



FMUC FACULDADE DE MEDICINA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO
PROFISSIONAL AO FORMALDEÍDO E
XILENO NO SERVIÇO DE ANATOMIA
PATOLÓGICA DOS HOSPITAIS DA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA**

Carlos Alberto Ventura Fidalgo Belo

Dissertação de Mestrado em Saúde Ocupacional

Coimbra

2011

Carlos Alberto Ventura Fidalgo Belo

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO PROFISSIONAL AO
FORMALDEÍDO E XILENO NO SERVIÇO DE ANATOMIA
PATOLÓGICA DOS HOSPITAIS DA UNIVERSIDADE DE
COIMBRA**

**Dissertação de Candidatura ao Grau de Mestre em Saúde Ocupacional à
Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra**

Orientador: Mestre António Jorge Correia de Gouveia Ferreira

Co-Orientadora: Mestre Isabel Antunes

AGRADECIMENTOS

O presente projecto foi encarado por mim como um dos desafios mais importantes na minha actividade profissional e académica. Exigiu da minha parte empenho e dedicação e apenas desta forma foi possível conciliar com as minhas responsabilidades profissionais.

Este espaço é dedicado a todos os que participaram directa ou indirectamente na elaboração deste trabalho. A todos eles deixo aqui a minha sincera gratidão.

Começo por agradecer ao meu orientador, Mestre António Jorge Correia de Gouveia Ferreira e Co-Orientadora, Mestre Isabel Antunes, a disponibilidade, ensinamentos, sugestões, ideias, comentários e generosidade em toda a orientação prestada.

Agradeço, igualmente, a autorização concedida para a realização do presente trabalho por parte do Presidente do Conselho de Administração dos Hospitais da Universidade de Coimbra, Prof. Doutor Fernando Regateiro.

No Serviço de Anatomia Patológica dos Hospitais da Universidade de Coimbra, não poderia deixar de agradecer à Directora, Dr.^a Maria Fernanda Xavier da Cunha e ao coordenador do serviço, Dr. Pedro Pessa, bem como a todos os profissionais do referido serviço que aceitaram participar neste estudo pois sem eles não poderia ter concretizado os meus objectivos.

Para o presente estudo foi essencial o apoio e cooperação do Dr. Luís Rocha, administrador da empresa Medilogics – Serviços Médicos, S.A. pelo empréstimo do equipamento utilizado na monitorização ambiental do Xileno e da Doutora Gabriela Ventura, Directora Técnica do Laboratório da Qualidade do Ar Interior, pela cedência do equipamento utilizado na monitorização ambiental do Formaldeído. À Doutora Gabriela Ventura, não poderia deixar também de agradecer o auxílio constante na pesquisa de alguns artigos científicos essenciais ao desenvolvimento deste estudo.

Por fim, agradeço à minha namorada todo o apoio, confiança e extrema paciência durante a realização deste trabalho.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA	1
2. OBJECTIVOS	4
3. REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO HOSPITALAR	8
3.2. ACTUAL QUADRO LEGISLATIVO	9
3.2.1. ACTUAL QUADRO LEGISLATIVO – HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO	10
3.2.2. ACTUAL QUADRO LEGISLATIVO – AMBIENTE E QUALIDADE DO AR INTERIOR	12
3.3. SÍNDROMA DO EDIFÍCIO DOENTE	13
3.4. CARACTERIZAÇÃO DE ATMOSFERAS INTERIORES	15
3.5. SISTEMA AVAC (AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO)	17
3.6. AR CONDICIONADO	18
3.7. TEMPERATURA	18
3.8. HUMIDADE	19
3.9. VENTILAÇÃO	19
3.10. FILTRAÇÃO	21
3.11. MANUTENÇÃO DOS FILTROS	23
3.12. O IMPACTO DA MANUTENÇÃO NO CONTROLO DAS INFECCÇÕES NOSOCOMIAIS	23
3.13. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (COV): FORMALDEÍDO E XILENO	25
3.14. PRINCIPAIS VIAS DE ABSORÇÃO	33
3.15. COV's EMITIDOS POR MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	34
3.16. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	36
3.17. EFEITOS DOS COV E FORMALDEÍDO NA SAÚDE HUMANA	40
3.18. VALORES LIMITE DE EXPOSIÇÃO	42

3.19. TÉCNICA PARA AMOSTRAGEM DE COMPOSTOS GASOSOS	47
3.19.1. AMOSTRAGEM SEM CONCENTRAÇÃO	47
3.19.2. SACOS PLÁSTICOS	47
3.19.3. AMPOLAS DE VIDRO	48
3.19.4. CONTAINERS METÁLICOS	48
3.19.5. AMOSTRAGEM COM CONCENTRAÇÃO	48
3.19.6. AMOSTRAGEM POR ABSORÇÃO	49
3.19.7. AMOSTRAGEM POR ADSORÇÃO	49
3.20. MÉTODOS PARA ANÁLISE DE COV'S	50
3.20.1. INSTRUMENTOS DE LEITURA DIRECTA	51
3.20.2. PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO	52
3.20.3. DISPOSITIVOS PASSIVOS	53
3.20.4. DISPOSITIVOS ACTIVOS	54
3.20.5. O USO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS COMO UM INDICADOR DE QAI	55
3.21. MÉTODOS DE MEDIDA E EQUIPAMENTOS PARA FORMALDEÍDO	57
3.21.1. Tubos colorimétricos	57
3.21.2. Amostradores de Passivação/Difusão	58
3.21.3. Monitor Electroquímico	58
3.21.4. Método do Borbulhador	58
4. MATERIAL E MÉTODOS	61
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO SERVIÇO DE ANATOMIA PATOLÓGICA	61
4.2. SECTOR DE ROTINA	63
4.2.1. MACROSCOPIA	64
4.2.2. FIXAÇÃO	65
4.2.3. DESIDRATAÇÃO	66
4.2.4. DIAFANIZAÇÃO	66
4.2.5. IMPREGNAÇÃO	67
4.2.6. INCLUSÃO	70
4.2.7. MICROTOMIA	71
4.2.8. COLORAÇÃO	71
4.2.9. MONTAGEM	73
4.2.10. ROTULAGEM e VERIFICAÇÃO	74
5. METODOLOGIA	75
6. RESULTADOS	79
7. DISCUSSÃO	88

