*	Caneta	Quadro de cortiça
EE 2	Sala 1	0	8 m x 7 m	PVC/Azulejo e Tinta/Tinta	3	12	1 de exaustão	Giz	Quadro de cortiça
	Sala 2	1	8 m x 7 m	PVC/Azulejo e Tinta/Tinta	3	12		Caneta	Quadro de cortiça
EE 3	Sala 1	0	10 m x 8 m	PVC/Tinta plástica/Pladur	3	8	*	Giz	Quadro de cortiça
	Sala 2	1	10 m x 9 m	PVC/Tinta plástica/Pladur	3	8	*	Giz/Caneta	Quadro de cortiça
EE 4	Sala 1	1	10 m x 8 m	PVC/Tinta/Pladur	5	9	2 de insuflação e	Giz/Caneta	Quadro de cortiça protegido com vidro e aquário
	Sala 2	1	10 m x 8 m	PVC/Tinta/Pladur	5	9	2 de extração	Caneta	Quadro de cortiça protegido com vidro e aquário

* Possui apenas uma grelha de ventilação localizada na parte inferior da porta da sala de aula

3.1.2.2. Ocupação das salas de aula

O número de ocupantes presentes em cada sala de aula variou durante as avaliações de QAI efetuadas, conforme consta na Tabela IX. Salienta-se que o número de ocupantes engloba não só os alunos, mas também outras pessoas presentes no interior dos espaços, durante os períodos de avaliação.

Tabela IX - Número de ocupantes presentes nas salas de aula, em cada avaliação de QAI efetuada.

Salas de aula avaliadas	Número de ocupantes						
	Avaliação de QAI inicial		Avaliação de QAI durante a implementação do plano de higienização				
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	
EE 1	Sala 1	27	24	22 ^a	24 ^a	-	-
	Sala 2	25	25	-	-	-	-
EE 2	Sala 1	24	25	-	-	-	-
	Sala 2	27	27	-	-	-	-
EE 3	Sala 1	21	21	-	-	-	-
	Sala 2	24	23	-	-	-	-
EE 4	Sala 1	23	20	21 ^b	22 ^b	22 ^c	21 ^c
	Sala 2	25	25	27 ^b	27 ^b	27 ^c	26 ^c

^a Avaliação de QAI efetuada dois dias após o início do plano de higienização

^b Avaliação de QAI efetuada oito dias após o início do plano de higienização

^c Avaliação de QAI efetuada dezasseis dias após o início do plano de higienização

3.2. Avaliação de Qualidade do Ar Interior

3.2.1. Avaliação de QAI com ocupação

Na Tabela X encontram-se os resultados referentes aos parâmetros físicos e químicos estudados nos diferentes EE, avaliados durante os períodos da manhã e da tarde.

Tabela X - Resultados da avaliação dos parâmetros físicos de ambiente térmico, dióxido de carbono, monóxido de carbono e partículas nos diferentes EE.

EE	Período de análise	Local	Temperatura (°C)	Humidade relativa (%)	Velocidade do ar (m/s)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	PM ₁₀ (mg/m ³)
1	Manhã	S1	17,1	74,4	0,042	1462	3,8	0,055
		S2	17,4	71,2	0,009	1035	3,3	0,053
		Exterior	11,8	84,0	-	351	4,0	0,056
	Tarde	S1	18,2	80,5	0,025	2174	4,2	0,083
		S2	18,9	71,9	0,007	1551	3,3	0,042
		Exterior	11,9	97,5	-	312	5,0	0,025
2	Manhã	S1	16,6	66,5	0,023	1089	3,3	0,042
		S2	18,0	66,2	0,020	1320	3,4	0,032
		Exterior	10,8	68,9	-	311	2,8	0,014
	Tarde	S1	19,8	61,8	0,010	2351	3,7	0,055
		S2	19,5	51,9	0,030	1117	2,1	0,022
		Exterior	24,8	23,4	-	367	1,2	0,010
3	Manhã	S1	13,6	66,1	0,020	750	3,1	0,014
		S2	17,1	70,7	0,004	2061	3,5	0,021
		Exterior	8,9	64,1	-	268	2,6	0,000
	Tarde	S1	14,5	71,6	0,017	1520	3,2	0,016
		S2	17,8	64,3	0,024	1782	3,1	0,024
		Exterior	10,3	60,7	-	296	2,4	0,003
4	Manhã	S1	16,9	68,9	0,000	1078	3,7	0,008
		S2	18,2	63,6	0,012	1385	3,5	0,023
		Exterior	8,3	78,2	-	332	3,6	0,030
	Tarde	S1	18,2	69,3	0,004	1266	3,7	0,044
		S2	18,2	61,6	0,032	1062	2,9	0,037
		Exterior	8,7	86,2	-	308	4,1	0,018

- **Temperatura**

Através da análise da Tabela X pode verificar-se que em nenhuma das salas avaliadas foi ultrapassado o valor limite máximo de temperatura estabelecido no Decreto-lei n.º 80/2006, para o período de Outono/Inverno (20°C). Os valores de temperatura mais elevados foram registados nas salas 1 e 2 do EE 2, no período da tarde (19,8°C e 19,5°C, respetivamente).

Na generalidade todos os EE apresentaram valores médios de temperatura, no período da tarde, superiores ao período da manhã. O ligeiro aumento de temperatura registado durante a tarde poderá ser devido à permanência dos ocupantes e à ventilação inadequada no espaço. Estes valores mantiveram-se a níveis aceitáveis, de acordo com a legislação portuguesa.

Segundo Zeiler e Boxem (2009), as elevadas temperaturas no interior das salas de aula podem afetar negativamente a capacidade dos alunos para executarem tarefas que exigem concentração, como operações matemáticas e compreensão de textos. No estudo de Wargocki e Wyon (2007), o desempenho dos alunos melhorou em tarefas numéricas e linguísticas, quando sujeitos a uma diminuição de temperatura no interior das salas de aula (de 25°C para 20°C). O progresso dos alunos concretizou-se, essencialmente, na maior rapidez com que efetuaram as tarefas. Tendo em conta os resultados obtidos no presente estudo, o desempenho dos alunos, das salas de aula avaliadas, não parece estar comprometido devido às elevadas temperaturas interiores.

- **Humidade relativa**

Os valores de humidade relativa variaram entre 51,9% (na sala 2 do EE 2, durante a tarde) e 80,5% (na sala 1 do EE, no período da tarde). Através da análise dos dados apresentados na Tabela X, observa-se que não existe um padrão de variação de humidade relativa comum a todos os EE. No entanto, os níveis de humidade relativa interiores poderão ter sido influenciados pelo ar exterior, uma vez que a humidade relativa no exterior variou entre 23,4% (no EE 2, durante a tarde) e 97,5% (no EE 1, no período da tarde).

Segundo a ASHRAE (2004), o teor de humidade relativa em espaços interiores deve estar compreendido entre 30 a 60%. A IAQA (2000) recomenda o intervalo de 30 a 65% para o mesmo parâmetro. Tendo em conta estas orientações, verificou-se, na maioria das salas avaliadas, uma percentagem de humidade relativa superior aos intervalos recomendados. É de salientar que as avaliações efetuadas ocorreram no Inverno, existindo elevados teores de humidade relativa no exterior.

Tendo em conta os valores de humidade relativa apresentados, as salas de aula poderão ser mais suscetíveis à presença de fungos. Segundo Wolkoff e Kjærgaard (2007), os

locais que possuem humidade relativa acima de 60% possuem uma maior probabilidade de proliferação de fungos no seu interior.

- **Velocidade do Ar**

De acordo com os resultados da Tabela X, nenhum dos espaços avaliados apresentou valores médios de velocidade do ar adequados (entre 0,05 m/s e 0,2 m/s), de acordo com os valores de referência da ISO 7730/2005 e do Decreto-lei nº 79/2006. Os valores médios da velocidade do ar foram, em todos os EE, inferiores a 0,05 m/s. Este facto deve-se à ineficácia dos sistemas de ventilação natural ou mecânica. Contactou-se que nos EE avaliados, os sistemas de ventilação mecânica estavam desligados.

Este parâmetro influencia, não só o bem-estar dos ocupantes, pela sensação de maior ou menor conforto, mas também, segundo Kim *et al.* (2007) e APA (2010) o aumento da concentração de poluentes interiores, devido à reduzida velocidade do ar.

- **Dióxido de Carbono (CO₂)**

Os valores obtidos de CO₂ ultrapassaram a concentração máxima (984 ppm) estabelecida no Decreto-lei n.º 79/2006, em todas as salas de aula (à exceção da sala 1 do EE3, no período da manhã). Estes resultados estão de acordo com outros estudos, nomeadamente, os de Fiedoruk (2013), Fraga *et al.*, (2008), Griffiths e Eftekhari (2008) e Shaughnessy *et al.* (2011), que também detetaram elevados níveis deste contaminante no interior das salas de aula. As elevadas concentrações de CO₂ nas salas de aula parece ser um problema habitual nas escolas europeias (European Commission, 2006). Segundo, Bakó-Biró *et al.* (2012) é comum encontrarem-se concentrações de CO₂ superiores a 3000 ppm nas salas de aula. Em alguns casos, a concentração pode mesmo chegar aos 4000 ppm (Clements-Croome, 2008). A exposição a elevados níveis deste contaminante pode comprometer a atenção dos alunos, prejudicando a sua aprendizagem (Griffiths e Eftekhari, 2008).

A variação de CO₂ não foi semelhante em todas as salas de aula. Em alguns espaços, o nível de CO₂ foi mais elevado durante a manhã e outras salas apresentaram

concentrações mais elevadas durante o período da tarde. As causas que poderão estar na origem deste facto são a ventilação inadequada, a presença de ocupantes e o tempo de permanência destes no interior do espaço. No EE 1, registaram-se maiores concentrações de CO₂ no período da tarde (2174 ppm e 1551, nas salas 1 e 2, respetivamente). Nos restantes EE, as concentrações de CO₂ variaram de forma diferente, ao longo do dia. A ventilação das salas de aula durante a hora de almoço e a presença da porta aberta durante o período da tarde poderão ser a explicação para o registo de concentrações de CO₂ mais baixas, no período da tarde.

A média de CO₂ obtida no EE 1 (1556 ± 470 ppm) foi maior comparativamente à dos restantes EE. A média dos valores de concentração de CO₂ foi mais baixa no EE 4 (1198 ± 155 ppm). Tendo em conta que o EE 1 é o mais antigo e o EE 4 é o mais recente, os resultados obtidos estão de acordo com Yang *et al.* (2009) que concluiu que as concentrações de CO₂ são mais elevadas nas escolas antigas.

Considerando a generalidade dos resultados obtidos em todos os EE, verificou-se um aumento na concentração de CO₂, ao longo do dia, uma vez que a concentração média de manhã foi 1273 ± 392 ppm e durante a tarde foi 1603 ± 474 . Sarbu *et al.* (2013) concluiu que os níveis de CO₂ tendem a aumentar ao longo do dia se a ventilação do espaço não for garantida convenientemente, uma vez que cada pessoa liberta, aproximadamente, 15 litros de CO₂ por hora, através da respiração. Segundo o autor, é possível registar, no interior das salas de aula, concentrações de CO₂ superiores a 1000 ppm e a 2500 ppm, após 10 a 15 minutos (min) e 45 min do início das aulas.

O CO₂ é um bom indicador da eficiência dos sistemas de ventilação e da ocupação humana, sendo que, normalmente, se obtêm elevadas concentrações deste contaminante em espaços com muitos ocupantes e ventilação inadequada/inexistente (Santamouris *et al.*, 2008). Segundo St-Jean *et al.* (2012), a ventilação adequada dos espaços reduz significativamente a concentração de CO₂. Os valores de CO₂ e de velocidade do ar obtidos nas salas de aula avaliadas evidenciam a inadequada ventilação dos espaços.

Sendo o CO₂ um bom indicador da ocupação humana é de esperar que a concentração interior deste contaminante seja mais elevada quando se encontram mais ocupantes no interior de um espaço. No presente trabalho, a relação entre as variações de CO₂ e

número de ocupantes não foi perceptível, uma vez que o número de ocupantes permaneceu relativamente constante, tendo sofrido apenas pequenas oscilações.

As concentrações de CO₂, no exterior, foram em média 318 ± 31 ppm. Segundo Mysen *et al.* (2005) é comum as concentrações exteriores deste agente rondarem os 350 ppm. As concentrações exteriores são consideravelmente mais baixas do que as interiores, comprovando que a maior influência para o aumento de CO₂ *indoor* são as fontes interiores.

- **Monóxido de Carbono (CO)**

Segundo Chaloulakou *et al.* (2003), o monóxido de carbono (CO) é um dos poluentes mais característicos de zonas urbanas. Tendo em consideração que as salas de aula avaliadas não possuem fontes internas deste poluente e que as áreas onde os EE se localizam, apesar de serem urbanas, não possuem elevado tráfego, seria de esperar obterem-se concentrações de CO relativamente baixas. Os valores obtidos deste agente químico variaram entre 2,1 ppm e 4,2 ppm, sendo menores que a concentração máxima fixada no Decreto-lei n.º 79/2006 (10,7 ppm). Também Zuraimi *et al.* (2008) e Yang *et al.* (2009) concluíram que as concentrações de CO *indoor* são inferiores às *outdoor*, sendo que a maior influência no ar interior deste poluente são as fontes exteriores.

As concentrações de CO não variaram de igual forma nas salas avaliadas, conforme se verifica na Tabela X. Em algumas salas de aula foram registadas concentrações de CO mais elevadas durante a manhã e outras salas apresentaram valores mais elevados durante o período da tarde. Existiram salas, cuja concentração de CO não variou. Chaloulakou e Mavroidis (2002) detetaram concentrações (interiores e exteriores) de CO mais elevadas, durante as primeiras horas do dia, devido à maior afluência de tráfego, originada, por exemplo, pelo transporte das crianças para as escolas. A inexistência de transportes públicos nas imediações dos EE e a possibilidade das crianças residirem próximo das escolas, deslocando-se para as mesmas a pé, poderão ser algumas das razões que justificam os valores de CO obtidos no presente estudo.

- **Partículas (PM₁₀)**

Pela análise da Tabela X, pode verificar-se que as concentrações de PM₁₀ obtidas nos diferentes EE, variaram entre 0,008 mg/m³ (na sala 1 do EE 4, durante a manhã) e 0,083 mg/m³ (na sala 1 do EE 1, no período da tarde), sendo inferiores à concentração máxima estabelecida no Decreto-lei n.º 79/2006 (0,15 mg/m³). No entanto, conforme indica a Tabela XI, os valores máximos registados em quatro das salas avaliadas foram superiores a 0,15 mg/m³ (variando entre 0,151 e 0,672 mg/m³). Os resultados obtidos parecem demonstrar que apesar de não existir uma exposição constante a elevadas concentrações de partículas, existem momentos em que os ocupantes estão sujeitos a concentrações acima do valor limite máximo, estabelecido na legislação portuguesa. Este facto é preocupante uma vez que a exposição a material particulado pode ser prejudicial para a saúde. A exposição de crianças a partículas parece estar associada ao aparecimento de asma (Annesi-Maesano *et al.*, 2007).

Tabela XI - Concentração mínima, máxima e média de partículas, nos diferentes EE, durante o período da manhã e da tarde.