8. CONCLUSÕES E PRECONIZAÇÃO DE MEDIDAS PREVENTIVAS	92
BIBLIOGRAFIA	97

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Fontes de contaminação do ar interior	15
Tabela 2 - Classificação dos COV em espaços interiores (WHO, 1989).....	27
Tabela 3 - Propriedades físico-químicas do Formaldeído.....	32
Tabela 4 - Valores aconselhados para os diversos materiais.....	35
Tabela 5 - Compostos examinados.....	36
Tabela 6 - Efeitos crónicos e agudos do Formaldeído	41
Tabela 7 - Efeitos na saúde por exposição a Formaldeído	42
Tabela 8 - Valores Limite de Exposição que regula o desempenho energético e ambiental dos edifícios em Portugal - RSECE (2006)	43
Tabela 9 - Limite de Exposição Ocupacional para o Formaldeído estabelecidos pelas principais instituições Mundiais	46
Tabela 10 - Adsorventes utilizados na amostragem de COV's.....	50
Tabela 11 - Métodos de referência 1, métodos equivalentes 2 e requisitos mínimos para monitores portáteis de leitura em tempo real	59
Tabela 12 - Reagentes e soluções utilizados no processamento de peças.....	68
Tabela 13 - Reagentes e soluções utilizados no processamento de biopsias.....	68
Tabela 14 - Reagentes e soluções utilizados no processamento rápido	69
Tabela 15 - Protocolo de coloração	72
Tabela 16 - Protocolo de coloração de Papanicolau.....	73
Tabela 17 - Principais características do RKI Instruments, Inc., Modelo FP-30	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fórmula Estrutural do Formaldeído.....	31
Figura 2- Método ECA para a avaliação dos materiais.....	38
Figura 3 - Organograma do Serviço de Anatomia Patológica dos Hospitais da Universidade de Coimbra.....	61
Figura 4 - Sala de Macroscopia do Serviço de Anatomia Patológica.....	65
Figura 5 - Processadores de tecidos do Serviço de Anatomia Patológica.....	69
Figura 6 - Aparelho de Inclusão.....	70
Figura 7 - Equipamento de medição de formaldeído (modelo FP-30).....	76
Figura 8 - Equipamento de medição de COV's.....	78
Figura 9- Cristalizador com Xileno.....	90
Figura 10- Mesa de Macroscopia.....	93
Figura 11 - Estrado colocado junto à mesa de Macroscopia.....	93
Figura 12 - Armário desprovido de ventilação/exaustão.....	95
Figura 13 - Recipiente com Formol.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AIA	American Institute of Architects
ANSI	American National Standards Institute
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AQGs	Air Quality Guidelines
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry - (Agência de Substâncias Tóxicas e Registo de Doenças)
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CAS	Chemical Abstract Service
CEN	Comité Europeu de Normalização
CEN/CT	Comité Europeu de Normalização / Comissão Técnica
COMV	Compostos Orgânicos muito Voláteis
COSV	Compostos Orgânicos Semivoláteis
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
DNPH	Dinitrofenilhidrazina
ECA	European Concerted Action
ECD	Detector de Captura de Electrões
EI	Energia de Ionização
EPA	Environmental Protection Agency
ETS	Environmental Tobacco Smoke
FID	Detector de Ionização por Chama
FISH	Hibridização “ <i>in situ</i> ” de Fluorescência

FS	Factor de Segurança
HEPA	High Efficiency Particulate Air
HOPE	Health Optimisation Protocol for Energy
HPLC	High-performance liquid chromatography (Cromatografia líquida de Alta Eficiência)
HUC	Hospitais da Universidade de Coimbra
IARC	International Agency for Research on Cancer
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada)
JNCI	Journal of the National Cancer Institute
LCI	Lowest concentrations of interest
LQAI	Laboratório de Qualidade do Ar Interior
LUR	Lifetime Unit Risk
MCOV'S	Compostos orgânicos de origem microbiológica (MCOVs)
MOP	Matéria Orgânica Particulada
MS	Espectrómetro de Massa
NFPA	National Fire Protection Association
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NP	Norma Portuguesa
OEL	Limites de Exposição Ocupacional
OMS	Organização Mundial de Saúde
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PAS	Sensor Fotoacústico
PCR	Polymerase Chain Reaction
PEL	Permissible Exposure Limit (concentração média ponderada)
PID	Detector de Fotoionização
ppb	Partes por bilião

ppm	Partes por milhão
REL	Recommended airborne exposure limit
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios
SAP	Serviço de Anatomia Patológica
SBS	Sick Building Syndrome
SCE	Sistema de Certificação Energética
SED	Síndrome do Edifício Doente
SHT	Segurança e Higiene no Trabalho
SNC	Sistema Nervoso Central
STEL	Short Term Exposure Limit
TWA	Time Weighted Average
TLV	Threshold Limit Value
TVOC	Total Volatile Organic Compounds
USEPA	United States Environmental Protection Agency (Agência Americana de Protecção Ambiental)
UV	Ultra Violeta
VEL	Valor limite de exposição

RESUMO

Neste estudo realizou-se uma avaliação do risco ocupacional relacionado com a exposição dos trabalhadores do Serviço de Anatomia Patológica (SAP) dos Hospitais da Universidade de Coimbra (HUC) a Formaldeído e Xileno.

O Formaldeído é considerado como um dos compostos químicos mais utilizados no mundo. As suas aplicações são variadas e multifacetadas em diversas actividades, sendo de realçar a área da saúde onde é bastante utilizado. Recentemente, a *International Agency for Research on Cancer* (IARC) reclassificou-o como agente carcinogénico para o Homem, com base em estudos epidemiológicos de populações ocupacionalmente expostas.

O Xileno que também pode ser designado por Xilol é um líquido incolor, insolúvel em água, de odor característico, nocivo e inflamável. De acordo com a classificação de carcinogenicidade ocupacional, a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH/95-96) considerou que o Xileno não se enquadra como carcinogénico para o Homem, mas pode originar irritação ocular e do trato respiratório superior, bem como afecção do sistema nervoso central.

A avaliação da exposição ocupacional a Formaldeído foi efectuada através do equipamento RKI Instruments, Inc., Modelo FP-30, cuja gama de detecção varia entre 0 – 0,4 ppm, com um tempo de detecção de 30 minutos (1800 segundos).

A avaliação da exposição ocupacional a Xileno foi efectuada através do Phocheck+ e o FirstCheck, que faz a leitura por detecção a partir do princípio da foto-ionização. Esta câmara está desenhada para que a amostra se desloque através da janela de uma lâmpada ultravioleta, a qual emite partículas de luz, os fotões, de alta energia UV.

Para o grupo de trabalhadores expostos a Formaldeído, constatou-se que em 52,9% das avaliações o valor obtido estava acima do máximo de concentração do agente químico no ar, valor que nunca deve ser excedido durante qualquer período de exposição, de acordo com os valores de referência da NP 1796/2007 e ACGIH.

Para os trabalhadores expostos a Xileno verificaram-se valores acima do limite de exposição, tendo sido atingido um pico máximo de 329 ppm.

O conjunto de dados obtidos contribui para a caracterização/quantificação da exposição dos trabalhadores do Serviço de Anatomia Patológica (SAP) dos HUC a Formaldeído e Xileno, podendo a sua análise dar um importante contributo para a alteração de algumas práticas de trabalho e para que as entidades responsáveis possam modificar / alterar alguns aspectos do ambiente de trabalho, tendo como objectivo a salvaguarda da saúde destes profissionais.

ABSTRACT

In this study an assessment was conducted over the occupational risk related to the exposure of the workers of the Service of Pathological Anatomy (SAP) of the Hospitals of the University of Coimbra (HUC) to Formaldehyde and Xylene.

Formaldehyde is considered as one of the most used chemical compounds in the world. Its applications are varied and multifaceted in diverse activities, highlighting the health sector where it is used quite frequently. Recently, the *International Agency for Research on Cancer* (IARC) reclassified it as a carcinogenic agent for humans, based on epidemiological studies of populations occupationally exposed.

Xylene, which can also be known by Xylol, is a colourless liquid, insoluble in water, with a distinctive odor, flammable and harmful. According to the classification of occupational carcinogenicity, the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH/95-96) considered that Xylene does not correspond to a carcinogenic to humans, but it can cause eye and upper respiratory tract irritation, as well as have an effect on the central nervous system.

The evaluation of the occupational exposure to Formaldehyde was done through the RKI Instruments, Inc., Model FP-30, whose range of detection varies between 0 – 0.4 ppm, with a time of detection of 30 minutes (1800 seconds).

The evaluation of the occupational exposure to Xylene was done through Phocheck + and FirstCheck, which do the reading by detection as the photoionization format. This chamber is designed in a way so that the sample can travel through the window of an ultraviolet lightbulb, which emits particles of light, the photons, of high UV energy.

For the group of displayed workers to Formaldehyde, it was acknowledged that in 52.9% of the evaluations the level of concentration of the chemical agent obtained in the air was over the maximum. According to the levels of reference of the NP 1796/2007 and ACGIH this amount should never be exceeded during any period of exposure.

For the exposed workers to Xylene, levels above the limit of exposure were verified, having been reached a maximum peak of 329 ppm.

The compilation of facts obtained, contribute to the characterization/quantification of the exposure of the workers of the Service of

Pathological Anatomy of the HUC to Formaldehyde and Xylene. This analysis can provide an important contribution for the alteration of some practices of work and so that the responsible entities can modify / alter some aspects of the working environment, having as purpose the safeguard of the health of these professionals.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

A qualidade de vida do ser humano é bastante influenciada pela qualidade do ar que respiramos. Em centros urbanos, mais de 80% do tempo é passado em ambientes fechados (QUADROS, 2008). De acordo com o Laboratório de Qualidade do Ar Interior¹ (LQAI), a problemática da qualidade do ar interior tem vindo a adquirir crescente expressão científica, técnica e, até política, em consequência da rápida expansão de doenças do foro respiratório.

A história das pesquisas sobre a qualidade do ar interior está intimamente ligada à evolução da pesquisa científica sobre a qualidade do ar exterior, pois devido à similaridade entre as duas áreas, verificou-se que os conhecimentos adquiridos numa delas nos permitem alcançar a outra. Embora se conheça a importância da qualidade do ar e a sua relação com a saúde humana, foram alguns acontecimentos marcantes ocorridos no século XIX, que chamaram a atenção da população para este tema, nomeadamente na Revolução Industrial, quando foi inventada a máquina a vapor que originou numerosos problemas de saúde, assim como o enegrecimento de edifícios. Neste cenário, na industrializada cidade de Manchester surgiu a primeira organização ambiental não governamental do mundo, a *Manchester Association for the Prevention Of Smoke*, em 1843. Mais tarde, em 1875, *The Public Health Act* foi estabelecido no Reino Unido para combater as deficientes condições de vida urbana que causavam várias ameaças à saúde pública, incluindo a propagação de muitas doenças como cólera e tifo. Os reformadores queriam resolver os problemas sanitários, pelo que todas as novas construções residenciais deveriam ter água corrente e um sistema de drenagem interna. Progressivamente, as inspeções ambientais começaram a surgir e tornaram-se mais frequentes².

Na actualidade, as doenças causadas pela má qualidade do ar interior estão entre as principais causas de absentismo laboral, tanto nos Estados Unidos da América como na Europa. A Organização Mundial de Saúde (OMS) contabilizou a relação existente entre uma variedade de riscos e doenças, tendo determinado que a poluição do ar

¹ Laboratório de Qualidade do Ar Interior. [on-line] [acedido em 09/04/2011] disponível na www em www.lqai.pt

² PORTAL AMBIENTE & SAÚDE - *Breve Historial da poluição atmosférica*. [on-line] [acedido em 09/04/2011] disponível na www em <http://www.ambientesaude.pt/index.php?page=291>

interior é o 8º factor de risco a considerar, sendo este responsável por 2,7% da totalidade de casos de doenças no mundo (OMS, 2008).

Particularizando, os Hospitais são entidades que se caracterizam por uma organização complexa, cuja missão "tratar / cuidar o ser humano" condiciona a sua estratégia de actuação, tornando-se o principal enfoque de todas as intervenções a satisfação das necessidades dos doentes, traduzida na ampliação dos cuidados a prestar e na introdução de novas tecnologias e práticas. Na maioria dos casos, estas alterações são implementadas sem ser garantida a qualidade ambiental interior e as condições de segurança e saúde, sendo relegadas para segundo plano as condições de trabalho dos profissionais e o conforto dos utentes. Contribui também para esta situação, o facto de toda a hierarquia hospitalar estar vocacionada para a acção curativa e, por isso, colocar menos ênfase na perspectiva da prevenção.

A qualidade do ar interior nos hospitais e noutros edifícios depende dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC). Para que as condições ambientais sejam de boa qualidade, é de extrema importância que todos os sistemas de climatização sejam adequados e funcionem em condições normais. A falta de equipamento de climatização adequado, de acordo com o tipo de instalação e actividade, contribui para o aparecimento de diversos problemas a nível ambiental, nomeadamente a insuficiente ou inadequada ventilação e renovação de ar, causando uma elevada contaminação dentro das instalações, proveniente de fontes interiores mas também exteriores. Outro factor importante a ter em conta é o inadequado tipo de instalações que pode, também, contribuir para um número elevado de infecções nosocomiais.

Prevenir é uma das formas de se evitarem os problemas de saúde ocupacional, podendo muitos deles ser desencadeados pela exposição aos agentes químicos. No entanto, para que essa prevenção tenha realmente efeito é necessário que os próprios trabalhadores tenham conhecimentos acerca dos riscos associados às substâncias químicas às quais estão expostos.

O estudo de um edifício e/ou de um serviço específico dentro do mesmo, tem que ser muito bem delineado, pois existem muitos factores a interagir, tendo igualmente que ser feita uma selecção dos parâmetros a medir. Caso contrário, o estudo sairia muito caro e seria impraticável. É necessário pois, recolher o máximo de informação de modo a que se possam isolar os factores críticos de determinado caso e elegê-los como aspectos a estudar. Assim, para este trabalho a realizar no Serviço de Anatomia

Patológica dos Hospitais da Universidade de Coimbra optámos por avaliar dois parâmetros químicos, o formaldeído e os compostos orgânicos voláteis. Com base nestes dois parâmetros será posteriormente estabelecida a estratégia de amostragem.

Neste âmbito, o presente trabalho terá como objectivo identificar os riscos ocupacionais e ambientais relacionados com a utilização de Xileno e Formaldeído no Laboratório de Anatomia Patológica dos Hospitais da Universidade de Coimbra.

2. OBJECTIVOS

As substâncias químicas fazem parte da natureza e são utilizadas desde os primórdios da civilização humana para os mais diversos fins. Com a industrialização, cresceu consideravelmente a utilização de agentes químicos e a sua aplicação trouxe avanços importantes e decisivos para o desenvolvimento da Humanidade. No entanto, também ocasionou um impacto marcante no meio ambiente e na saúde do homem, tanto em razão da exposição ocupacional, quanto da contaminação ambiental deles decorrente (FREITAS, 2002).

Nem sempre a exposição a substâncias químicas resulta em efeitos prejudiciais à saúde. Estes vão depender de factores como: o tipo do agente químico e concentração, frequência e duração da exposição, práticas e hábitos laborais e susceptibilidade individual (XELEGATI *et al.*, 2006).

O objectivo principal deste trabalho é avaliar a potencial exposição ocupacional a Formaldeído (FA) e Xileno de profissionais de Serviços de Anatomia Patológica, em ambiente hospitalar e criar estratégias/protocolos ambientais e ocupacionais para a sua diminuição.

3. REVISÃO DA LITERATURA

O número de queixas acerca dos efeitos prejudiciais da exposição a uma má qualidade do ar interior no conforto e saúde do ser humano tem vindo a aumentar, razão pela qual o estudo do ambiente interior tem vindo a merecer um interesse crescente.

A razão para este aumento de queixas deve-se, por um lado, ao uso de novos materiais sintéticos como carpetes, revestimentos para o chão, papel de parede, tintas, materiais de isolamento, etc., com forte presença de derivados de petróleo. A procura de novos materiais relaciona-se com a obtenção de um maior conforto, redução do ruído e poupança de energia.

Spengler, Samet e McCarthy (2004) afirmam que a era moderna dos estudos sobre poluição do ar se iniciou com o episódio dramático do “London Fog”, um evento grave de poluição do ar que afectou Londres, no mês de Dezembro de 1952. Um período de tempo frio combinado com um anticiclone e condições sem vento fez com que poluentes atmosféricos, resultantes na maior parte do uso de carvão, formassem uma camada espessa de fumo sobre a cidade, que provocou a morte a milhares de crianças e idosos devido a afecções do tracto respiratório humano.

Nesta época surgiram as primeiras pesquisas epidemiológicas e científicas relacionando a qualidade do ar exterior e a saúde humana. Deste modo, sobreveio a preocupação em separar os ambientes internos das inúmeras fontes de poluição do ar exterior.