EE	Período de análise	Local	Concentração de PM ₁₀ (mg/m ³)		
			Mínima	Máxima	Média
1	Manhã	S1	0,034	0,138	0,055
		S2	0,036	0,121	0,053
		Exterior	0,047	0,100	0,056
	Tarde	S1	0,051	0,672	0,083
		S2	0,025	0,119	0,042
		Exterior	0,018	0,041	0,025
2	Manhã	S1	0,015	0,151	0,042
		S2	0,017	0,100	0,032
		Exterior	0,008	0,094	0,014
	Tarde	S1	0,022	0,135	0,055
		S2	0,006	0,122	0,022
		Exterior	0,000	0,097	0,010
3	Manhã	S1	0,002	0,146	0,014
		S2	0,008	0,067	0,021
		Exterior	0,000	0,395	0,000
	Tarde	S1	0,006	0,062	0,016
		S2	0,007	0,133	0,024
		Exterior	0,000	0,014	0,003
4	Manhã	S1	0,018	0,540	0,008
		S2	0,010	0,124	0,023
		Exterior	0,022	0,045	0,030
	Tarde	S1	0,020	0,152	0,044
		S2	0,022	0,128	0,037
		Exterior	0,015	0,023	0,018

Os valores máximos registados na concentração de partículas poderão estar relacionados com vários fatores, nomeadamente, com a movimentação dos ocupantes e as atividades por estes desenvolvidas e a influência do ar exterior. No que respeita aos ocupantes, não se verificou nenhuma alteração nas suas atividades, nem uma grande movimentação por parte destes. O número de pessoas presentes no interior das salas avaliadas manteve-se relativamente constante, sendo que as maiores oscilações ocorridas foram de 3 ocupantes. Através da observação da Tabela X, pode verificar-se que a velocidade do ar registada no interior dos espaços avaliados foi inferior ao limite mínimo recomendado (0,05 m/s), possibilitando a acumulação de partículas no interior destes. As concentrações de PM₁₀ medidas no interior foram, na maioria dos EE, superiores às concentrações exteriores. Tendo em conta, os resultados obtidos nas avaliações exteriores de PM₁₀, não parece ter ocorrido uma influência considerável do ar exterior no interior

Todavia, as salas onde se registaram os valores mais elevados de concentração de partículas possuem quadro de giz. A utilização de giz poderá ter contribuído consideravelmente para o aumento da concentração de partículas no interior das salas de aula. Almeida *et al.* (2011) e Yang *et al.* (2009) detetaram fragmentos de giz na análise de partículas em salas de aula. O aumento da concentração de partículas poderá estar relacionado, por exemplo, com a tarefa de apagar o quadro.

Existem outros fatores que poderão ter influenciado o nível de partículas interior, como, as atividades de limpeza. Segundo Fromme *et al.* (2007), as partículas existentes no interior dos espaços podem não ser removidas, devido à ineficácia dos processos de limpeza, ocorrendo uma constante ressuspensão do material particulado.

Comparando as concentrações de PM₁₀ obtidas, durante a manhã, nas salas de aula do EE 2 e do EE 3, que foram higienizadas em períodos diferentes (as salas 1 foram limpas ao início da manhã, antes das medições e as salas 2 ao final da tarde, no dia anterior às avaliações), verifica-se que há uma diferença na concentração deste agente. No EE 2 foi registada uma maior concentração de PM₁₀ na sala 1 (0,042 mg/m³), que poderá ter sido influenciada pela ressuspensão de partículas que ocorreu durante os procedimentos de higienização. No entanto, na sala 1 do EE 3 registou-se uma menor concentração de PM₁₀ (0,014 mg/m³), comparativamente à sala 2 (0,021 mg/m³).

Em todas as salas de aula avaliadas, a concentração de partículas aumentou durante a tarde, comparativamente ao período da manhã, com exceção da sala 2 do EE 2, cuja concentração de PM₁₀ diminuiu. A maior concentração de partículas durante a tarde poderá estar relacionada com a ventilação inadequada, com a permanência de ocupantes no interior dos espaços e com as atividades de recreio desenvolvidas.

Na Tabela XII encontram-se registados os resultados dos parâmetros microbiológicos avaliados, nos diferentes EE, durante os períodos da manhã e da tarde.

Tabela XII - Resultados da avaliação dos parâmetros microbiológicos, nos diferentes estabelecimentos escolares (EE).

Estabelecimentos Escolares	Período de análise	Local	Bactérias mesófilas totais (UFC/m ³) ^a	Fungos (UFC/m ³) ^a
1	Manhã	S1	>1001 ± 148	>1191 ± 120
		S2	>991 ± 163	528 ± 187
		Exterior	198 ± 41	>1431 ± 1105
	Tarde	S1	>1659 ± 782	1088 ± 28
		S2	>1419 ± 443	560 ± 91
		Exterior	104 ± 28	619 ± 98
2	Manhã	S1	>1591 ± 686	>1079 ± 38
		S2	>1659 ± 782	>1305 ± 281
		Exterior	>975 ± 185	>971 ± 191
	Tarde	S1	>1335 ± 324	814 ± 20
		S2	>1299 ± 273	638 ± 37
		Exterior	97 ± 38	110 ± 31
3	Manhã	S1	>1879 ± 672	>1293 ± 842
		S2	>1956 ± 755	1152 ± 40
		Exterior	111 ± 35	220 ± 40
	Tarde	S1	>2299 ± 1239	397 ± 66
		S2	>1686 ± 555	709 ± 46
		Exterior	112 ± 51	143 ± 44
4	Manhã	S1	>1659 ± 782	1004 ± 177
		S2	>2763 ± 1990	1099 ± 129
		Exterior	>1154 ± 1496	>781 ± 460
	Tarde	S1	>2746 ± 755	1322 ± 738
		S2	>2056 ± 882	912 ± 181
		Exterior	>1132 ± 1527	389 ± 168

^a (média ± desvio padrão)

- **Bactérias Mesófilas Totais**

Através da análise da Tabela XII, podemos verificar que, em todas as salas de aula avaliadas, as concentrações de bactérias mesófilas totais obtidas foram superiores à concentração máxima estabelecida na Nota Técnica SCE-02 (500 UFC/m³). No estudo

da European Commission (2006) foram detetadas elevadas concentrações de bactérias em salas de aula. As concentrações destes agentes microbiológicos foram superiores no interior das salas de aula, relativamente ao exterior. A elevada concentração de bactérias no interior dos espaços, poderá ter sido causada pela permanência das crianças e dos professores, uma vez que, segundo Meklin *et al.* (2012), os humanos são a principal fonte de contaminação do ar interior. Os ocupantes efetuam constantemente a libertação de bactérias provenientes da pele, do cabelo, das narinas e da cavidade oral (Hospodsky *et al.*, 2012).

Na Figura V apresentam-se três placas, após recolha de amostra e incubação onde é evidenciado o crescimento bacteriano.

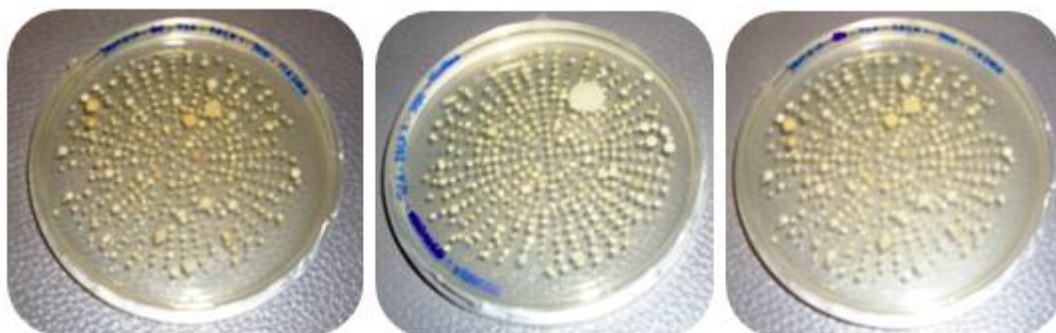


Figura V - Amostras de bactérias mesófilas totais.

- **Fungos**

Em todas as salas de aula avaliadas foram obtidas concentrações superiores à concentração máxima estabelecida na Nota Técnica SCE-02 ($500\text{UFC}/\text{m}^3$), exceto na sala 1, do EE 3, na parte da tarde, em que foi obtida uma concentração média de $397 \pm 66 \text{ UFC}/\text{m}^3$. As elevadas concentrações de fungos poderão estar relacionadas com as condições de humidade relativa elevada da sala e com as fontes de contaminação, Na maioria das salas avaliadas (à exceção das salas 1 do EE 1 e do EE 3), a concentração de fungos foi mais elevada no período do dia em que se mediu uma percentagem de humidade relativa maior. Segundo Huibo e Hiroshi (2010), os elevados teores de humidade relativa potenciam a proliferação de fungos nos espaços interiores. O autor concluiu que os ocupantes dos espaços, com uma elevada carga fúngica, poderão manifestar alergias e problemas respiratórios. Vários estudos têm vindo a identificar os

géneros de fungos mais comuns em ambientes interiores. De um modo geral, os mais comumente encontrados são o *Penicillium spp.* e o *Aspergillus spp.* Algumas espécies destes microrganismos podem produzir micotoxinas e compostos orgânicos voláteis, o que poderá constituir uma agravante, no que respeita à exposição dos ocupantes (Lappalainen *et al.*, 2001; Cabral, 2010).

Relativamente às concentrações exteriores, estas foram menores do que as interiores, indiciando a presença de fontes de contaminação internas. Também Kim *et al.* (2009) concluiu que a contribuição de fontes internas para a presença de fungos *indoor* é maior do que a introdução de ar exterior.

Na Figura VI encontram-se quatro placas, com evidente crescimento de fungos, após amostragem nos EE e posterior incubação.

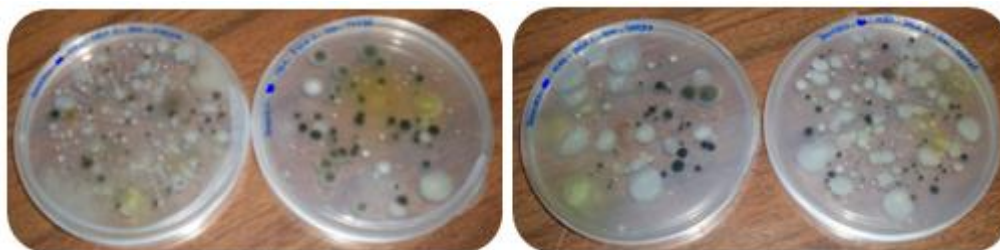


Figura VI - Amostras de fungos.

3.2.2. Avaliação de QAI sem ocupação

Os resultados obtidos na avaliação de QAI nos EE, sem ocupação, estão apresentados na Tabela XIII.

Tabela XIII - Resultados da avaliação dos parâmetros físicos, dióxido de carbono, monóxido de carbono e partículas, nos diferentes estabelecimentos escolares (EE), no período da manhã e sem ocupação humana.

EE	Período de análise	Local	Temperatura (°C)	Humidade (%)	Velocidade do ar (m/s)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	PM ₁₀ (mg/m ³)
1		S1	13,7	71,4	0,000	543	3,4	0,102
		Exterior	11,6	78,0	-	342	3,6	0,107
2	Início da manhã	S2	15,3	75,7	0,000	508	3,3	0,007
		Exterior	14,4	81,3	-	322	3,5	0,012
3		S2	14,9	77,5	0,005	418	3,3	0,005
		Exterior	11,5	86,9	-	319	3,8	0,016
4		S1	14,8	62,6	0,013	323	2,8	0,015
		Exterior	3,6	75,6	-	307	3,6	0,041

- **Ambiente Térmico**

Verifica-se que os valores de temperatura medidos no interior das salas foram menores que o limite máximo estabelecido no Decreto-lei n.º 80/2006, para o período de Outono/Inverno (20°C). Os valores variaram entre 13,7°C (na sala 1 do EE 1) e 15,3°C (na sala 2 do EE 2). Estes valores foram inferiores aos obtidos anteriormente, aquando a presença dos alunos.

No que respeita à humidade relativa dos espaços, registaram-se valores elevados, comparativamente com os recomendados pela ASHRAE (2004) e pela IAQA (2000). Os teores de humidade relativa interiores variaram entre 62,6% (na sala 1 do EE 4) e 77,5% (na sala 2 do EE 3). O nível de humidade detetado no interior dos espaços avaliados poderá ter sido influenciado pelo ar exterior, cuja humidade variou entre 75,6% (no EE 4) e 86,9% (no EE 3). Os valores máximos e mínimos interiores e exteriores registados para o parâmetro, corresponderam aos mesmos EE, o que poderá evidenciar a possível influência do ar exterior.

Quanto à velocidade média do ar, obtiveram-se valores inferiores ao valor mínimo recomendado (0,05 m/s) na ISO 7730/2005. A velocidade do ar, nos espaços avaliados variou entre 0 e 0,013 m/s. Estes resultados indicam que existe uma reduzida circulação do ar nos espaços avaliados, não permitindo a renovação deste, o que compromete a QAI.

- **Dióxido de Carbono (CO₂)**

As concentrações de CO₂ obtidas na avaliação de QAI nas salas de aula, ao início da manhã, sem ocupação humana, foram inferiores à concentração máxima fixada no Decreto-lei n.º 79/2006 (984 ppm). Os valores obtidos foram em média de (448 ± 99) ppm, sendo que variaram entre 323 ppm (na sala 1 do EE 4) e 543 ppm (na sala 1 do EE 1). As concentrações obtidas nos espaços interiores, sem ocupação, foram bastante inferiores às registadas durante as aulas, o que era de prever, tendo em conta que o CO₂ é um indicador da ocupação humana (Lawrence e Braun, 2007). Em todas as escolas, obtiveram-se concentrações interiores de CO₂ superiores às exteriores. No entanto, no EE 4, os valores *indoor* e *outdoor* foram muito semelhantes (323 ppm e 307 ppm, respetivamente), o que poderá indicar que ocorreu uma melhor renovação do ar durante a noite neste EE, comparativamente com os restantes.

À semelhança do referido anteriormente, a Tabela XIII evidencia que o EE 4 foi a escola onde se obteve uma menor concentração de CO₂, estando de acordo com o estudo de Yang *et al.* (2009) que refere que as escolas mais antigas possuem concentrações de CO₂ mais elevadas.

- **Monóxido de Carbono (CO)**

As concentrações de CO da Tabela XIII não excederam a concentração máxima estabelecida no Decreto-lei n.º 79/2006 (10,7 ppm). As concentrações, registadas nas salas de aula, variaram entre 2,8 ppm (na sala 1 do EE4) e 3,4 ppm (na sala 1 do EE1), sendo que em todos os EE se obtiveram concentrações interiores inferiores às exteriores. Este facto indicia que as principais fontes de CO são exteriores, como, por exemplo, as emissões provenientes do tráfego (Flashsbart, 1999). A concentração de CO, ao início da manhã, foi em média de (3,625 ± 0,126) ppm, sendo ligeiramente superior às registadas durante o período da manhã (3,250 ± 0,661 ppm) e da tarde

($3,175 \pm 1,702$ ppm). Tendo em conta que ao início da manhã há uma grande afluência de tráfego, devido às deslocações das pessoas para os seus locais de trabalho, faz sentido registarem-se maiores concentrações deste poluente. No entanto, os níveis de CO registados não foram preocupantes.