O conceito de qualidade do ar interior não é recente. Na Antiga Roma o tutor do imperador Nero, Séneca, queixava-se do efeito que o fumo provocado pela queima de madeira tinha na sua saúde e na degradação de edifícios. Séculos mais tarde, em 1157, Eleanor, a esposa de Henrique II, Rei de Inglaterra, abandonou Nottingham devido à poluição causada pela queima de madeira. No século XIV, Inglaterra começou a adoptar a queima de carvão em substituição de madeira, o que acarretou muitos mais problemas ambientais. De forma a "limpar" o ar de Londres, o Rei Eduardo I decretou que quem recorresse à queima de carvão sofreria com a perda da cabeça! No século XVII, quando o céu se encontrava permanentemente repleto de fumo, um arquitecto, Christopher Wren, reportou incrustações de 10 centímetros de sulfato no telhado dos edifícios.

Há registos do século XIV que abordam o tema, sugerindo mesmo que a solução para os problemas da qualidade do ar interior seria a ventilação adequada dos ambientes (HAINES e WILSON, 1998). Até à década de setenta, os efeitos da poluição do ar interior na saúde humana não tinham merecido muito a atenção da comunidade científica. Diversos autores (STOLWIJK, 1992 *apud* JONES, 1999; ADDINGTON, 2004; ZHANG, 2004) afirmam que antes da referida década, os problemas com a qualidade do ar interior em residências e ambientes de trabalho não industriais eram investigados ocasionalmente e com um reduzido nível de interesse.

A partir da década de setenta do século XX, verificou-se um aumento da utilização de sistemas de ar condicionado. Esta tendência teve influência nos projectos de edifícios, uma vez que a comunicação com o ar exterior é minimizada, e assim surgiram as primeiras reclamações dos trabalhadores em ambientes internos. Estudos revelaram que as concentrações de poluentes nestes locais poderiam ser de 2 a 5 vezes superiores em relação às do ar exterior (ADDINGTON, 2004; ZHANG, 2004). Em 1995, na cidade de Cleveland (Estados Unidos da América) surge um caso em que se associa a má qualidade do ar interior com situações de mortalidade infantil, originada especificamente pelo fungo *Stachybotrys chartarum* (SPENGLER, CHEN e DILWALI, 2004). Episódios como este, associados ao número crescente de reclamações relativas ao conforto humano em ambientes fechados, têm incentivado as pesquisas e estudos no âmbito da temática relativa à qualidade do ar interior.

Segundo alguns autores (ZHANG, 2004; STATHOLOUPOU *et al.*, 2008; WANG, ANG e TADE, 2007), o nível de poluentes no ar em ambientes fechados é frequentemente superior ao do ar exterior.

Segundo o LQAI, a qualidade do ar interior deve-se basicamente a três ordens de factores: o ar exterior, em menor escala; os materiais de revestimento e construção; e os sistemas de climatização, vulgarmente designados por ar condicionado. A consideração dos materiais como emissores de substâncias poluentes do ar interior tem assumido uma importância crescente em resultado de duas tendências generalizadas na prática de construção dos nossos dias: a aplicação de novos materiais e produtos de construção sintéticos, à base de derivados do petróleo, e uma maior estrutura estanque dos edifícios para diminuição dos níveis de consumo de energia para o conforto ambiente. Os sistemas de climatização, embora sejam muitas vezes vistos como solução para o conforto ambiental, são eles próprios geradores de poluição, nomeadamente, de

natureza biológica, pela incorrecta ou inexistente limpeza de filtros e devido às condições diversificadas de temperatura e de humidade³.

As estratégias para a melhoria da qualidade do ar interior são basicamente duas: o controlo na fonte, o que corresponde a uma aplicação do princípio da precaução e a ventilação, que minimiza a exposição aos poluentes ao baixar a concentração destes no ar. As condições fixadas para os níveis de ventilação são baseadas sempre na análise de risco para a saúde (cancro, doenças crónicas, etc.) e na avaliação sensorial (sintomas de fadiga, irritação das mucosas, etc.). A partir dos referidos efeitos tem sido possível definir valores padrão de ventilação mínima requerida que são utilizados nos projectos de climatização. Mas, a ventilação tenderá cada vez mais a ser a solução de último recurso, tanto mais que a sua intensificação tem contrapartidas no acréscimo de consumo de energia, o que é importante moderar. Por isso, a solução para o problema da qualidade do ar interior é, sem dúvida, em primeiro lugar, o controlo possível na fonte através da utilização de materiais de construção e revestimento com baixo nível de emissão de poluentes.

O Decreto-Lei n.º 4/2007 de 8 de Janeiro transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva dos Produtos de Construção (89/106/CEE). Esta Directiva obriga à marcação CE dos produtos de construção, a qual pressupõe o cumprimento de seis requisitos essenciais, nomeadamente o requisito n.º 3: “higiene, saúde e protecção do ambiente”. Esta marcação é, por enquanto, apenas da competência dos estados membros e é aplicável aos produtos de construção com base em especificações técnicas estabelecidas em normas harmonizadas no âmbito do Comité Europeu de Normalização (CEN). Tais normas, ainda não foram aprovadas no que respeita à qualidade do ar interior. Está, no entanto, constituído o Comité Técnico CEN/TC 351 (*Construction products: assessment of release of dangerous substances*) para o desenvolvimento de métodos de ensaio para substâncias perigosas emitidas pelos materiais de construção.

A legislação portuguesa, através do Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril, regulamento dos sistemas energéticos de climatização dos edifícios, em vigor desde Julho de 2006, impõe novas condições sobre a qualidade do ar interior nos edifícios, o que origina novas exigências sobre, entre outras, a natureza e intensidade das emissões dos materiais em contacto com o ar interior. Por sua vez, a directiva relativa ao desempenho energético dos edifícios (2002/91/CE), transposta pelo Decreto-Lei n.º

³ Laboratório de Qualidade do Ar Interior. [on-line] [acedido em 09/04/2011] disponível na www em www.lqai.pt

78/2006, deu origem a um sistema de certificação energética (SCE), que inclui também uma avaliação da qualidade do ar interior, condição para o cumprimento do Decreto-Lei n.º 79/2006.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO HOSPITALAR

O Hospital é constituído por um conjunto de serviços muito diversificados. As actividades hospitalares com maior visibilidade são as que conduzem ao diagnóstico médico e ao tratamento de doentes. Para o diagnóstico da doença é necessário, frequentemente, a obtenção de um conjunto de informação fornecida por serviços especializados: laboratoriais e radiológicos. O tratamento de alguns doentes exige o internamento e portanto a necessidade de prestar cuidados de base - acomodação, alimentação e higiene - e o recurso a técnicas diferenciadas, nomeadamente apoio nas funções vitais, terapêuticas medicamentosas, recurso a tratamento cirúrgico, a fisioterapia e a quimioterapia, etc.

No Hospital também são desenvolvidos trabalhos de investigação, alguns dos quais têm por base uma importante actividade laboratorial, pelo que os laboratórios da área de anatomia patológica, de microbiologia, de bioquímica e de biologia molecular são também serviços com importância na óptica hospitalar.

Por fim, existe um outro conjunto de serviços que, sem desenvolverem tarefas específicas da área da saúde, são fundamentais para o funcionamento do Hospital. Entre estes serviços destacam-se: os serviços de instalações e equipamentos; os serviços administrativos, incluindo a admissão de doentes; a farmácia; a lavandaria; a cozinha e os serviços de limpeza.

Face ao exposto, os Hospitais podem-se apresentar como locais de múltiplas fontes de riscos profissionais e de potencial má qualidade do ar interior.

No Hospital coabitam os espaços que se classificam como “*local de trabalho*” e os espaços de “*utilização pública*”, por exemplo, as salas de espera, as áreas de consulta, pelo que a caracterização do ambiente destes espaços obedece a princípios diferentes. Em qualquer dos casos, as condições estruturais do edifício e do espaço, são fundamentais para garantir um ambiente adequado (MAYAN, 2004).

De acordo com a OMS, as infecções nosocomiais são definidas como infecções adquiridas no hospital ou noutras instalações clínicas, por um doente que foi admitido por outras razões de saúde e que, na altura da admissão, a infecção não estava presente nem em estado de incubação. Também podem ser infecções contraídas durante a estadia no hospital mas que aparecem depois de o doente ter alta. A OMS considera também como infecções nosocomiais, infecções ocupacionais que ocorrem com o pessoal dentro das unidades hospitalares.

Um serviço de manutenção adequada e regular de todo o equipamento e sistema é essencial. Ao invés, a falta de manutenção contribui para a deterioração precoce de todo o equipamento e sistema, provocando elevados custos de manutenção, a contaminação de todo o equipamento e sistema de climatização com bactérias, fungos e partículas não respiráveis, a contaminação ambiental de todas as áreas e equipamento hospitalar, o aparecimento de inúmeras infecções nosocomiais e as más condições ambientais de trabalho para o pessoal, podendo mesmo causar muitas vezes a perda de dias de trabalho por doença, de causas muitas vezes não determinadas.

Análises periódicas à qualidade do ar interior em unidades hospitalares determinam as condições ambientais existentes, contribuindo para uma manutenção e gestão adequadas de todo o sistema de climatização e reduzem também o número de infecções nosocomiais originadas por contaminação ambiental.

A manutenção realizada na maioria dos hospitais é insuficiente ou mesmo inexistente. Basicamente, é limpo ou substituído o filtro em algumas unidades do sistema. Quando surgem problemas críticos em que muitas das funções hospitalares já não podem continuar, são feitas reparações de urgência a preços elevados, às quais, por vezes, está associado o custo de perda de vidas devido a infecções nosocomiais, originadas pela referida falta de manutenção (PITEIRA, 2007).

3.2. ACTUAL QUADRO LEGISLATIVO

A Constituição da República Portuguesa, artigo 63.º, reconhece o direito à segurança social, que abrange a protecção nos acidentes de trabalho e nas doenças profissionais. Por sua vez, o artigo 59.º da Constituição consagra o direito de todos os trabalhadores à assistência e justa reparação, quando vítimas de acidentes de trabalho ou de doença profissional, bem como à prestação de trabalho em condições de segurança,

higiene e saúde, o que envolve a adopção de políticas de prevenção dos acidentes de trabalho e das doenças profissionais.

3.2.1. ACTUAL QUADRO LEGISLATIVO – HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO

Actualmente, o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho é assegurado pela Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro, a qual no seu artigo 5.º faz referência aos princípios gerais e sistema de prevenção de riscos profissionais em que o trabalhador tem direito à prestação de trabalho em condições que respeitem a sua segurança e a sua saúde, asseguradas pelo empregador ou, nas situações identificadas na lei, pela pessoa, individual ou colectiva, que detenha a gestão das instalações em que a actividade é desenvolvida; assegurar -se que o desenvolvimento económico promova a humanização do trabalho em condições de segurança e de saúde; a prevenção dos riscos profissionais deve assentar numa correcta e permanente avaliação de riscos e ser desenvolvida segundo princípios, políticas, normas e programas que visem, nomeadamente:

- a) A concepção e a implementação da estratégia nacional para a segurança e saúde no trabalho;
- b) A definição das condições técnicas a que devem obedecer a concepção, a fabricação, a importação, a venda, a cedência, a instalação, a organização, a utilização e a transformação das componentes materiais do trabalho em função da natureza e do grau dos riscos, assim como as obrigações das pessoas por tal responsáveis;
- c) A determinação das substâncias, agentes ou processos que devam ser proibidos, limitados ou sujeitos a autorização ou a controlo da autoridade competente, bem como a definição de valores limite de exposição do trabalhador a agentes químicos, físicos e biológicos e das normas técnicas para a amostragem, medição e avaliação de resultados;
- d) A promoção e a vigilância da saúde do trabalhador;

- e) O incremento da investigação técnica e científica aplicadas no domínio da segurança e da saúde no trabalho, em particular no que se refere à emergência de novos factores de risco;
- f) A educação, a formação e a informação para a promoção da melhoria da segurança e saúde no trabalho;
- g) A sensibilização da sociedade, de forma a criar uma verdadeira cultura de prevenção;
- h) A eficiência do sistema público de inspecção do cumprimento da legislação relativa à segurança e à saúde no trabalho.

O desenvolvimento de políticas e programas e a aplicação destas medidas devem ser apoiados por uma coordenação dos meios disponíveis, pela avaliação dos resultados quanto à diminuição dos riscos profissionais e dos danos para a saúde do trabalhador e pela mobilização dos agentes de que depende a sua execução, particularmente o empregador, o trabalhador e os seus representantes.

As actividades de Segurança e Higiene no Trabalho (SHT) devem ser exercidas por Técnicos Superiores habilitados com curso superior e formação específica nele integrada ou complementar, legalmente reconhecida (nível 5), ou Técnicos com, no mínimo, uma qualificação técnico-profissional de nível 3, equivalente ao 12º ano, específica para a área da SHT.

As actividades da vigilância da saúde devem ser exercidas por um médico do trabalho, que é licenciado em Medicina com a especialidade em Medicina do Trabalho.

No que se refere ao Decreto-Lei n.º 110/2000, de 30 de Junho, este diploma estabelece as condições de acesso e de exercício das profissões de Técnico Superior de Segurança e Higiene do Trabalho e de Técnico de Segurança e Higiene do Trabalho, bem como as normas específicas de emissão de certificados de aptidão profissional e as condições de homologação dos respectivos cursos de formação profissional.

O Código de Trabalho aprovado pela Lei n.º 99/2003, de 27 de Agosto e sua revisão, a Lei n.º 7/2009, de 12 de Fevereiro, faz referência ao facto de o trabalhador ter direito à prestação de trabalho em condições de segurança, higiene e saúde. Estas actividades deverão estar organizadas e asseguradas pelo empregador, através da planificação e organização da prevenção de riscos profissionais, eliminação dos factores de risco e acidente, avaliação e controlo dos riscos profissionais, informação, formação,

consulta e participação dos trabalhadores e seus representantes e promoção e vigilância da saúde destes, visando a prevenção de riscos profissionais e a promoção da saúde do trabalhador.

A Lei 59/2008 de 11 de Setembro, que aprova o regime do contrato de trabalho em funções públicas, faz referência no capítulo IV à segurança, higiene e saúde no trabalho, nomeadamente os princípios gerais de prevenção, obrigações gerais do empregador público e trabalhador, entre outros.

3.2.2. ACTUAL QUADRO LEGISLATIVO – AMBIENTE E QUALIDADE DO AR INTERIOR

No nosso país, a legislação e normas existentes na última década do século XX, no que diz respeito à qualidade do ar interior em instalações hospitalares, baseiam-se no Decreto-Lei n.º 13/93, de 15 de Janeiro emitido pelo Ministério da Saúde, e no Decreto Regulamentar n.º 63/94, de 2 de Novembro, artigo 25º, o qual faz referência a requisitos básicos sobre certos aspectos ambientais. Actualmente, a nova legislação, Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril reconhece, em termos gerais, sobre a qualidade do ar interior que, no passado, *“a não existência de requisitos exigências quanto a valores mínimos de renovação do ar, o pouco controlo da conformidade do desempenho das instalações com o respectivo projecto aquando da sua recepção e a continuada falta de uma prática efectiva de manutenção adequada das instalações durante o seu funcionamento normal têm levado ao aparecimento de problemas de qualidade de ar interior, alguns dos quais com impacte significativo ao nível da saúde pública”*. No entanto, este Decreto-Lei, embora mais em detalhe do que a legislação anterior, pouco impacto teve no respeitante à qualidade do ar interior em unidades hospitalares, apresentando certos parâmetros básicos e, em termos genéricos, para qualquer outro tipo de edifício, sem referência a parâmetros específicos no que diz respeito a áreas críticas hospitalares.