- **Partículas (PM₁₀)**

Pela análise da Tabela XIII, verifica-se que a concentração de partículas obtida em todos os EE foi inferior à concentração máxima estabelecida no Decreto-lei n.º 79/2006 (0,15 mg/m³). Os valores obtidos variaram entre 0,005 mg/m³, na sala 2 do EE 3 e 0,102 mg/m³, na sala 1 do EE 1. As concentrações de PM₁₀ registadas no EE 2 e no EE 3, ao início da manhã, sem ocupação, foram inferiores às obtidas durante o período da manhã, aquando o decorrer das aulas. Tal facto poderá ser devido à ocupação humana, uma vez que a presença dos alunos e dos professores no interior das salas de aula poderá originar, não só a libertação de partículas, como a ressuspensão constante das partículas existentes. Brañis *et al.* (2005) concluiu que as atividades humanas são a principal fonte de partículas interior, sendo que a concentração deste poluente decresce consideravelmente quando os ocupantes não estão presentes. No estudo de Hospodsky *et al.* (2012), a concentração de PM₁₀ nas salas de aula, com ocupação, foi cerca de 15 vezes superior, comparativamente, aquando à ausência de ocupantes no interior do espaço. Contrariamente ao esperado, nas salas do EE 1 e do EE 4 obtiveram-se concentrações de partículas superiores sem ocupação humana. Tal, poderá ter sido motivado por outros fatores, como a influência do ar exterior no interior, uma vez que no exterior do EE 1 se registou uma concentração média de PM₁₀ elevada (0,107 mg/m³).

Na Tabela XIV encontram-se registados os resultados microbiológicos das amostragens de ar efetuadas nos diferentes EE, ao início da manhã, sem ocupação humana.

Tabela XIV - Resultados da avaliação dos parâmetros microbiológicos, nos diferentes estabelecimentos escolares (EE), no período da manhã e sem ocupação humana.

EE	Período de análise	Local	Bactérias Mesófilas Totais (UFC/m ³) ¹	Fungos (UFC/m ³) ¹
1	Início da manhã	S1	37 ± 9	1003 ± 230
		Exterior	57 ± 56	722 ± 293
S2		65 ± 53	1195 ± 120	
Exterior		30 ± 14	1198 ± 37	
2	3	S2	16 ± 7	446 ± 65
Exterior		>761 ± 488	647 ± 51	
4		S1	2 ± 2	71 ± 17
		Exterior	40 ± 12	310 ± 81

¹ média ± desvio padrão

- **Bactérias Mesófilas Totais**

Através da análise da Tabela XIV, verifica-se que a concentração de bactérias mesófilas totais variou entre 2 ± 2 UFC/m³ e 65 ± 53 UFC/m³, na sala 1 do EE 4 e na sala 2 do EE 2, respetivamente. As concentrações obtidas para este parâmetro respeitam os limites legais, uma vez que não ultrapassam o valor de 500 UFC/m³ estabelecido como concentração máxima, na Nota Técnica SCE-02.

Pode constatar-se que as concentrações obtidas nas salas de aula sem a presença de ocupantes foram notavelmente inferiores do que as registadas durante as aulas. A maior concentração de bactérias durante a presença dos alunos e dos professores poderá ser explicada pelo facto dos humanos serem a principal fonte de contaminação, devido à presença de microrganismos na pele, cabelo, cavidade nasal, entre outros (Meklin *et al.*, 2012). Estes resultados estão de acordo com os estudos de Brañis *et al.* (2005) e Fox *et al.* (2003) que também detetaram maiores concentrações interiores de bactérias, durante a ocupação humana dos espaços.

- **Fungos**

As concentrações de fungos obtidas no EE 1 e no EE 2 excederam a concentração máxima estabelecida na Nota Técnica SCE-02 (500 UFC/m³). Os valores obtidos variaram entre 71 ± 17 ppm (na sala 1 do EE 4) e 1195 ± 120 ppm (na sala 2 do EE 2). Jo e Seo (2005) desenvolveram um estudo de QAI, durante o Inverno e o Verão, em cafés, bares, salas de aula e residências e em todos os espaços avaliados foram detetadas concentrações de fungos mais elevadas no interior, comparativamente ao exterior, evidenciando um papel determinante dos ocupantes na concentração destes contaminantes biológicos. No entanto, no presente estudo, tal só ocorreu no EE 1 e no EE 2, nos quais as concentrações *indoor* foram superiores ao limite regulamentar. No EE 3 e no EE 4, as concentrações exteriores foram superiores às interiores.

As concentrações de fungos obtidas nas salas de aula sem ocupação foram inferiores às registadas anteriormente, na presença dos ocupantes. Estes resultados são concordantes com o estudo de Fox *et al.* (2003) que concluiu que a concentração de fungos nas salas de aula era maior aquando a presença dos ocupantes no interior destas.

3.2.3. Avaliação de QAI durante a implementação do plano de higienização

Na Tabela XV apresentam-se os resultados, referentes aos parâmetros físico-químicos, obtidos no EE 1 e no EE 4, durante a implementação do plano de higienização.

Tabela XV - Resultados da avaliação dos parâmetros físicos de ambiente térmico, dióxido de carbono, monóxido de carbono e partículas, nos diferentes estabelecimentos escolares (EE), após a implementação do plano de higienização.

EE	Período	Local	Temperatura (°C)	Humidade (%)	Velocidade do ar (m/s)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	PM ₁₀ (mg/m ³)
1 ^a	Manhã	S1	19,9	52,0	0,007	1021	2,1	0,027
		Exterior	23,7	29,8	-	403	1,1	0,025
	Tarde	S1	21,8	44,2	0,009	918	1,6	0,036
		Exterior	31,0	18,9	-	377	0,8	0,011
4 ^b	Manhã	S1	22,3	50,8	0,003	703	2,2	0,032
		S2	22,0	53,2	0,010	1068	2,1	0,029
		Exterior	19,9	44,3	-	427	1,4	0,018
	Tarde	S1	23,4	50,0	0,014	947	2,0	0,048
		S2	22,8	53,0	0,013	1085	1,9	0,036
		Exterior	23,1	42,4	-	388	1,2	0,010
4 ^c	Início da manhã ^d	S1	19,7	50,1	0,002	380	2,2	0,003
		S1	21,0	46,7	0,003	664	2,0	0,026
	Manhã	S2	20,8	48,2	0,007	859	1,9	0,026
		Exterior	14,9	54,7	-	354	2,0	0,017
	Tarde	S1	22,6	57,2	0,008	1742	2,8	0,049
		S2	22,3	49,5	0,011	1345	2,0	0,040
	Exterior	16,3	51,0	-	347	2,0	0,027	

^a Dois dias após a implementação do plano de higienização

^b Oito dias após a implementação do plano de higienização

^c Dezassex dias após a implementação do plano de higienização

^d Dezassex dias após a implementação do plano de higienização e sem ocupação

- **Ambiente Térmico**

Através da observação da Tabela XV, verifica-se que existe uniformidade entre os valores de temperatura obtidos. A temperatura máxima estabelecida no Decreto-lei n.º 80/2006, para o período Primavera/Verão (25°C) não foi excedida em nenhuma das salas de aula. Ao longo do dia registou-se um aumento de temperatura, em todas as

salas de aula, à semelhança do que se tinha observado também nas primeiras medições, com ocupação.

A percentagem de humidade relativa medida em algumas salas de aula ultrapassou o valor máximo estabelecido no Decreto-lei n.º 80/2006, para o período Primavera/Verão (50%). Os valores obtidos variaram entre 44,2% (na sala 1 do EE 1, no período da tarde) e 57,2% (na sala 1, do EE 4, no período da tarde, durante a segunda avaliação). Se considerarmos os limites recomendados pela IAQA (65%) e a ASHRAE (60%), os valores medidos encontram-se dentro dos limites aceitáveis. É de salientar a diminuição que ocorreu nos valores do parâmetro, comparativamente às fases anteriores de avaliação. A redução nos níveis de humidade relativa poderá ter sido influenciada pelo ar exterior, uma vez que nas medições exteriores também se obtiveram percentagens menores, comparativamente com as primeiras avaliações de QAI.

Relativamente à velocidade do ar, os valores obtidos foram inferiores ao limite mínimo recomendado na ISO 7730/2005 (0,05 m/s). A velocidade do ar no interior dos espaços variou entre 0,003 m/s e 0,014 m/s, conforme se consta pela observação da Tabela XV. Os valores deste parâmetro foram inferiores ao valor mínimo recomendado, em todas as medições, o que poderá significar que, nas salas avaliadas, existe frequentemente zonas de ar estagnado, que poderão potenciar a maior concentração de poluentes (Kim *et al.*, 2007). A reduzida velocidade do ar pode também prejudicar a evaporação de calor através da pele dos ocupantes, uma vez que a movimentação do ar favorece o processo.

- **Dióxido de Carbono (CO₂)**

As concentrações de CO₂ obtidas variaram entre 664 ppm (na sala 1 do EE 4, durante a manhã, na segunda avaliação) e 1742 ppm (no mesmo dia e sala, durante o período da tarde). O valor medido no espaço, sem ocupação, foi de 380 ppm. Os valores medidos foram concordantes com os já apresentados anteriormente. Registou-se um aumento da concentração de CO₂, no período da tarde. Este facto poderá ser devido à ventilação inadequada, que favorece a acumulação deste contaminante ao longo do dia. No EE 1 obteve-se uma concentração de CO₂ menor durante a tarde, o que poderá ser explicado pela abertura da porta durante este período.

Foram detetados valores superiores à concentração máxima estabelecida no Decreto-lei n.º 79/2006 (984 ppm), na sala 1 do EE 1 durante a manhã (1021 ppm), na sala 2 do EE

4 durante a manhã (1068 ppm) e a tarde (1085 ppm) na primeira avaliação e na sala 1 e 2 do EE 4, durante o período da tarde da segunda avaliação (1742 ppm e 1345 ppm, respetivamente).

- **Monóxido de Carbono (CO)**

A concentração de CO, nas diferentes salas de aula, manteve-se abaixo da concentração máxima estabelecida no Decreto-lei n.º 79/2006 (10,7 ppm), sendo que os valores obtidos variaram entre 1,6 ppm (na sala 1 do EE1, durante a tarde) e 2,8 ppm (na sala 1 do EE 4, durante a tarde, na segunda avaliação efetuada durante a implementação do plano de higienização). Nas salas de aula do EE 1 e do EE 4 (durante a primeira avaliação) mediram-se concentrações de CO mais elevadas durante a manhã. As salas do EE 4, durante a segunda avaliação, apresentaram um maior nível de CO, durante o período da tarde. No entanto, as variações ocorridas ao longo do dia, em cada sala de aula, foram mínimas, sendo que os resultados foram bastante homogéneos. Não parece existir uma concentração preocupante deste poluente nas salas de aula dos EE analisados.

- **Partículas (PM₁₀)**

À semelhança dos resultados apresentados anteriormente, na Tabela XV não foi registado nenhum valor superior à concentração máxima de partículas estabelecida no Decreto-lei n.º 79/2006 (0,15 mg/m³). Os valores obtidos variaram entre 0,026 mg/m³ (nas salas 1 e 2, do EE 4, durante o período da manhã, da segunda avaliação) e 0,049 mg/m³ (na sala 1, do EE 4, durante a tarde, na segunda avaliação). O valor mais baixo (0,003 mg/m³) foi obtido aquando a ausência de ocupantes no espaço. Verificou-se que a concentração de partículas foi mais elevada no período da tarde, comparativamente à parte da manhã e do início da manhã (sem ocupação), em todos os espaços avaliados. Estes resultados demonstram que a presença humana induz um aumento na concentração de PM₁₀, à semelhança do referido por Hospodsky *et al.* (2012).

Comparando os resultados das avaliações efetuadas durante a manhã, no EE 4, durante a implementação do plano de higienização, verifica-se que as concentrações de partículas obtidas na segunda semana foram menores do que as registadas na primeira semana. As atividades de limpeza poderão ter contribuído para a diminuição da concentração do

material particulado. Heudorf *et al.* (2009) obteve menores concentrações interiores de partículas após a intensificação da limpeza das salas de aula. No entanto, no período da tarde ocorreu um aumento na concentração de PM₁₀, na segunda semana.

Na Tabela XVI encontram-se os resultados microbiológicos obtidos nas avaliações de QAI efetuadas durante a implementação do plano de higienização.

Tabela XVI - Resultados da avaliação dos parâmetros microbiológicos, em diferentes estabelecimentos escolares (EE) após a implementação do plano de higienização.

EE	Período de análise	Local	Bactérias Mesófilas Totais (UFC/m ³) ¹	Fungos (UFC/m ³) ¹
1 ^a	Manhã	S1	3561 ± 2615	684 ± 156
		Exterior	46 ± 5	313 ± 39
	Tarde	S1	1289 ± 237	571 ± 141
		Exterior	52 ± 3	165 ± 35
4 ^b	Manhã	S1	3395 ± 64	364 ± 28
		S2	4140 ± 354	450 ± 28
		Exterior	718 ± 461	347 ± 107
	Tarde	S1	5450 ± 57	587 ± 81
		S2	3206 ± 1366	405 ± 22
		Exterior	137 ± 4	195 ± 45
4 ^c	Início da manhã ^d	S1	93 ± 68	154 ± 53
	Manhã	S1	1123 ± 257	452 ± 47
		S2	1490 ± 14	405 ± 116
		Exterior	75 ± 38	387 ± 171
	Tarde	S1	2532 ± 809	355 ± 93
		S2	1860 ± 264	588 ± 296
Exterior		117 ± 82	265 ± 65	

¹ média ± desvio padrão

^a Dois dias após a implementação do plano de higienização

^b Oito dias após a implementação do plano de higienização

^c Dezassex dias após a implementação do plano de higienização

^d Dezassex dias após a implementação do plano de higienização e sem ocupação

• Bactérias Mesófilas Totais

Através da análise dos resultados da Tabela XVI, verificou-se que, em todas as amostragens de ar efetuadas, foram obtidas concentrações de bactérias mesófilas totais superiores à concentração máxima estabelecida na Nota Técnica SCE-02 (500 UFC/m³). A concentração mais baixa de bactérias (1123 ± 257 UFC/m³) foi obtida na sala 1 do EE 4, durante a manhã na segunda avaliação. O valor da concentração destes

microrganismos foi mais elevado (5450 ± 57 UFC/m³) na sala 1 do EE 4, na primeira avaliação, durante a tarde.

Comparando os resultados das avaliações após a implementação do plano de higienização com os já apresentados (ver Tabela XII), pode verificar-se que, em alguns locais, foram detetadas concentrações mais elevadas após dois e oito dias (EE 1 e EE 4, respetivamente) do início do plano de higienização.

Os resultados sugerem que a ocupação tem um grande impacto no parâmetro, uma vez que, no EE 4 registou-se um aumento elevado na concentração de bactérias mesófilas totais aquando a presença de ocupantes (de 93 ± 68 UFC/m³ para 1123 ± 257 UFC/m³). Esta conclusão está de acordo com os resultados anteriores (Tabelas XII e XIV) e com outros estudos, como o de Hospodsky *et al.* (2012) e de Brañis *et al.* (2005).