O Decreto-Lei n.º 84/97, de 16 de Abril, estabelece directrizes para a protecção e segurança da saúde dos trabalhadores contra riscos de exposição a agentes biológicos, o qual deve ser aplicado a todos os sectores onde se verifique o manuseamento e/ou produção de agentes biológicos classificados conforme as Portarias n.º 405/98 e n.º 1036/98. Condições ambientais inadequadas em qualquer tipo de instalações

contribuem para o desenvolvimento de agentes biológicos, colocando assim a saúde dos trabalhadores em risco (PITEIRA, 2007).

3.3. SÍNDROMA DO EDIFÍCIO DOENTE

A razão para o aumento de queixas relacionadas com os efeitos prejudiciais, ao conforto e à saúde dos espaços confinados requer uma caracterização da relação causa/efeito, o que nem sempre é fácil, quer porque não se conhece o efeito de certas substâncias, quer porque a presença destas não é sequer detectável. Quando aquela relação causal é estabelecida, então, faz sentido tomar medidas de prevenção e usar materiais limpos, que não contenham aquelas substâncias. Mas há ainda o caso em que os sintomas são difusos e as causas não são atribuíveis a uma fonte específica. Estamos, então, perante um dos problemas de qualidade do ar mais mediáticos, que é o designado Síndrome do Edifício Doente (SED), (do inglês, "Sick Building Syndrome", SBS). Este termo que começou a ser usado na década de 70 do século XX, com a introdução dos edifícios climatizados aliados ao facto da não entrada de ar do exterior com as primeiras reclamações dos seus utilizadores quanto à qualidade do ar interior (USEPA, 1994 e 1995; BRIGHTMAN e MOSS, 2004; COHEN, 2004; MOLHAVE, 2004 *et al.*, 2005)

Segundo o LQAI, a síndrome, cuja causa é provavelmente multifactorial, não é acompanhado por qualquer lesão orgânica ou sinal físico, sendo diagnosticado por exclusão. As consequências do SED são um descontentamento ou um mal-estar com redução da eficiência no trabalho, ao mesmo tempo que não se identificam razões para tais sintomas. Embora sejam variados, estes podem ser classificados em cinco grupos que podem ocorrer singularmente ou em combinações variadas: manifestações nasais (irritação nasal com rinorreia e obstrução nasal), manifestações oculares (sensação de secura e irritação da membrana mucosa do olho), manifestações orofaríngeas (sensação de secura e irritação da garganta), manifestações cutâneas (pele seca e irritada) e manifestações gerais (dores de cabeça, letargia generalizada e cansaço conduzindo à falta de concentração). Os sintomas de SED caracterizam-se por aumentarem de intensidade no local de trabalho e desaparecerem quando se deixa o edifício. Muitas manifestações perduram durante o fim-de-semana, mas durante as férias todos os sintomas desaparecem. Os factores que estão na origem do SED podem ser divididos

por 4 grupos: físicos, químicos, biológicos e psicológicos. Nos factores químicos são de considerar os provenientes do exterior e os que são emitidos no interior.

Segundo a OMS, o “Síndrome do Edifício Doente” (SED) descreve uma condição médica em que os utilizadores de um determinado edifício sofrem de sintomas de doenças ou se sentem mal sem haver um motivo aparente para isto. O SED resulta numa diminuição substancial do desempenho no trabalho e nas relações interpessoais, além de uma perda considerável de produtividade (COHEN, 2004). Admite-se que os principais factores relacionados ao SED sejam as poeiras, fibras, fungos, bactérias, vírus e contaminantes químicos (Compostos Orgânicos Voláteis e Formaldeído).

A presença de sintomas semelhantes entre os utilizadores do edifício é crucial na detecção do SED (REDLICH, SPARER e CULLEN, 1997). Entretanto, o SED é confirmado apenas se a presença desses sintomas ocorrer num número de pessoas significativamente superior ao que é considerado normal em condições saudáveis do edifício (HESS-KOSA, 2002). Lima de Paula (2003) considera um caso positivo do SED se 20% dos ocupantes apresentarem queixas. De acordo com HESS-KOSA, os principais problemas relacionados à má qualidade do ar interior são a ventilação inadequada (maior parte dos casos), seguido de contaminantes do ar exterior, contaminantes do ar interior (gerados internamente) e, em menor escala, materiais de construção e microrganismos.

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), no seu Guia Técnico de 2009, o ar ambiente interior de um edifício resulta da interacção da sua localização, do clima, do sistema de ventilação do edifício, das fontes de contaminação (mobiliário, fontes de humidade, processos de trabalho e actividades, e poluentes exteriores), e do número de ocupantes do edifício. Alguns destes factores e fontes estão listados na seguinte tabela.

Tabela 1- Fontes de contaminação do ar interior

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

3.4. CARACTERIZAÇÃO DE ATMOSFERAS INTERIORES

Ao invés do SED, a *Doença Relacionada com o Edifício* atribui os sintomas observados com um poluente específico, de uma fonte específica no interior de um edifício e que causa uma doença ou efeitos à saúde humana (USEPA, 1995; PERDRIX *et al.*, 2005).

Segundo o LQAI, o ambiente interior de um edifício é um sistema complexo que envolve muitos parâmetros com impacto na saúde e conforto. Vários espaços podem ser definidos num edifício com diferentes condições ambientais. As trocas de ar com os compartimentos vizinhos ou com o ar exterior estão limitadas pelos componentes do

edifício e estratégias operacionais e de uso (ventilação mecânica ligada ou desligada, ventilação natural, etc.). O edifício é claramente o sistema a ser otimizado do ponto de vista da qualidade do ar interior. Esta otimização depende por um lado da interação entre o edifício e o ambiente exterior e, por outro lado, do modo como o edifício é utilizado, incluindo o comportamento dos seus utilizadores. Os sistemas de climatização representam um complemento do próprio edifício para garantir as condições necessárias em cada espaço específico.

Uma fonte é um ponto de emissão de uma substância (poluente) ou outra disfunção (ruído, níveis de luz inaceitáveis, etc.). Existem diferentes tipos de fontes. A caracterização de uma fonte consiste na determinação da origem e medição da intensidade das emissões e subsequente avaliação dos possíveis efeitos na saúde ou conforto.

Para uma completa caracterização das atmosferas interiores há a considerar vários parâmetros:

Parâmetros físicos:

- Temperatura
- Humidade relativa
- Velocidade do ar
- Taxas de renovação do ar
- Luz
- Ruído
- Electricidade estática
- Campos electromagnéticos
- Partículas (PM10, PM2.5)

Parâmetros químicos:

- Compostos orgânicos voláteis (COVs)
- Benzeno
- Formaldeído
- Compostos orgânicos de origem microbiológica (MCOVs)
- Dióxido de carbono
- Monóxido de carbono
- Dióxido de azoto

- ETS (environmental tobacco smoke)
- Radão

Parâmetros microbiológicos:

- Fungos
- Bactérias
- Alergenos
- Legionella na água

3.5. SISTEMA AVAC (AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO)

Os sistemas AVAC em instalações hospitalares são utilizados com o objectivo de manter a temperatura e humidade estáveis, com níveis de conforto para trabalhadores, doentes e visitantes, para controlar odores, para renovação do ar contaminado, para efectuar as mudanças de ar necessárias para proteger os trabalhadores e os doentes susceptíveis de microrganismos patogénicos, transmitidos pelo meio ambiente no interior das instalações hospitalares e para reduzir o risco de transmissão através do ar ambiente, de microrganismos patogénicos de doentes infectados (PITEIRA, 2007).

Os componentes básicos de um sistema AVAC são:

- Entrada de ar proveniente do exterior;
- Filtros;
- Mecanismos modificadores de humidade efectuando o controlo de humidade no Verão e a humidificação no Inverno;
- Equipamento de aquecimento e refrigeração;
- Turbinas;
- Conduitas;
- Sistemas de exaustão;
- Registos;
- Difusores para distribuição do ar.

Num sistema AVAC centralizado, o ar do exterior entra para o sistema através de pré-filtros ou filtros de baixa eficiência para efectuar a remoção das partículas de

maior dimensão. Passa ao sistema de distribuição para ser condicionado para temperatura e humidade apropriada, depois passa para filtros de maior eficiência para remoção das partículas de menor dimensão e também muitos microrganismos, seguindo através de condutas para ser distribuído para cada zona do edifício. (PITEIRA, 2007).

Após esta distribuição para cada zona, entra no sistema de exaustão e é devolvido à unidade do sistema AVAC. Parte desse ar contaminado sai para o exterior, outra parte é misturada com a entrada de ar novo vindo do exterior filtrado e volta a circular no sistema. O ar, por exemplo, de zonas sanitárias e outras áreas sujas é removido directamente para o exterior através de um sistema de exaustão, enquanto que o ar de quartos de isolamento e laboratórios de agentes infecciosos é removido para o exterior, passando através de filtros de alta eficiência, também designados por filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air).

O funcionamento inapropriado dos sistemas AVAC, devido a filtros inadequados ou instalados de forma imprópria e falta de manutenção de acordo com o tipo de sistema instalado, afecta a qualidade de climatização e circulação de ar e contribui para o aparecimento de infecções contraídas dentro das unidades hospitalares (PITEIRA, 2007).

3.6. AR CONDICIONADO

Dois elementos importantes do ar condicionado são a temperatura e a humidade relativa. Após o ar passar através de um filtro, de baixa ou média eficiência, o ar é condicionado para temperatura e humidade, antes de passar através de filtros de alta eficiência.

3.7. TEMPERATURA

Os sistemas AVAC em instalações hospitalares possuem um de dois tipos de sistemas: um ou dois circuitos. O sistema de apenas um circuito distribui ar frio (aproximadamente 12,8°C) por todo o edifício e utiliza um aparelho de aquecimento controlado por termóstato, localizado no terminal da conduta para aquecer o ar de uma determinada área. Os sistemas de dois circuitos baseiam-se em circuitos paralelos, um

com ar frio e o outro com ar quente. Um aparelho de climatização em cada zona mistura o ar para assim alcançar a temperatura pretendida.

De acordo com a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), os parâmetros de temperatura são dados de acordo com a área específica:

- 20°C-23°C – temperaturas geralmente associadas a salas de operações, salas de trabalho e salas de endoscopia;
- 24°C – quartos de doentes para melhor conforto;
- 21°C-24°C – maioria das áreas comuns das instalações hospitalares.

No entanto, temperaturas fora destes referidos parâmetros poderão ser necessárias, de acordo com qualquer ocasião ou tratamento em áreas limitadas. (PITEIRA, 2007).

3.8. HUMIDADE

Há quatro medidas de humidade que são utilizadas para quantificar diferentes propriedades físicas da mistura da água, vapor e ar. A mais comum destas medidas é a humidade relativa – percentagem da quantidade de vapor de água no ar para a quantidade de vapor de água que o ar pode manter àquela temperatura. A humidade relativa mede a percentagem de saturação: a 100% de humidade relativa, o ar encontra-se saturado. Para a maioria das unidades hospitalares, os parâmetros de humidade relativos para atingir conforto estão compreendidos entre 30%-60%. Para uma percentagem superior a 60%, para além de serem considerados não confortáveis, contribuem também para o desenvolvimento fúngico (ORME I., 1997).

3.9. VENTILAÇÃO

O controlo de partículas contaminadas ou contaminantes do ar ambiente (microrganismos, poeiras, químicos, etc.) junto ao local onde se produzem é a forma mais eficaz de manter o ar limpo. A segunda forma mais eficiente do controlo do ar ambiente é através de ventilação adequada, assim considerada quando mantém o controlo dos níveis de cheiros e dióxido de carbono (ASHRAE, 1998). Segundo a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), a menos que existam normas

legislativas específicas, ou regulamentos específicos por instituições de certificação hospitalar no respeitante a níveis de ventilação, o critério de ventilação é meramente voluntário. De um modo geral, e de forma errónea, os critérios são desenvolvidos apenas de acordo com o desenho do projecto das instalações, não tendo em conta o tipo de actividade a que se destinam.

Baseado no conhecimento científico e avaliação profissional das directrizes do *American Institute of Architects (AIA)*, a *American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)* criou normas de ventilação, designadas inicialmente para satisfazer problemas relacionados com odores. A ASHRAE e a *American National Standards Institute (ANSI)* criaram recomendações para a relação de ventilação e pressão para várias áreas hospitalares. As instalações hospitalares que não possuam normas de ventilação específicas devem seguir as recomendações ANSI/ASHRAE.

Actualmente, no nosso país, um consórcio entre uma empresa privada e investigadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra está a desenvolver um sistema para monitorização em tempo real da qualidade do ar nos hospitais, de modo a evitar as infecções nosocomiais, aumentando a segurança naquelas unidades. Esse sistema de gestão da qualidade do ar interior será capaz de efectuar a monitorização do ar e interagir com os equipamentos de ventilação e de ar condicionado, utilizando para isso uma rede de sensores específicos para medição, em diversos locais, de diversos gases contaminantes. Estes sensores serão ligados a uma estação de monitorização, na qual os dados serão recolhidos e tratados através de software, permitindo assim uma correcta gestão das necessidades de ventilação e climatização, contribuindo também para um decréscimo do consumo energético. O sistema permitirá o envio de informações para registo na base de dados, bem como alertas para os responsáveis nas instituições hospitalares, bombeiros ou protecção civil em caso de fuga de gás, ruptura na canalização da água ou de uma deficiência no sistema eléctrico, accionando de forma imediata medidas correctivas automáticas, impedindo assim possíveis acidentes em meio hospitalar. Este sistema que tem como caso de estudo os Hospitais da Universidade de Coimbra (HUC), assegura ainda aos

utentes a informação em tempo real da qualidade do ar, através de monitores colocados em locais estratégicos dos edifícios.⁴

As normas de ventilação são definidas em termos de volume de ar por minuto por ocupante, baseando-se na presunção de que os ocupantes e as suas actividades são responsáveis pela maior parte dos contaminantes do espaço que ocupam. As medidas de ventilação em unidades hospitalares são expressas em mudanças de ar filtrado por hora. A maior eficiência para remoção de partículas do ar ambiente ocorre quando se verificam entre 12-15 mudanças de ar por hora (STEIFEL AJ., 1999 e HENNANS RD., 1993). Os parâmetros de medição variam entre as diferentes áreas hospitalares.

As instalações hospitalares utilizam, de um modo geral, ar recirculado. As turbinas produzem suficiente pressão positiva para empurrar o ar através do sistema de condutas e adequada pressão negativa para evacuar ar do espaço para dentro do sistema de condutas e/ou exaustão, completando o circuito de ar como um sistema fechado. No entanto, devido à tendência dos contaminantes se acumularem à medida que o ar recircula, uma percentagem de ar recirculado é removido para o exterior e substituído por ar novo, em que se utiliza normalmente uma mistura de 60% de ar novo e 40% de ar recirculado.

Um espaço com pressão positiva e pressão negativa diz respeito à diferença de pressão entre dois espaços adjacentes (por exemplo, quartos e corredores). O ar desloca-se das áreas com pressão positiva para as áreas adjacentes (PITEIRA, 2007).