No EE 4, as concentrações de bactérias mesófilas totais obtidas dezasseis dias após a implementação do plano de higienização, foram consideravelmente menores às registadas após oito dias do início da implementação do plano. O cumprimento do plano de higienização pode ter contribuído para a melhoria da qualidade do ar interior, no que respeita a este parâmetro. No entanto, o nível de contaminação por bactérias mesófilas totais continua acima dos limites aceitáveis, o que sugere que as práticas de limpeza não são suficientes para garantir uma boa qualidade do ar interior. Associadas a estas práticas de limpeza, os sistemas de ventilação deveriam promover a renovação de ar necessária para impedir a acumulação do contaminante no interior. Segundo UBA (2008), a ventilação tem um papel determinante na redução de contaminantes interiores.

Através da comparação dos resultados relativos às bactérias mesófilas totais e aos fungos, conclui-se que a concentração de bactérias foi superior à dos fungos, em todos os locais analisados. Jo e Seo (2005) concluíram o mesmo no seu estudo.

- **Fungos**

A concentração de fungos obtida durante a implementação do plano de higienização, nas três salas de aula, variou entre 355 ± 93 UFC/m³ (na sala 1 do EE 4, na segunda avaliação, durante a tarde) e 684 ± 156 UFC/m³ (na sala 1 do EE 1, no período da manhã). Foram obtidas concentrações superiores à concentração máxima estabelecida na Nota Técnica SCE-02 (500 UFC/m³), na sala 1 do EE 1 (684 ± 156 e 571 ± 141

UFC/m³), na sala 1 do EE 4 durante a tarde na primeira avaliação (587 ± 81 UFC/m³) e na sala 2 do EE 4, durante a tarde na segunda avaliação (588 ± 296 UFC/m³).

Apesar de, em alguns locais, a concentração máxima de fungos ter sido ultrapassada, é de salientar que as concentrações obtidas após a implementação do plano de higienização foram consideravelmente inferiores às registadas durante as avaliações iniciais. Tendo em conta que as avaliações iniciais decorreram durante o Inverno e as finais durante a Primavera, a estação do ano poderá ter alguma influência na variação de resultados. Kuder (2003) e Liao *et al.* (2004) registaram uma maior concentração de fungos durante o Verão, comparativamente ao Inverno. Santour *et al.* (2009) refere que a variação na concentração de fungos ocorre em função da espécie, ou seja, que existem fungos que dominam no Verão e outros cuja proliferação é mais elevada durante o Inverno. Basílico *et al.* (2007) não detetou nenhuma diferença na concentração de fungos, durante o Inverno e durante o Verão.

A implementação do plano de higienização nas salas de aula avaliadas poderá ter contribuído para a diminuição da concentração interior de fungos. Quadros (2008) verificou um decréscimo na concentração de fungos após as atividades de limpeza, numa sala que foi limpa duas vezes durante o dia, comparativamente a outra sala semelhante que não sofreu qualquer tipo de higienização.

No EE 4 registou-se uma menor concentração de fungos ao início da manhã, aquando a ausência de ocupantes na sala de aula, comparativamente ao período da manhã, durante o decorrer das aulas (154 ± 53 UFC/m³ e 452 ± 47 UFC/m³). O fator que mais poderá ter contribuído para a variação na concentração de fungos é a ocupação. Segundo Jo e Seo (2005), a concentração de fungos é mais elevada quando há uma maior movimentação de ocupantes.

Em todas as salas avaliadas, a concentração de fungos interiores foi superior à exterior. Esta conclusão também foi retirada por Joe e Seo (2005) acerca dos resultados do seu estudo.

Conclusão

Existem vários fatores associados aos ambientes interiores que podem afetar a QAI e conseqüentemente, influenciar a saúde, o bem-estar e o conforto dos ocupantes. De entre estes, salientam-se, os próprios ocupantes, as condições estruturais e as atividades de limpeza como principais condicionantes da QAI.

Embora seja fundamental garantir uma boa QAI em todos os espaços interiores, os EE constituem um ambiente que se reveste de particular importância, uma vez que as crianças apresentam uma maior vulnerabilidade a poluentes ambientais e permanecem um elevado período do seu dia no interior das escolas. Para além disso, existem evidências que a exposição a poluentes ambientais no interior das salas de aula prejudica o desempenho escolar dos alunos.

Vários estudos têm demonstrado que os edifícios escolares antigos apresentam anomalias estruturais devido à falta de ações de conservação e remodelação. A falta de obras nas escolas pode desencadear problemas, como a presença de humidade e conseqüentemente a existência de fungos, no interior dos espaços. As escolas mais antigas têm vindo a ser relacionadas com elevadas concentrações de CO₂, devido à inexistência de sistemas de ventilação capazes de efetuar a renovação total do ar. Todavia, os edifícios escolares recentes, parecem apresentar maiores concentrações de COV e de formaldeído. Todavia, como se constatou neste estudo, as salas de aula, em geral, apresentaram concentrações elevadas de CO₂. Vários estudos, como o de Fraga *et al.* (2008), o de Almeida *et al.* (2011), o de Costa (2011) e o de Viegas *et al.* (2012) também evidenciaram resultados semelhantes, revelando que as concentrações elevadas de CO₂ são um problema comum nas escolas.

No presente estudo, as principais anomalias detetadas nos EE antigos foram a presença de pavimento e paredes degradados, em alguns locais, e a inexistência de ventilação adequada. Os edifícios mais recentes possuem ótimas condições estruturais e funcionais. No entanto, constatou-se que possuem o sistema de ventilação mecânica desligado, o que pode comprometer seriamente a QAI no edifício.

No que respeita ao ambiente térmico, a temperatura foi o único parâmetro que se manteve de acordo com os valores regulamentares, em todas as salas de aula avaliadas.

A humidade relativa foi elevada na maioria das salas, sendo que, possivelmente, em alguns casos ocorreu uma influência do ar exterior no interior. Os valores de velocidade do ar medidos foram inferiores ao valor mínimo recomendado, em todos os espaços avaliados, o que sugere que poderá existir uma estagnação de ar em alguns locais.

Relativamente ao CO₂, registaram-se concentrações superiores ao valor máximo estabelecido na legislação, em todas as salas de aula. Este facto parece estar relacionado com a ocupação humana e com a inexistência de ventilação adequada no interior dos espaços. Foram medidas concentrações de CO₂ abaixo do limite máximo regulamentar, aquando a ausência dos ocupantes nos espaços, o que comprova que o aumento de CO₂ é provocado pela presença dos ocupantes. Verificou-se que a concentração de CO₂ aumentou ao longo do dia, o que faz sentido se considerarmos que os espaços não têm ventilação adequada para diluir o CO₂ libertado pelas pessoas, através da respiração. É extremamente importante que as escolas possuam um sistema de ventilação capaz de garantir uma taxa de renovação do ar adequada, de modo a salvaguardar a qualidade do ar interior.

As concentrações interiores de CO foram inferiores às exteriores, sugerindo que a maior influência deste poluente no interior são as fontes externas, como o tráfego. No entanto, tendo em conta que as zonas onde os EE se localizam não possuem uma grande afluência de tráfego, faz sentido que se tenham obtido concentrações de CO abaixo do valor máximo estabelecido para este poluente.

Os resultados relativos à monitorização de partículas demonstraram que em todos os EE foram medidas concentrações médias inferiores à concentração máxima estabelecida na legislação portuguesa. No entanto, foram detetados valores máximos superiores a 0,15 mg/m³ em algumas salas de aula, associadas provavelmente às atividades desenvolvidas no seu interior. Verificou-se que as salas de aula onde foram registados picos na concentração de PM₁₀ possuíam quadro de giz, o que poderá ter influenciado o aumento de partículas no interior dos espaços.

Foram detetadas concentrações de bactérias superiores a 500 UFC/m³ em todas as salas de aula. As elevadas concentrações deste contaminante biológico parecem estar relacionadas com a ocupação dos espaços, uma vez que aquando a ausência dos alunos e dos professores, se obtiveram concentrações abaixo do valor máximo estabelecido. As

concentrações de bactérias obtidas oito e dezasseis dias após a implementação do plano de higienização, evidenciaram uma diminuição considerável de bactérias na segunda semana. No entanto, os níveis de bactérias permaneceram mais elevados do que a concentração máxima admissível, o que poderá indicar que os processos de limpeza não são suficientes para manter o parâmetro a níveis aceitáveis. A ventilação adequada dos espaços poderá contribuir consideravelmente para baixar a concentração de bactérias.

No que diz respeito aos fungos, foram registadas concentrações de fungos elevadas em salas de aula com uma percentagem elevada de humidade relativa. A concentração destes agentes biológicos parece ser também influenciada pela ocupação humana, uma vez que se registou um decréscimo na concentração de fungos, aquando a ausência de ocupantes nos espaços. Outro dos fatores que poderá ter contribuído para a diminuição de fungos foi a limpeza, uma vez que se obteve concentrações menores após a implementação do plano de higienização.

Pela análise dos resultados obtidos, verificou-se que o fator que mais parece condicionar a QAI dos espaços avaliados é a ventilação. No entanto, existem outros fatores que poderão ter um importante contributo, como, as atividades dos alunos e as operações de limpeza. No sentido de melhorar a QAI nos espaços avaliados recomenda-se o seguinte:

- Abrir regularmente as portas e as janelas, principalmente, durante os períodos de recreio, de almoço e noturno;
- Manter em funcionamento os sistemas de ventilação mecânica, nos EE onde estes existem, de forma a garantir a taxa de renovação de ar adequada;
- Dar continuidade à implementação do plano de higienização das salas de aula;
- Utilizar os quadros de caneta em detrimento dos de giz, nas salas de aula que possuem ambos;
- Efetuar a limpeza húmida dos quadros de giz.

Estudos Futuros

Como perspetivas de trabalhos futuros sugerem-se os seguintes:

- Monitorizar os parâmetros ambientais durante um maior período de implementação do plano de higienização, com vista a retirar conclusões acerca da influência das atividades de limpeza na QAI;
- Avaliar a QAI dos EE durante todas as estações do ano, com o objetivo de estudar o comportamento dos poluentes;
- Efetuar um estudo sintomatológico nos ocupantes dos espaços, de forma a verificar-se a perceção destes acerca da QAI;
- Realizar uma avaliação de QAI em escolas de diferentes graus de ensino, de modo a verificar se existem diferenças na exposição dos alunos aos vários poluentes ambientais.

Referências Bibliográficas

- Agency For Toxic Substances And Disease Registry (2012). Radon. Acedido a 1 de Maio de 2013 em: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts145.pdf>.
- Al-ajmi, F. F. e Loveday, D. L. (2010). Indoor thermal conditions and thermal comfort in air-conditioned domestic buildings in the dry-desert climate of Kuwait. *Building and Environment*. **45**: 704 – 710.
- Almeida, S. M., Canha, N., Silva, A., Freitas, M. C., Pegas, P., Alves, C., Evtyugina, M., Pio, C. A. (2011). Children exposure to atmospheric particles in indoor of Lisbon primary schools. *Atmospheric Environment*. **45**: 7594 – 7599.
- Al-Rashidi, K., Loveday, D., Al-Mutawa, N. (2012). Impact of ventilation modes on carbon dioxide concentration levels in Kuwait classrooms. *Energy and Buildings*. **47**: 540 – 549.
- Ambiente, A. P. (2010). Qualidade do Ar em Espaços Interiores – Um Guia Técnico. Agência Portuguesa do Ambiente. Amadora.
- An, J. Y., Kim, S., Kim, H. J., Seo, J. (2010). Emission behavior of formaldehyde and TVOC from engineered flooring in under heating and air circulation systems. *Building and Environment*. **45**: 1826 – 1833.
- Annesi-Maesano, I., Moreau, D., Caillaud, D., Lavaud, F., Moullec, Y. L., Taytard, A., Pauli, G., Charpin, D. (2007). Residential proximity fine particles related to allergic sensitisation and asthma in primary school children. *Respiratory Medicine*. **101**: 1721 – 1729.
- ANSI/ASHRAE Standard 62.1 (2004). Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta.
- Bakó-Biró, Z. S. Clements-Croome, D. J., Kochhar, N., Awbi, H. B., Williams, M. J. (2012). Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment*. **48**: 215 – 223.

- Basilico, M. L. Z., Chiericatti, C., Aringoli, E. E., Althaus, R. L., Basilico, J. C. (2007). Influence of environmental factors on airborne fungi in houses of Santa Fe City, Argentina. *Science of the Total Environment*. **376**: 143 – 150.
- Berek, L., Petri, I. B., Mesterházy, A., Téren, J., Molnár, J. (2001). Effects of mycotoxins on human immune functions in vitro. *Toxicology in Vitro*. **15**: 25 – 30.
- 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.
- Binding, N. (2003). Quantification of bacterial lipopolysaccharides (endotoxin) by GC–MS determination of 3-hydroxy fatty acids. *Journal of Environmental Monitoring*. **6**: 65 – 70.
- Bluyssen, P. (2009). Towards an integrative approach of improving indoor air quality. *Building and Environment*. **44**: 1980 – 1989.
- Braňis, M., Řezáčová, P., Domasová, M. (2005). The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM₁₀, PM_{2.5}, and PM₁ in a classroom. *Environmental Research*. **99**: 143 – 149.
- Brown, V. M., Coward, S. K. D., Crump, D. R., Llewellyn, J. W., Mann, H. S., Raw, G. J. (2002). Indoor air quality in English homes – formaldehyde. *Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. **4**: 473-476.
- Bush, R. K., Bortnoy, J. M. (2001). The role and abatement of fungal allergens in allergic diseases. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. **107**: S430 – S440.
- Cabral, J. P. S. (2010). Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions. *Science of the Total Environment*. **408**: 4285 – 4295.
- Cann, P., Bonvalot, N., Glorennec, P., Deguen, S., Goeury, C., Bot, B. (2011). Indoor environment and children's health: Recent developments in chemical, biological,

- physical and social aspects. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. **215**: 1 – 18.
- Carrer, P., Maroni, M., Alcini, D., Cavallo, D. (2001). Allergens in indoor air: environmental assessment and health effects. *The Science of the Total Environment*. **270**: 33 – 42.
- Cartieaux, E., Rzepka, M. A., Cuny, D. (2011). Qualité de l'air a` l'intérieur des écoles. *Archives de Pédiatrie*. **18**: 789 – 796.
- Celik, N., Cevik, U., Celik, A., Kucukomeroglu, B. (2008). Determination of indoor radon and soil radioactivity levels in Giresun, Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity*. **99**: 1349 – 1354.
- 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.
- Chaloulakou, A., Mavroidis, I., Duci, A. (2003). Indoor and outdoor carbon monoxide concentration relationships at different microenvironments in the Athens area. *Chemosphere*. **52**: 1007 – 1019.
- Chan, P. L., Yu, P. H. F., Cheng, Y. W., Chan, C. Y. e Wong, P. K. (2009). Comprehensive characterization of indoor airborne bacterial profile. *Journal of Environmental Sciences*. **21**: 1148-1152.
- Chao, H. J., Schwartz, J., Milton, D. K., Burge, H. A. (2003). The Work Environment and Workers' Health in Four Large Office Buildings. *Environmental Health Perspectives*. **111**: 1242 – 1248.
- Chen, J., Rahman, N. M., Atiya, I. A. (2010). Radon exhalation from building materials for decorative use. *Journal of Environmental Radioactivity*. **101**: 317 – 322.
- Clements-Croome, D. J., Awbi, H. B., Bakó-Biró, Z., Kochhar, N., Williams, M. (2008). Ventilation rates in schools. *Building and Environment*. **43**: 362 – 367.
- Cohen, P., Potchter, O., Matzarakis, A. (2013). Human thermal perception of Coastal Mediterranean outdoor urban environments. *Applied Geography*. **37**: 1 – 10.

- Corgnati, S. P., Filippi, M., Viazzo, S. (2007). Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort. *Building and Environment*. **42**: 951 – 959.
- Costa, C. M. P. (2011). Estudo da Qualidade do Ar Interior num edifício departamental da UC. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Coimbra. 84 pp.
- Crook, B. e Burton, N. C. (2010). Indoor moulds, Sick Building Syndrome and building related illness. *Fungal Biology Reviews*. **24**: 106 – 113.
- Csobod, E., Rudnai, P., Vaskovi, E. (2010). School Environment and Respiratory Health of Children (Search). The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe Country Office Hungary. Hungary. Acedido a 1 de Setembro de 2013 em: http://search.rec.org/search1/doc/SEARCH%20publication_EN_final.pdf
- Daisey, J. M., Angell, W. J., Apte, M. G. (2003). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. *Indoor Air*. **13**: 53 – 64.
- Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril. Diário da República n.º 2411/67 – I- Série- A. Ministério da Economia e da Inovação. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril. Diário da República n.º 2468/67 – I- Série- A. Ministério da Economia e da Inovação. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril. Diário da República n.º 2416/67 – I- Série- A. Ministério da Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa.
- Dix-Cooper, L., Eskenazi, B., Romero, C., Balmes, J., Smith, K. R. (2012). Neurodevelopmental performance among school age children in rural Guatemala is associated with prenatal and postnatal exposure to carbon monoxide, a marker for exposure to woodsmoke. *NeuroToxicology*. **33**: 246 – 254.
- Eikmann, T. and Herr, C. (2005). Schmutzige Schulen sind ein Zeichen für fehlendes hygienisches Problembewusstsein im öffentlichen Bereich. *Umweltmed Forsch Prax*. **10**: 5 – 6. Acedido a 1 de Setembro de 2013 em: <http://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Schmutzige%20Schulen.pdf>.

- Environmental Protection Agency (2003). Energy Efficiency and Indoor Air Quality in Schools. Acedido a 25 de Abril de 2013 em: http://www.epa.gov/iaq/schools/pdfs/publications/ee_iaq.pdf.
- Environmental Protection Agency (2009). Indoor Air Quality Tools for Schools – Reference Guide. Indoor Air Quality.
- Espinosa, G., Golzarri, J. I., Angeles, A., Griffith, R. V. (2009). Nationwide survey of radon levels in indoor workplaces in Mexico using Nuclear Track Methodology. *Radiation Measurements*. **44**: 1051 – 1054.
- European Commission (2006). Health effects of school environment (HESE). Final Scientific Report. 79 pp. Acedido a 1 de Setembro de 2013 em: http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/pollution/fp_pollution_2002_frep_04.pdf
- Fernandes, E. O., Jantunen, M., Carrer, P., Seppänen, O., Harrison, P., Kephelopoulos, S. (2004). Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health Effects. Acedido a 30 de Abril de 2013 em: <http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/126459681EN6.pdf>
- Fiedoruk, K. G (2013). Correlations of air humidity and carbon dioxide concentration in the Kindergarten. *Energy and Buildings*. **62**: 45 – 50.
- Fox, A., Harley, W., Feigley, C., Salzberg, D., Sebastian, A., Larsson, L. (2003). Increased levels of bacterial markers and CO₂ in occupied school rooms. *Journal of Environmental Monitoring*. **5**: 246 – 252.
- Fraga, S., Ramos, E., Martins, A., Samúdio, M. J., Silva, G., Guedes, J., Fernandes, E. O., Barros, H. (2008). Indoor air quality and respiratory symptoms in Porto schools. *Revista Portuguesa de Pneumologia*. **14**: 487 – 507.
- Franchi, M., Carrer, P., Kotzias, D., Rameckers, E. M. A. L., Seppänen, O., Bronswijk, J. E. M. H., Viegi, G. (2004). Towards Healthy Air in Dwellings in Europe - The THADE Report. Acedido a 15 de Agosto de 2013 em: http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2001/pollution/fp_pollution_2001_frep_02.pdf

- Fromme, H., Diemer, J., Dietrich, S., Cyrys, J., Heinrich, J., Lang, W., Kiranoglu, M., Twardella, D. (2008). Chemical and morphological properties of particulate matter (PM₁₀, PM_{2,5}) in school classrooms and outdoor air. *Atmospheric Environment*. **42**: 6597 – 6606.
- Fromme, H., Twardella, D., Dietrich, S., Heitmann, D., Schierl, R., Liebl, B., Rüden, H. (2007). Particulate matter in the indoor air of classrooms—exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmospheric Environment*. **41**: 854 – 866.
- 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.
- Geiss, O., Giannopoulos, G., Tirendi, S., Moreno, J., Larsen, B. R., Kotzias, D. (2011). The AIRMEX study - VOC measurements in public buildings and schools/ kindergartens in eleven European cities: Statistical analysis of the data. *Atmospheric Environment*. **45**: 3676 – 3684.
- Gereda, J. E., Klinnert, M. D., Price, M. R., Leung, D. Y. M., Liu, A. H. (2001). Metropolitan home living conditions associated with indoor endotoxin levels. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. **107**: 790 – 796.
- Gilbert, N. L., Guay, M., Gauvin, D., Dietz, R. N., Chan, C. C., Lévesque, B. (2008). Air change rate and concentration of formaldehyde in residential indoor air. *Atmospheric Environment*. **42**: 2424 – 2428.
- Godoi, R., Tavares, T., Grieken, R. (2009). Indoor Air Quality Assessment of Elementary Schools in Curitiba, Brazil. *Water Air Soil Pollut.* **9**: 171 – 177.
- Griffiths, M. e Eftekharis, M. (2008). Control of CO₂ in a naturally ventilated classroom. *Energy and Buildings*. **40**: 556 – 560.
- Hanking, W., Chunhua, H., Zhiqiang, L., Guangfa, T., Yingyun, L., Zhiyong, W. (2006). Dynamic evaluation of thermal comfort environment of air-conditioned buildings. *Building and Environment*. **41**: 1522 – 1529.

- Heudorf, U., Neitzert, V. e Spark, J. (2009). Particulate matter and carbon dioxide in classrooms – The impact of cleaning and ventilation. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* **212**: 45-55.
- Hodgson, J. C. (2006). Endotoxin and Mammalian Host Responses During Experimental Disease. *Journal of Comparative Pathology.* **135**: 157 – 175.
- Hospoddsky, D., Qian, J., Nazaroff, W. W., Yamamoto, N., Bibly, K., Rismani-Yazdi, H., Peccia, J. (2012). Human Occupancy as a Source of Indoor Airborne Bacteria. *Plos One.* **7**: e34867.
- Huang, H., Haghghat, F. (2003). Building materials VOC emissions—a systematic parametric study. *Building and Environment.* **38**: 995 – 1005.
- Huibo, Z. e Hiroshi, Y. (2010). Analysis of indoor humidity environment in Chinese residential buildings. *Building and Environment.* **45**: 2132-2140.
- Hussein, H. S. e Brasel, J. M. (2001). Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology.* **167**: 101 – 134.
- Huttunen, K., Rintala, H., Hirvonen, M. R., Vepsäläinen, A., Hyvärinen, A., Meklin, T., Toivola, M., Nevalainen, A. (2008). Indoor air particles and bioaerosols before and after renovation of moisturedamaged buildings: The effect on biological activity and microbial flora. *Environmental Research.* **107**: 291 – 298.
- IAQA, Indoor Air Quality Association. (2000). Recommended Guidelines for Indoor Environments.
- Institute for Health and Consumer Protection (2005). Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU – The Index Project. Acedido a 25 de Abril de 2013 em: http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/pollution/fp_pollution_2002_frep_02.pdf.
- ISO 7726:1998. Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. International Organization for Standard.

- ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Organization for Standard.
- Jelle, B. P. (2012). Development of a model for radon concentration in indoor air. *Science of Total Environment*. **416**: 343 – 350.
- Jenkins, D. P., Peacock, A. D., Banfill, P. F. G. (2009). Will future low-carbon schools in the UK have an overheating problem? *Building and Environment*. **44**: 490 – 501.
- Jo, W. K e Seo, Y. J. (2005). Indoor and outdoor bioaerosol levels at recreation facilities, elementary schools, and homes. *Chemosphere*. **61**: 1570 – 1579.
- Kagi, N., Fujii, S., Horiba, Y., Namiki, N., Ohtani, Y., Emi, H., Tamura, H., Kim, Y. S. (2007). Indoor air quality for chemical and ultrafine particle contaminants from printers. *Building and Environment*. **42**: 1949 – 1954.
- Kalogerakis, N., Paschali, D., Lekaditis, V., Pantidou, A., Eleftheriadis, K., Lazaridis, M. (2005). Indoor air quality—bioaerosol measurements in domestic and office premises. *Aerosol Science*. **36**: 751 – 761.
- Karbowska-Berent, J., Górny, R. L., Strzelczyk, A. B., Wlazlo, A. (2011). Airborne and dust borne microorganisms in selected Polish libraries and archives. *Building and Environment*. **46**: 1872 – 1879.
- Kawamura, K., Vestergaard, M., Ishiyama, M., Nagatani, N., Hashiba, T., Tamiya, E. (2006). Development of a novel hand-held toluene gas sensor: Possible use in the prevention and control of sick building syndrome. *Measurement*. **39**: 490 – 496.
- Kim, J. L., Elfman, L., Mi, Y., Wieslander, G., Smedje, G., Norbäck, D. (2007). Indoor molds, bacteria, microbial volatile organic compounds and plasticizers in schools – associations with asthma and respiratory symptoms in pupils. *Indoor Air*. **17**: 153 – 163.
- Kotzias, D., Geiss, O., Tirendi, S., Josefa, B., Reina, V., Gotti, A., Graziella, C., Casati, B., Marafante, E., Sarigiannis, D. (2009). Exposure to multiple air contaminants in public buildings, schools and kindergartens – the European indoor air monitoring and

- exposure assessment (AIRMEX) study. *Fresenius Environment Bulletin*. **18**: 670 – 681.
- Kuder, E. M. (2003). Seasonal variations in the occurrence of culturable airborne fungi in outdoor and indoor air in Craców. *International Biodeterioration & Biodegradation*. **52**: 203 – 205.
- Kuske, M., Romain, A. C., Nicolas, J. (2005). Microbial volatile organic compounds as indicators of fungi. Can an electronic nose detect fungi in indoor environments?. *Building and Environment*. **40**: 824 – 831.
- Lappalainen, S., Kähkönen, E., Loikkanen, P., Palomäki, E., Lindroos, O., Reijula, K. (2001). Evaluation of priorities for repairing in moisture-damaged school buildings in Finland. *Building and Environment*. **36**: 981 – 986.
- Liao, C. M., Luo, W. C., Chen, S. C., Chen, J. W., Liang, H. M. (2004). Temporal/seasonal variations of size-dependent airborne fungi indoor/outdoor relationships for a wind-induced naturally ventilated airspace. *Atmospheric Environment*. **38**: 4415 – 4419.
- Liao, V. H. C., Chio, C. P., Chou, W. C., Ju, Y. R., Liao, C. M. (2010). Modeling human health risks of airborne endotoxin in homes during the winter and summer seasons. *Science of the Total Environment*. **408**: 1530 – 1537.
- Liqun, G. e Yanqun, G. (2011). Study on building materials and indoor pollution. *Procedia Engineering*. **21**: 789 – 794.
- Liu, A. (2002). Endotoxin exposure in allergy and asthma: Reconciling a paradox. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. **109**: 279 – 392.
- Mandal S., Ruggles R., Leonardi G., Goodfellow F., Bradley N., Murray V. (2011). Developing best practice response to carbon monoxide incidents: A toolkit for health protection frontline staff. *Public Health*. **125**: 148-156.
- Marmot, A. F., Eley, J., Stafford, M., Stansfield, S. A., Warwick, E., Marmot, M. G. (2006). Building health: an epidemiological study. *Occupational and Environmental Medicine*. **63**: 283 – 289.

- Martínez, A. M. e Díaz, V. (2006). Calidad del aire interior en los centros de educación infantil del país Vasco. Acedido a 8 de Julho de 2013 em: http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive/climamed/16.pdf.
- Martínez, F. J. R. e Callejo, R. C. (2006). Edificios saludables para trabajadores sanos: calidad de ambientes interiores. Acedido a 30 de Abril de 2013 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
- Massey, D., Kulshrestha, A., Masih, J., Taneja, A. (2012). Seasonal trends of PM10, PM5.0, PM2.5 & PM1.0 in indoor and outdoor environments of residential homes located in North-Central India. *Building and Environment*. **47**: 223 – 231.
- Mateus, V. L., Monteiro, I. L. G., Rocha, R. C. C., Saint’Pierre, T. D., Gioda, A. (2013). Study of the chemical composition of particulate matter from the Rio de Janeiro metropolitan region, Brazil, by inductively coupled plasma-mass spectrometry and optical emission spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B*.
- Medrela-Kuder, E. (2003). Seasonal variations in the occurrence of culturable airborne fungi in outdoor and indoor air in Craców. *International Biodeterioration & Biodegradation*. **52**: 203 – 205.
- Meerdink, G. L. (2002). Mycotoxins. *Clinical Techniques in Equine Practice*. **1**: 89 – 93.
- Meklin, T., Reponen, T., Toivola, M., Koponen, V., Husman T., Hyvärinen, A., Nevalainen, A. (2002). Size distributions of airborne microbes in moisture-damaged and reference school buildings of two construction types. *Atmospheric Environment*. **36**: 6031 – 6039.
- Mendell and Heath (2005). Do Indoor Pollutants and Thermal Conditions in Schools Influence Student Performance? A Critical Review of the Literature. *Indoor Air Journal*. **15**: 27 – 32.

- Montazami, A., Wilson, M., Nicol, F. (2012). Aircraft noise, overheating and poor air quality in classrooms in London primary schools. *Building and Environment*. **52**: 129 – 141.
- Mudway, I. S. e Kelly, F. J. (2000). Ozone and the lung: a sensitive issue. *Molecular Aspects of Medicine*. **21**: 1 – 48.
- Mysen, M., Berntsen, S., Naftad, P., Schild, P. G. (2005). Occupancy density and benefits of demand-controlled ventilation in Norwegian primary schools. *Energy and Buildings*. **37**: 1234 – 1240.
- NIOSH (1998). Bioaerossol sampling (Indoor Air). Method 0800. Issue 1.
- Norhidayah, A., Kuang, L. C., Azhar, M. K., Nurulwahida, S. (2013). Indoor Air Quality and Sick Building Syndrome in Three Selected Buildings. *Procedia Engineering*. **53**: 93 – 98.
- Nweze, E., Ezute, S., Emeka, N., Ogbonna, C., Eze, C. (2012). Bacteria etiological agents causing respiratory tract infections in children and their resistance patterns to a panel of ten antibiotics. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. **2**: 18 – 23.
- Ohura, T., Amagai, T., Shen, X., Li, S., Zhang, P. e Zhu, L. (2009). Comparative study on indoor air quality in Japan and China: characteristics of residential indoor and outdoor VOCs. *Atmospheric Environment*. **43**: 6352-6359.
- Pacheco-Torgal, F. (2012). Indoor radon: An overview on a perennial problem. *Building and Environment*. **58**: 270 – 277.
- Parra, M. A., Elustondo, D., Bermejo, R., Santamaría, J. M. (2008). Quantification of indoor and outdoor volatile organic compounds (VOCs) in pubs and cafe´s in Pamplona, Spain. *Atmospheric Environment*. **42**: 6647 – 6654.
- Pastuszka, J. S., Paw, U. K. T., Lis, D. O., Wlazlo, A., Ulfig, K. (2000). Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmospheric Environment*. **34**: 3833 – 3842.
- Pegas, P. N., Nunes, T., Alves, C. A., Silva, J. R., Vieira, S. L. A., Caseiro, A., Pio, C. A. (2012). Indoor and outdoor characterisation of organic and inorganic compounds in

- city centre and suburban elementary schools of Aveiro, Portugal. *Atmospheric Environment*. **55**: 80 – 89.
- Perry, R., Barnes, C., Pacheco, F., Gard, L., Forrest, E., Johnson, L., Portnoy, J. (2008). Control of Indoor Fungal Exposure through Education and Cleaning Practices. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. **121**: S91.
- Polednik, B. (2013). Particulate matter and student exposure in school classrooms in Lublin, Poland. *Environmental Research*. **120**: 134 – 139.
- Prockop L. D., Chichkova R. I. (2007). Carbon monoxide intoxication: An updated review. *Journal of the Neurological Sciences*. **262**: 122-130.
- 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. 135 pp.
- Quadros, M. E., Lisboa, H. M., Oliveira, V. L., Schirmer, W. N. (2009). Qualidade do ar interno em ambientes hospitalares. Acedido a 27 de Julho de 2013 em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/91068/251940.pdf?sequence=1>
- Raaschou-Nielsen, O., Hermansen, M. N., Loland, L., Bushvald, F., Pipper, C. B., Sorensen, M., Loft, S., Bisgaard, H. (2010). Long-term exposure to indoor air pollution and wheezing symptoms in infants. *Indoor Air*. **20**: 159 – 167.
- Raub, J. A., Mathieu-Nolf, M., Hampson, N. B., Thom, S. R. (2000). Carbon monoxide poisoning – a public health perspective. *Toxicology*. **145**: 1 – 14.
- Roda, C., Guihenneuc-Jouyaux, C., Momas, I. (2013). Environmental triggers of nocturnal dry cough in infancy: New insights about chronic domestic exposure to formaldehyde in the PARIS birth cohort. *Environmental Research*. **123**: 46 – 51.
- Ryan, T. J. e Beaucham, C. (2013). Dominant microbial volatile organic compounds in 23 US homes. *Chemosphere*. **90**: 977 – 985.
- Sahlberg, B., Gunnbjörnsdóttir, M., Soon, A., Jogi, R., Gislason, T., Wieslander, G., Janson, C., Norback, D. (2013). Airborne molds and bacteria, microbial volatile organic compounds (MVOC), plasticizers and formaldehyde in dwellings in three

- North European cities in relation to sick building syndrome (SBS). *Science of the Total Environment*. **444**: 433 – 440.
- Saijo, Y., Nakagi, Y., Ito, T., Sugioka, Y., Endo, H., Yoshida, T. (2010). Dampness, food habits, and sick building syndrome symptoms in elementary school pupils. *Environmental Health and Preventive Medicine*. **15**: 276 – 284.
- Sakai, K., Norbäck, D., Mi, Y., Shibata, E., Kamijima, M., Yamada, T., Takeuchi, Y. (2004). A comparison of indoor air pollutants in Japan and Sweden: formaldehyde, nitrogen dioxide, and chlorinated volatile organic compounds. *Environmental Research*. **94**: 75 – 85.
- Salo, P. M., Sever, M. L., Zeldin, D. C. (2009). Indoor allergens in school and day care environments. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. **124**: 185 – 192.
- Salthammer, T. (2011). Critical evaluation of approaches in setting indoor air quality guidelines and reference values. *Chemosphere*. **82**: 1507 – 1517.
- Santamouris, M., Synnefa, A., Assimakopoulos, M., Livada, I., Pavlou, K., Papaglastra, M., Gaitani, N., Kolokotsa, D. e Assimakopulos, V. (2008). Experimental investigation of the air flow and indoor carbon dioxide concentration in classrooms with intermittent natural ventilation. *Energy and Buildings*. **40**: 1833-1843.
- Santour, M., Sixt, N., Dalle, F., L'Ollivier, C., Fourquenot, V., Calinon, C., Paul, K., Valvin, S., Maurel, A., Aho, S., Couinllaault, G., Cachia, C., Vagner, O., Cuisenier, B., Caillot, D., Bonnin, A. (2009). Profiles and seasonal distribution of airborne fungi in indoor and outdoor environments at a French hospital. *Science of the Total Environment*. **407**: 3766 – 3771.
- Sarbu, I. e Sebarchievici, C. (2013). Aspects of indoor environmental quality assessment in buildings. *Energy and Buildings*. **60**: 410 – 419.
- Sarigiannis, D. A., Karakitsios, S. P., Gotti, A., Liakos, I. L. e Katsoyiannis A. (2011). Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risks. *Environment International*. **37**: 743-765.

- Schlink, U., Thiem, A., Kohajda, T., Richter, M., Strebel, K. (2010). Quantile regression of indoor air concentrations of volatile organic compounds (VOC). *Science of the Total Environment*. **408**: 3840 – 3851.
- Shaughnessy, U. H., Moschandreas, D. J., Shaughnessy, R. J. (2011). Association between substandard classroom ventilation rates and students' academic achievement. *Indoor Air*. **21**: 121 – 131.
- Sherif, S. O., Salama, E. E., Abdel-Wahhaab, M. A. (2009). Mycotoxins and child health: The need for health risk assessment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. **212**: 347 – 368.
- Simoni, M., Carrozzi, L., Baldacci, S., Scognamiglio, A., Di Pede, F., Sapigni, T. (2002). The Po River Delta (North Italy) Indoor epidemiological study: effects of pollutant exposure on acute respiratory symptoms and respiratory function in adults. *Archives of Environmental Health: An International Journal*. **57**: 130 – 136.
- Sofuoglu, S. C., Aslan, G., Inal, F., Sofuoglu, A. (2011). An assessment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. **214**: 36 – 46.
- Speijers, G. J. A. e Speijers, M. H. M. (2004). Combined toxic effects of mycotoxins. *Toxicology Letters*. **153**: 91 – 98.
- Stranger, M., Vermaak, S. S. P., Grieken, R. V. (2007). Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium. *Environment International*. **33**: 789 – 797.
- Sultan, Z. M. (2007). Estimates of associated outdoor particulate matter health risk and costs reductions from alternative building, ventilation and filtration scenarios. *Science of the Total Environment*. **377**: 1-11.
- Takigawa, T., Wang, B. L., Sakano, N., Wang, D. H., Ogino, K., Kishi, R. (2009). A longitudinal study of environmental risk factors for subjective symptoms associated with sick building syndrome in new dwellings. *Science of the Total Environment*. **407**: 5223 – 5228.

- Tavernier, G., Fletcher, G., Gee, I., Watson, A., Blacklock, G., Francis, H., Fletcher, A., Frank, T., Frank, P., Pickering, C. A., Niven, R. (2006). IPEADAM study: Indoor endotoxin exposure, family status, and some housing characteristics in English children. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. **117**: 656 – 662.
- Teli, D., Jentsch, M. F., James, P. A. B. (2012). Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. *Energy and Buildings*. **53**: 166 – 182.
- Tippayawong, N., Khuntong, P., Nitatwichit, C., Khunatorn, Y., Tantakitti, C. (2009). Indoor/outdoor relationships of size-resolved particle concentrations in naturally ventilated school environments. *Building and Environment*. **44**: 188 – 197.
- Tischer, C. G. e Heinrich, J. (2013). Exposure assessment of residential mould, fungi and microbial components in relation to children's health: Achievements and challenges. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. **216**: 109 – 114.
- Tran, D. T., Alleman, L. Y., Coddeville, P., Galloo, J. C. (2012). Elemental characterization and source identification of size resolved atmospheric particles in French classrooms. *Atmospheric Environment*. **54**: 250 – 259.
- Uhde, E. e Salthammer, T. (2007). Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality—A review of recent advances in indoor chemistry. *Atmospheric Environment*. **41**: 3111 – 3128.
- Umwelbundesamt Berlin (2008). Guidelines for Indoor Air Hygiene in School Buildings. Acedido a 15 de Junho de 2013 em: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4113.pdf>.
- Vapotič, J. e Kopal, I. (2005). Radon exposure in Slovenian kindergartens and schools. *International Congress Series*. **1276**: 375 – 376.
- Veloso, B., Nogueira, J. R., Cardoso, M. F. (2012). Lung cancer and indoor radon exposure in the north of Portugal – An ecological study. *Cancer Epidemiology*. **36**: e26 – e32.

- Venoso, G., Cicco, F. D., Flores, B., Gialanella, L., Pugliese, M., Roca, V., Sabbarese, C. (2009). Radon concentrations in schools of the Neapolitan área. *Radiation Measurements*. **44**: 127 – 130.
- Viegas, J., Papoila, A. L., Martins, P., Aelenei, D., Cano, M., Proença, C., Teixeira, J., Nogueira, S., Mendes, A., Pinto, A., Paixão, P., Pinto, R., Neuparth, N. (2012). VENTILAÇÃO, QUALIDADE DO AR E SAÚDE EM CRECHES E INFANTÁRIOS RESULTADOS PRELIMINARES DO PROJETO ENVIRH. Congresso Construção 2012. Coimbra. 12 pp.
- Walgraeve, C., Demeestere, K., Dewulf, J., Zimmermann, R. e Langenhove, H. V. (2010). Oxygenated polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric particulate matter: Molecular characterization and occurrence. *Atmospheric Environment*. **44**: 1831-1846.
- Wang, B. L., Takigawa, T., Yamasaki, Y., Sakano, N., Wang, D. H., Ogino, K. (2008). Symptom definitions for SBS (sick building syndrome) in residential dwellings. *International Journal of Hygiene and Environmental*. **211**: 114 – 120.
- Wargocki, P. e Wyon, D. P. (2007). The effects of outdoor air supply rate and supply air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children. *HVAC & R Research*. **13**: 165 – 191.
- Wechler, C. J. (2009). Changes in indoor pollutants since the 1950s. *Atmospheric Environment*. **43**: 153-169.
- Wichmann, J., Lind, T., Nilsson, M. A., Bellander, T. (2010). PM_{2.5}, soot and NO₂ indooreoutdoor relationships at homes, pre-schools and schools in Stockholm, Sweden. *Atmospheric Environment*. **44**: 4536 – 4544.
- Wolkoff, P. e Kjaergaard, S. K. (2007). The dichotomy of relative humidity on indoor air quality. *Environment International*. **33**: 850-857.
- Wolkoff, P. e Nielsen, G. D. (2001). Organic compounds in indoor airFtheir relevance for perceived indoor air quality? *Atmospheric Environment*. **35**: 4407 – 4417.

World Health Organization (2000). Air quality Guidelines for Europe. Acedido a 1 de Maio de 2013 em: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf.

World Health Organization (2009). Damp and mould – Health risks, prevention and remedial actions.

World Health Organization (2009). Guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Acedido a 1 de Maio de 2013 em: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf.

Yang, W., Sohn, J., Kim, J., Son, B., Park, J. (2009). Indoor air quality investigation according to age of the school buildings in Korea. *Journal of Environmental Management*. **90**: 348 – 354.

Yu, B. F., Hu, Z. B., Liu, M., Yang, H. L., Kong, Q. X. e Liu, Y. H. (2009). Review of research on air – conditioning systems and indoor air quality control for human health. *International Journal of Refrigeration*. **32**: 3-20.

Zeiler, W., Boxem, G. (2009). Effects of thermal activated building systems in schools on thermal comfort in winter. *Building and Environment*. **44**: 2308 – 2317.

Zhang, Y., Mo, J., Li, Y., Sundell, J., Wargocki, P., Zhang, J., Little, J. C., Corsi, R., Deng, Q., Leung, M. H. K., Fang, L., Chen, W., Li, J., Sun, Y. (2011). Can commonly-used fan-driven air cleaning technologies improve indoor air quality? A literature review. *Atmospheric Environment*. **45**: 4329 – 4343.

Zhao, B. e Wu, J. (2007). Particle deposition in indoor environments: Analysis of influencing factors. *Journal of Hazardous Materials*. **147**: 439 – 448.

Zuraimi, M. S. e Tham, K. W. (2008). Indoor air quality and its determinants in tropical child care centers. *Atmospheric Environment*. **42**: 2225–2239.

ANEXOS

ANEXO I – *CHECKLIST* DE CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS EE

Ficha de Caracterização dos Estabelecimentos Escolares (EE)

1. Identificação	
1.1. Nome:	
1.2. Morada:	
1.3 Data:	Hora:

2. Localização	
2.1. Zona de Implantação: Rural <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Urbana	
2.2. Existem possíveis fontes de contaminação nas imediações do EE?	
Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	Se sim, quais?
Na vizinhança do EE existe:	
2.3. Emissão permanente de gases de combustão? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
2.4. Odores desagradáveis? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
2.5. Emissão permanente de partículas e/ou fumo? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	

3. Caracterização Geral	
3.1. Quantos pisos possui o edifício? 1 Piso <input type="checkbox"/> 2 pisos <input type="checkbox"/> Mais de 2 pisos <input type="checkbox"/>	
3.2. Quantas divisões o edifício possui? 1- 10 <input type="checkbox"/> 11 – 20 <input type="checkbox"/> 21 - 30 <input type="checkbox"/> 31 ou mais <input type="checkbox"/>	
3.3. Em que ano foi construído o edifício?	

4. Caracterização dos Espaços Interiores	
4.1. Quais os revestimentos de:	
4.1.1. Paredes?	
4.1.2. Tetos?	
4.1.3. Pavimentos?	
4.2. Os pavimentos, tetos e paredes encontram-se em bom estado de conservação? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
4.3. Os pavimentos, tetos e paredes encontram-se em bom estado de higienização? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
4.4. Qual o número médio de ocupantes nas salas de aula?	

5. Ventilação
5.1. Existem janelas (cuja abertura seja possível) nas salas de aula? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
5.2. As janelas são abertas: Frequentemente <input type="checkbox"/> Pouco frequentemente <input type="checkbox"/> Raramente <input type="checkbox"/>
5.3. Qual o tipo de ventilação existente? Natural <input type="checkbox"/> Mecânica <input type="checkbox"/> No caso de ser mecânica existe: Insuflação <input type="checkbox"/> Extração <input type="checkbox"/> Ar Condicionado <input type="checkbox"/>
5.4. As grelhas de ventilação encontram-se em bom estado de higienização? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
5.5. A captação do ar exterior ocorre: Pelo telhado <input type="checkbox"/> Por uma parede <input type="checkbox"/> Qual?
5.6. Periodicidade de substituição dos filtros de ar condicionado:
5.7. Data da última substituição dos filtros de ar condicionado:

6. Iluminação
6.1. Os espaços possuem: Iluminação natural <input type="checkbox"/> Iluminação artificial <input type="checkbox"/>
6.2. As janelas possuem dispositivos que permitam regular a intensidade solar?

7. Potenciais Fontes de Contaminação
7.1. Existem vestígios de infiltrações? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
7.2. Existem fungos/bolores? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
7.3. No local existem: 7.3.1. Computadores? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Se sim, quantos? 7.3.2. Impressoras/Fotocopiadoras? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Se sim, quantas? 7.3.3. Plantas? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Se sim, quantas?
7.4. Quanto aos produtos de limpeza utilizados: 7.4.1. Quais os principais? 7.4.2. Existem fichas de dados de segurança de todos os produtos? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>

7.5. Com que periodicidade é feita a higienização do local?

7.6. Quando é que as operações de limpeza são efetuadas?

7.7. Existem procedimentos e instruções de trabalho definidas para as operações de limpeza?

Sim Não

8. *Layout* do EE

9. Observações

ANEXO II – *CHECKLIST* DE CARACTERIZAÇÃO DAS SALAS DE AULA

Ficha de Caracterização das Salas de Aula

1. Identificação e Caracterização	
1.1. Data:	1.2. Hora:
1.3. Nome da sala:	
1.4. Número de janelas existentes:	
1.5. Número de portas existentes:	
1.6. As janelas comunicam com:	
Exterior <input type="checkbox"/> Corredor <input type="checkbox"/> Outro compartimento <input type="checkbox"/>	
1.7. As portas comunicam com:	
Exterior <input type="checkbox"/> Corredor <input type="checkbox"/> Outro compartimento <input type="checkbox"/>	
1.8. Área da sala:	
1.9. Número normal de ocupantes:	
1.10. Número de ocupantes presente no momento da avaliação:	

2. Características dos Revestimentos
2.1. Revestimentos das Paredes:
2.2. Revestimentos do Teto:
2.3. Revestimento do Pavimento:
2.4. As paredes encontram-se:
Em bom estado de higienização <input type="checkbox"/> Em bom estado de conservação <input type="checkbox"/>
2.5. O Teto encontra-se:
Em bom estado de higienização <input type="checkbox"/> Em bom estado de conservação <input type="checkbox"/>
2.6. O pavimento encontra-se:
Em bom estado de higienização <input type="checkbox"/> Em bom estado de conservação <input type="checkbox"/>
2.7. Existem cortinados? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>

3. Iluminação
3.1. A iluminação do espaço é:
Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input type="checkbox"/>
3.2. As janelas estão orientadas para:
Norte <input type="checkbox"/> Sul <input type="checkbox"/> Este <input type="checkbox"/> Oeste <input type="checkbox"/>
3.3. Existem dispositivos de regulação solar nas janelas? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
3.4. A iluminação artificial é:
Geral <input type="checkbox"/> Localizada <input type="checkbox"/>
3.5. Número de luminárias:

4. Ventilação
4.1. A sala possui: Ventilação natural <input type="checkbox"/> Ventilação Artificial <input type="checkbox"/>
4.2. No momento da avaliação as portas estavam abertas? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
4.3. No momento da avaliação as janelas estavam abertas? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Se sim, quantas?
4.4. As janelas são, normalmente, abertas com que frequência?
4.5. Quantas grelhas de ventilação existem? De insuflação __ De extração __
4.6. As grelhas estão em bom estado de conservação e higiene? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
4.7. As grelhas estão em bom estado de funcionamento?
4.8. Existe ar condicionado na sala? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Se sim, é: Central <input type="checkbox"/> Localizado <input type="checkbox"/>
4.9. No caso de existir ar condicionado, no momento da avaliação este estava ligado? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
4.10. Durante as medições, foram identificadas correntes de ar? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>

5. Potenciais Fontes de Contaminação
5.1. Existem vestígios de infiltrações? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
5.2. Existem fungos/bolores? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
5.3. Existem computadores? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Se sim, quantos?
5.4. Quais os principais produtos de limpeza utilizados?
5.5. Existem fichas de dados de segurança dos produtos químicos utilizados? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
5.6. Com que periodicidade é efetuada a higienização do local?

5.7. Quando é que são efetuadas as operações de limpeza?

6. Condições Climáticas

6.1. No momento da avaliação estava:

- Céu limpo
- Céu pouco nublado
- Céu muito nublado
- Chuva
- Vento fraco
- Vento moderado
- Vento forte

6.2. No momento da avaliação, a temperatura exterior era:

7. Layout do Espaço

8. Observações

ANEXO III – Ficha de Registo de Resultados

Ficha de Registo de Resultados

1. Identificação	
1.1. Data:	Hora:
1.2. Nome do Estabelecimento Escolar:	
1.3. Nome da Sala:	

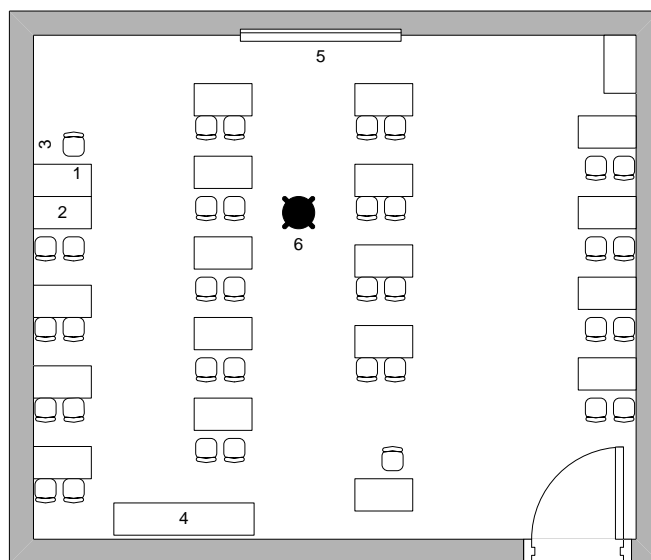
2. Agentes Químicos			
Parâmetro	Concentração mínima	Concentração média	Concentração máxima
CO ₂	ppm	ppm	ppm
CO	ppm	ppm	ppm
PM ₁₀	ppm	ppm	ppm

3. Agentes Físicos			
Parâmetro	Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo
Temperatura	°C	°C	°C
Humidade	%	%	%
Velocidade do ar	m/s	m/s	m/s

4. Agentes Biológicos		
Parâmetro	Placa	Número de Colónias
Bactérias		
Fungos		

ANEXO IV – *Layout* das salas de aula avaliadas

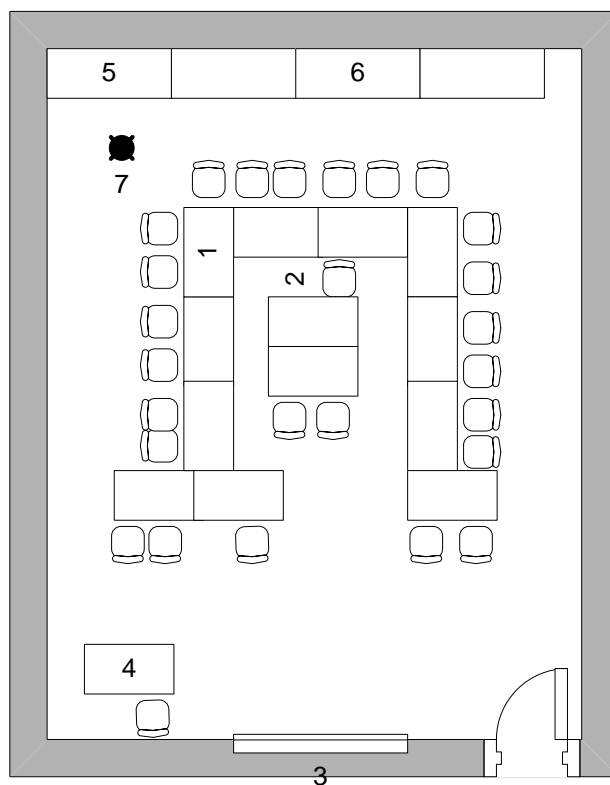
Layout da sala 1 do EE 1



Legenda:

- 1 – Mesa do professor
- 2 - Mesa
- 3 – Cadeira
- 4 – Armário
- 5 – Quadro
- 6 – Ponto de Amostragem

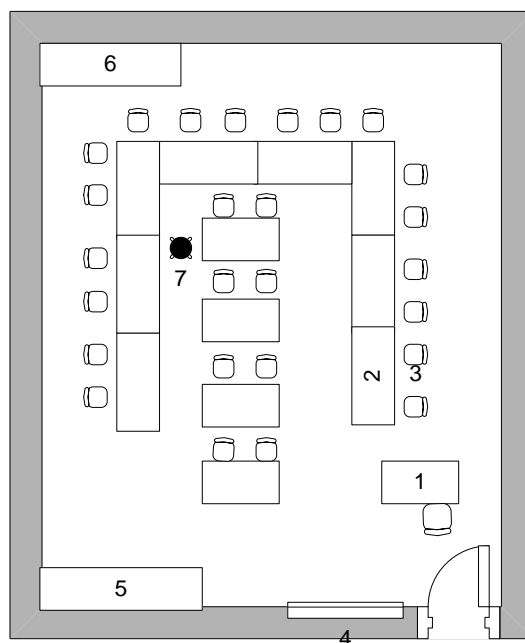
Layout da sala 2 do EE 1



Legenda:

- 1 – Mesa
- 2 – Cadeira
- 3 – Quadro
- 4 – Mesa do professor
- 5 – Armário
- 6 – Cacifos
- 7 – Ponto de Amostragem

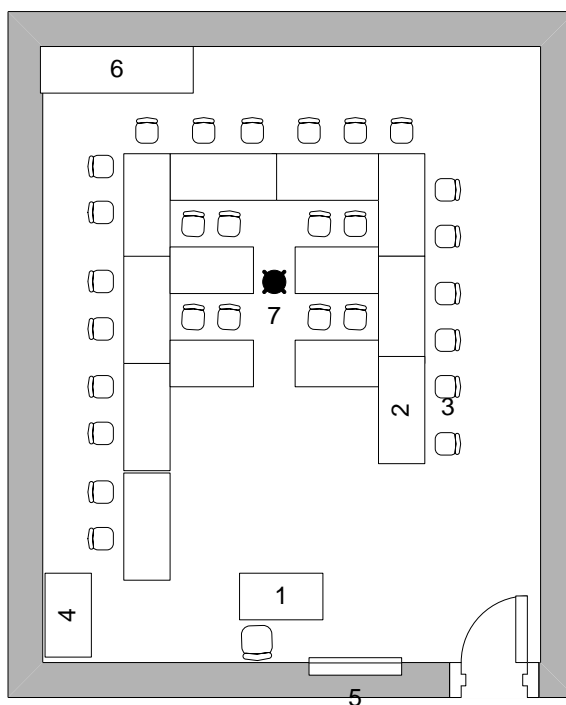
Layout da sala 1 do EE 2



Legenda:

- 1 – Mesa do professor
- 2 – Mesa
- 3 – Cadeira
- 4 – Quadro
- 5 – Bancada
- 6 – Armário
- 7 – Ponto de Amostragem

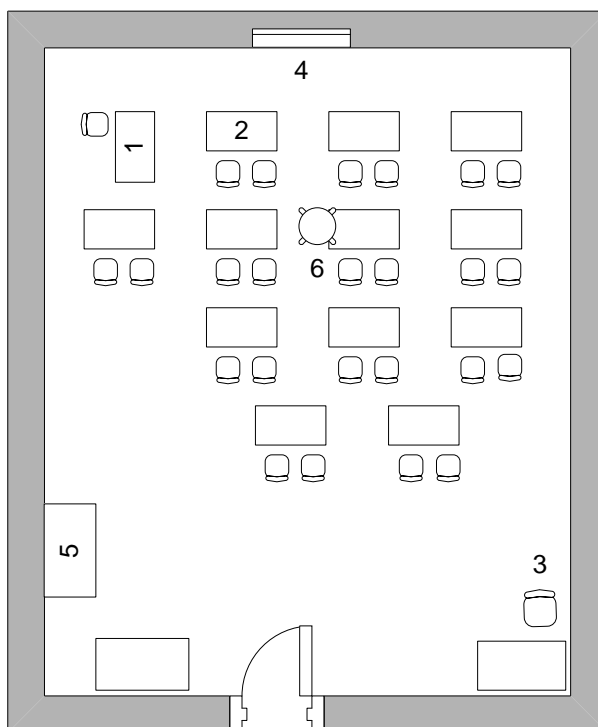
Layout da sala 2 do EE 2



Legenda:

- 1 – Mesa do professor
- 2 – Mesa
- 3 – Cadeira
- 4 – Bancada
- 5 – Quadro
- 6 – Armário
- 7 – Ponto de Amostragem

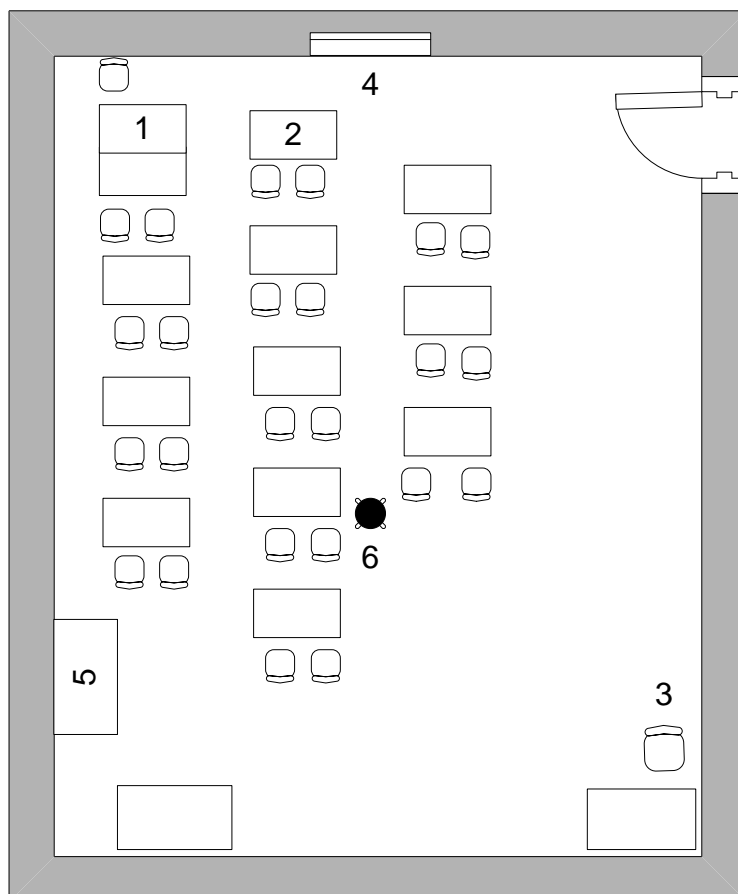
Layout da sala 1 do EE 3



Legenda:

- 1 – Mesa do professor
- 2 – Mesa
- 3 – Cadeira
- 4 – Quadro
- 5 – Armário
- 6 – Ponto de Amostragem

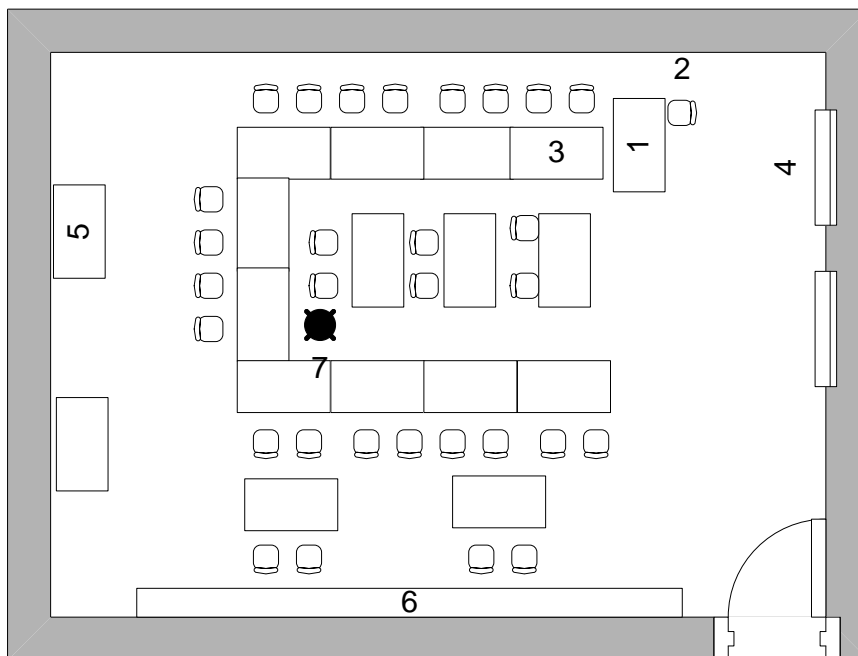
Layout da sala 2 do EE 3



Legenda:

- 1 – Mesa do professor
- 2 – Cadeira
- 3 – Quadro
- 4 – Mesa
- 5 – Mesa de apoio
- 6 – Ponto de Amostragem

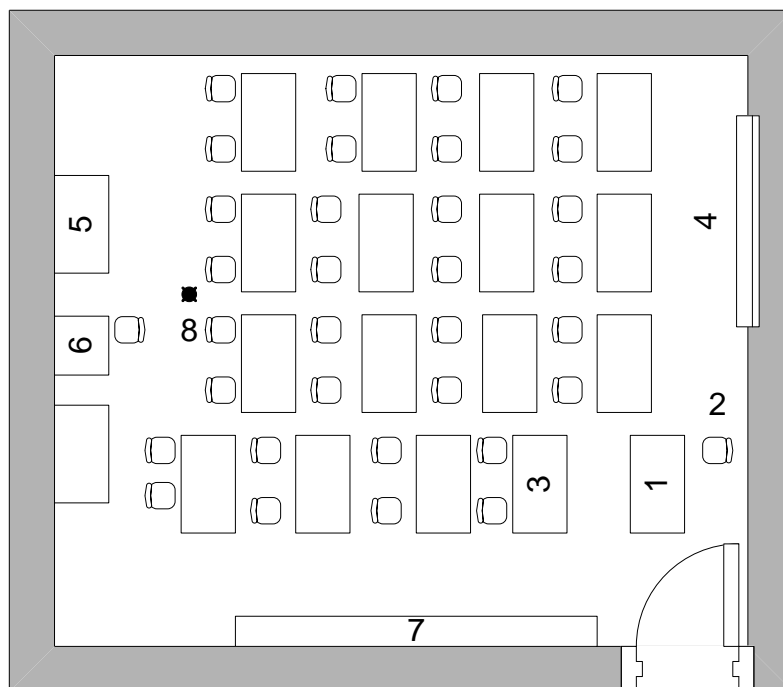
Layout da sala 1 do EE 4



Legenda:

- 1 – Mesa do professor
- 2 – Cadeiras
- 3 – Mesa
- 4 – Quadro
- 5 – Armário
- 6 – Bancada
- 7 – Ponto de Amostragem

Layout da sala 2 do EE 4



Legenda:

- 1 – Mesa do professor
- 2 – Cadeira
- 3 – Mesa
- 4 – Quadro
- 5 – Armário
- 6 – Mesa de apoio
- 7 – Bancada
- 8 – Ponto de Amostragem

ANEXO V – Plano de Higieneização das Salas de Aula

Plano de Higienização das Salas de Aula

Enquadramento

As escolas são um dos locais onde as crianças permanecem grande parte do seu dia, isto é, cerca de 5 a 8 horas diárias são passadas em recintos escolares (Sofuoglu, 2011). Assim, as escolas devem ser consideradas como sendo os locais de trabalho dos alunos e, por isso, devem proporcionar-lhes condições de segurança, higiene e saúde adequadas.

São vários os fatores que têm vindo a ser identificados como tendo influência sobre o bem-estar, saúde e desempenho dos alunos. Entre estes surge a Qualidade do Ar interior (QAI) (Sofuoglu, 2011). A poluição no ar interior pode atingir níveis cerca de duas a cinco vezes superiores do que no ar exterior, podendo, atingir as cem vezes (Chan et al., 2009).

Atualmente sabe-se que a QAI pode ser condicionada por vários fatores, nomeadamente, pelo processo de higienização dos espaços interiores. Assim, assume-se de elevada importância a existência de um plano de higienização eficaz, nomeadamente, das salas de aula.

Perante o referido, é apresentado de seguida um plano de limpeza e de desinfeção, cujo objetivo é servir como um meio de orientação para as funcionárias responsáveis pelas tarefas de limpeza das salas de aula.

Limpeza e Desinfeção

A limpeza e a desinfeção são processos que visam não só manter uma boa aparência das instalações, mas também promover a higienização dos espaços, removendo microrganismos e matéria orgânica das superfícies e objetos. Assim, pretende-se com estes processos eliminar sujidades visíveis, como resíduos, pó, matéria orgânica, entre outras que possam existir, bem como destruir ou inativar os microrganismos presentes, através da aplicação de agentes químicos (desinfetantes) ou físicos (Exner *et al.*, 2004).

Procedimentos a aplicar para a Higienização das Salas de Aula

Princípios Gerais

1. Antes de iniciar as operações de limpeza propriamente ditas deve-se:
 - Abrir as janelas para promover a ventilação do espaço;
 - Afastar o mobiliário que se encontre junto às paredes;
 - Recolher os resíduos que se encontrem depositados nos recipientes próprios ao efeito.

2. Na limpeza das salas de aula deve ter-se em atenção que a limpeza deve ser efetuada:
 - Da zona mais afastada para a mais próxima da porta;
 - De cima para baixo, ou seja, primeiro deve ser limpo o mobiliário e só no final o pavimento;
 - Sempre em movimentos de cima para baixo e em linhas paralelas.

3. É importante salientar que:
 - Os equipamentos elétricos e eletrónicos devem ser limpos apenas com um pano seco;
 - Os panos e as esfregonas a utilizar na limpeza das salas de aula, devem ser usados única e exclusivamente para esse fim;
 - Todos os utensílios de limpeza, como panos e esfregonas devem ser lavados e secos após a sua utilização;
 - A água dos baldes deve ser trocada sempre que se acaba de limpar cada área, utilizando água limpa para cada sala;
 - Os utensílios e equipamentos de limpeza devem ser guardados em local fechado e ventilado e exclusivo para o efeito.

Regras de Segurança

Durante a execução das operações de higienização é extremamente importante o uso de equipamentos de proteção individual adequados às tarefas e aos produtos utilizados.

Para a concretização das tarefas gerais recomenda-se a utilização de farda, de calçado próprio e de luvas de borracha. Para a utilização de químicos, como lixívia, recomenda-se também a utilização de máscara.

Frequência com que deverão ser realizadas as operações de limpeza

Na Tabela I apresentam-se as frequências de limpeza recomendadas para as diferentes estruturas e equipamentos existentes nas salas de aula.

Tabela IXVII - Frequência de limpeza recomendada para as estruturas e equipamentos existentes nas salas de aula.

Limpeza Corrente (uma vez por dia)	Limpeza Semanal (uma vez por semana)	Limpeza Global (uma vez por mês)
Limpeza de todas as superfícies e equipamentos, nomeadamente: <ul style="list-style-type: none"> • Mobiliário (por exemplo, mesas, cadeiras, estantes, armários e quadro); • Equipamentos (por exemplo, computadores e aquecedores); • Bancadas e banca de lavagem; • Manípulos de portas e interruptores; • Pavimento. 	Desinfeção de todas as superfícies, nomeadamente: <ul style="list-style-type: none"> • Mobiliário (por exemplo, mesas, cadeiras); • Bancadas e banca de lavagem; • Manípulos de portas e interruptores; • Pavimento. 	Higienização dos seguintes objetos e estruturas: <ul style="list-style-type: none"> • Vidros de janelas; • Estores; • Paredes; • Luminárias; • Portas; • Grelhas de ventilação; • Gavetas e prateleiras.

Higienização de Superfícies

Operações de limpeza de superfícies (exceto pavimentos):

- Diluir a quantidade necessária de detergente em água quente (de acordo com as instruções constantes no rótulo e/ou ficha de segurança do produto);
- Molhar um pano na solução de detergente e limpar uniformemente as superfícies;
- Humedecer um outro pano em água quente sem qualquer tipo de detergente e passar sobre as superfícies;
- Deixar secar as superfícies.

Operações de desinfeção de superfícies:

- Aplicar o desinfetante nas superfícies com o auxílio de um pano (tendo em conta as quantidades recomendadas pelo fabricante do produto);
- Deixar secar.

Higienização do Pavimento

O método de limpeza do pavimento deve ser adaptado em função da natureza do mesmo. Tendo em conta, que este plano destina-se a ser colocado em prática em escolas, cujas salas de aula possuem pavimento sintético ou em madeira, irão ser apresentados a seguir os métodos de higienização considerados mais adequados para este tipo de materiais.

Para o pavimento sintético:

- Retirar a sujidade com o auxílio de uma mopa seca ou aspirador (no caso de não existir nenhum destes meios, deverá optar-se pela utilização de uma vassoura envolvida num pano, no sentido de evitar o levantamento de poeiras).
- Higienizar com o auxílio de uma esfregona ou de uma mopa humedecida em água quente com detergente (nas proporções recomendadas pelo fabricante);

- A cada enxaguamento, a esfregona ou a mopa devem ser bem espremidas;
- Deixar secar o pavimento no final da higienização.

O pavimento de madeira:

- Deve ser higienizado removendo a sujidade existente com o auxílio de uma mopa seca ou aspirador.
- Semanalmente deve ser limpo com um produto indicado para as madeiras.

Monitorização dos Procedimentos de Higienização

Os procedimentos de higienização devem incluir uma etapa de monitorização. Para tal, após a concretização das operações de limpeza de cada sala, deve proceder-se ao preenchimento da ficha de registo das operações de limpeza (cf. Anexo I).

Na mesma deve ser registada quais as superfícies, equipamentos e estruturas que foram alvo de higienização e que tipo de higienização foi efetuada (limpeza e/ou desinfeção). No final do preenchimento do registo, a pessoa que concretizou as tarefas deve assinar o mesmo, no dia correspondente.

Referências Bibliográficas

Chan, P. L., Yu, P. H. F., Cheng, Y. W., Chan, C. Y. e Wong, P. K. (2009). Comprehensive characterization of indoor airborne bacterial profile. *Journal of Environmental Sciences*. 21: 1148-1152.

Comissão de Controlo da Infeção da Sub-Região de Saúde de Lisboa (2009). Manual de Procedimentos: A higienização das instalações dos centros de saúde no contexto da prevenção e controlo da infeção. Acedido a 19 de Março de 2013 em <http://www.arslvt.min-saude.pt/SiteCollectionDocuments/SPublica/Controlo%20Infeccao/Norma.pdf>.

Exner, M., Vacata, V., Hornei, B., Dietlein, E., Gebel, J. (2004). Household cleaning and surface disinfection: new insights and strategies. *Journal of Hospital Infection*. **56**: S70-S75.

Sofuoglu, S. C., Aslan, G., Inal, F., Sofuoglu, A. (2011). An assessment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. **214**: 36-46.

Umwelbundesamt Berlin (2008). Guidelines for Indoor Air Hygiene in School Buildings. Acedido a 15 de Junho de 2013 em: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4113.pdf>.

Registo das Operações de Higienização

Qualidade do Ar Interior em Escolas Básicas de 1.º Ciclo

Mês:	Ano:	Sala:
------	------	-------



Dia	Pavimento	Mesas	Cadeiras	Armários, Estantes e Equipamentos	Manípulos de portas e interruptores	Vidros, Estores, Paredes, Portas	Luminárias e Grelhas de Ventilação	Responsável de limpeza	Responsável de Monitorização
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

Qualidade do Ar Interior em Escolas Básicas de 1.º Ciclo


Dia	Pavimento	Mesas	Cadeiras	Armários, Estantes e Equipamentos	Manípulos de portas e interruptores	Vidros, Estores, Paredes, Portas	Luminárias e Grelhas de Ventilação	Responsável de limpeza	Responsável de Monitorização
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									

Procedimentos de Limpeza de Superfícies e Pavimentos (EE 4)

Higienização de Superfícies



<p>Limpeza (diária)</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Diluir a quantidade necessária de detergente em água quente (de acordo com as instruções constantes no rótulo e/ou ficha de segurança do produto);• Molhar um pano na solução de detergente e limpar uniformemente as superfícies;• Humedecer um outro pano em água quente sem qualquer tipo de detergente e passar sobre as superfícies;• Deixar secar as superfícies.
<p>Desinfecção (semanal)</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Aplicar o desinfetante nas superfícies com o auxílio de um pano (tendo em conta as quantidades recomendadas pelo fabricante do produto);• Deixar secar.

Higienização do Pavimento Sintético



<p>Limpeza (diária)</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Retirar a sujidade com o auxílio de uma mopa seca ou aspirador (no caso de não existir nenhum destes meios, deverá optar-se pela utilização de uma vassoura envolvida num pano, no sentido de evitar o levantamento de poeiras).• Higienizar com o auxílio de uma esfregona ou de uma mopa humedecida em água quente com detergente (nas proporções recomendadas pelo fabricante);• A cada enxaguamento, a esfregona ou a mopa devem ser bem espremidas;• Deixar secar o pavimento no final da higienização.
--	---

Procedimentos de Limpeza de Superfícies e Pavimentos (EE 1)

Higienização de Superfícies

<p>Limpeza (diária)</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Diluir a quantidade necessária de detergente em água quente (de acordo com as instruções constantes no rótulo e/ou ficha de segurança do produto);• Molhar um pano na solução de detergente e limpar uniformemente as superfícies;• Humedecer um outro pano em água quente sem qualquer tipo de detergente e passar sobre as superfícies;• Deixar secar as superfícies.
<p>Desinfecção (semanal)</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Aplicar o desinfetante nas superfícies com o auxílio de um pano (tendo em conta as quantidades recomendadas pelo fabricante do produto);• Deixar secar.

Higienização do Pavimento de Madeira

<p>Limpeza (diária)</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Retirar a sujidade com o auxílio de uma mopa seca ou aspirador (no caso de não existir nenhum destes meios, deverá optar-se pela utilização de uma vassoura envolvida num pano, no sentido de evitar o levantamento de poeiras).
<p>Limpeza (semanal)</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Diluir um produto indicado para a limpeza de madeiras em água (respeitando as indicações do fabricante);• Enxaguar a esfregona na solução e espremer a mesma convenientemente;• Passar a esfregona humedecida em todo o pavimento;• Deixar secar o pavimento.