3.10. FILTRAÇÃO

A filtração, forma física de remover partículas do ar, é o início do processo para se conseguir uma boa qualidade de ar interior, e a primeira forma de manter o ar limpo.

Durante a filtração, o ar passa através de filtros com eficiência de 20% -40% e filtros com eficiência igual ou superior a 90%, para uma eficiência combinada de aproximadamente 100% em remover partículas de 1µm a 5µm de diâmetro. Os filtros de baixa eficiência oferecem pouca resistência à passagem do ar, permitindo a penetração de partículas pequenas dentro do sistema de ar condicionado e no meio

⁴ “Airmonitor aumenta a Segurança nos Hospitais”. [on-line] [acedido em 01/06/2011] disponível na www em <http://noticias.universia.pt/ciencia-tecnologia/noticia/2009/07/28/200294/airmonitor-aumenta-segurana-nos-hospitais.html>

ambiente. O ar novo é misturado com o ar recirculado e acondicionado para temperatura e humidade antes de ser filtrado pelo segundo sistema de filtros com eficiência igual ou superior a 90%. (PITEIRA, 2007), os quais conseguem providenciar ar quase completamente livre de partículas. Este tipo de sistema é o indicado para utilização na grande maioria dos cuidados de doentes ambulatoriais e enfermarias em unidades hospitalares, enquanto os filtros HEPA devem ser utilizados para áreas hospitalares onde existam cuidados especiais, por exemplo, salas de operações designadas para transplantes e cirurgias ortopédicas. Estes filtros HEPA possuem uma eficiência de, pelo menos, 99,97% para a remoção de partículas com diâmetro maior ou igual a 0,3µm. (PITEIRA, 2007).

Os custos de manutenção associados aos filtros HEPA são elevados se comparados com outros tipos de filtros, embora os mesmos possam ser minimizados com a aplicação de pré-filtros, podendo estes aumentar a duração dos referidos filtros em cerca de 25%. Existe ainda a possibilidade de colocar um pré-filtro seguido por um filtro com eficiência igual ou superior a 90%, a duração do filtro HEPA poderá prolongar-se mais 900%. Este método é designado de “filtração progressiva” permitindo que filtros HEPA em áreas de cuidados especiais sejam usados durante 10 ou mais anos. (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNAMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, 1998).

Os filtros HEPA estão normalmente estruturados no interior de uma moldura metálica, no entanto, existem versões mais antigas com moldura em madeira. A moldura metálica não traz vantagens relativamente à de madeira, se devidamente instalada, em termos de qualidade, mas a moldura de madeira pode comprometer a qualidade do ar se for molhada e não secar completamente, permitindo assim o desenvolvimento de fungos e bactérias. Existem unidades de filtros HEPA portáteis do tipo industrial, as quais permitem fazer filtração de ar entre 1,41 m³/s e 3,77 m³/s. Utilizam-se estes filtros temporariamente para recircular o ar em quartos desprovidos de ventilação geral, para melhorar sistemas que não possam providenciar uma adequada circulação de ar e aumentar a eficiência da referida circulação. (PITEIRA, 2007)

Os filtros HEPA portáteis são igualmente úteis como unidades de controlo de engenharia, quando o sistema AVAC se encontra em reparação, contudo estas unidades não permitem condições de ar fresco. A eficiência destas unidades para a remoção de partículas depende da configuração da sala, do tipo de móveis e pessoas na sala, da colocação da unidade em relação a tudo o que se encontra na sala e da localização da

entrada de ar e sistema de exaustão da mesma. (PITEIRA, 2007). Se a unidade portátil do tipo industrial for usada, deverá ser capaz de recircular todo ou quase todo o ar da sala através dos filtros HEPA, e a unidade deve estar adequada para permitir o equivalente a 12 ou mais mudanças de ar por hora (PITEIRA, 2007).

3.11. MANUTENÇÃO DOS FILTROS

A eficiência do sistema de filtração depende da densidade dos filtros que podem causar uma baixa pressão, a menos que compensada por mais fortes e eficientes turbinas para que o fluxo de ar seja mantido. Para um rendimento óptimo, os filtros requerem inspecção e substituição, de acordo com as recomendações do fabricante e normas preventivas da prática de manutenção. De acordo com as obras “*Unusual case of lethal pulmonary aspergilloses in patients with chronic obstructive pulmonary disease*” (PITTET, HUGUENIN, DHAMN et al., 1996) e “*Brucellosis among hospital employees in Saudi Arabia*” (KIEL, KHAN, 1993), a acumulação excessiva de poeira e de outras partículas requer uma maior pressão para a passagem do ar através do filtro, estes, por sua vez, requerem também uma inspecção regular para outras causas que possam afectar o rendimento: espaços dentro e à volta do filtro, pedaços de terra e outros sedimentos de resíduos em filtros com deficiente manutenção têm sido atribuídos a focos de infecções hospitalares com *aspergillus*, especialmente durante construções junto às instalações hospitalares.

3.12. O IMPACTO DA MANUTENÇÃO NO CONTROLO DAS INFECÇÕES NOSOCOMIAIS

A falha ou deficiente funcionamento de qualquer componente do sistema AVAC numa unidade hospitalar pode contribuir para o desconforto ou exposição de todos (funcionários, doentes e visitas) à contaminação através do ar ambiente. Existe escassa informação disponível em estudos no controlo de infecções, sobre as implicações da falha do sistema AVAC ou de o desligar para efectuar a sua manutenção (PITEIRA, 2007).

De acordo com as directrizes do AIA, as instalações hospitalares não devem desligar os sistemas AVAC para outros fins que não os necessários para a manutenção,

mudanças de filtros e construção. A circulação do ar pode ser reduzida, mas suficiente ar novo, recirculação e exaustão devem ser providenciados para manter diferenças de pressão entre espaços, mesmo quando as áreas não estejam ocupadas com doentes.

Há proliferação de microrganismos em ambientes sempre que poeiras e água estejam presentes, pelo que os sistemas de ar condicionado podem ser ambientes ideais para o desenvolvimento de micróbios. Os sistemas AVAC exigem uma monitorização e manutenção regular e adequada, de modo a permitir a qualidade do ar interior eficiente e minimizar as condições favoráveis à proliferação de microrganismos patogénicos em unidades hospitalares. Esta monitorização inclui determinar diferenças de pressão através dos filtros, uma regular inspeção aos sistemas dos filtros, analisar filtros HEPA, analisar filtros de baixa ou média eficiência e analisar com manómetros a pressão das áreas negativas e positivas, de acordo com as normas nacionais ou de referência e recomendações de fabricantes.

A limpeza ou substituição de filtros conforme o necessário, removendo os filtros usados em sacos de plástico, é importante para prevenir a exposição de doentes e pessoal a contaminantes ambientais. Uma entrada de ar novo com manutenção inadequada, com elevada sujidade e poeiras, junto da entrada, contribui para a danificação precoce de filtros e permite a entrada de fungos. É necessário manter as entradas de ar novo sem fezes de pombos e outras aves, permitindo assim minimizar a entrada de fungos e outros microrganismos patogénicos no interior do ar ambiente.

A acumulação de poeiras e humidade dentro do sistema AVAC aumenta o risco de infeções nosocomiais causadas por fungos e bactérias. Focos de infeções nosocomiais devido a *Aspergillus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacter* spp., têm estado associados a sistemas AVAC devido à inadequada, insuficiente ou inexistente manutenção. Esforços para limitar a humidade, nas infra-estruturas e condutas dos sistemas AVAC, podem minimizar a proliferação, bem como a dispersão de bactérias e esporos de fungos no ar ambiente (PITEIRA, 2007).

3.13. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (COV): FORMALDEÍDO E XILENO

Considera-se Composto Orgânico Volátil (COV) todo o composto que, à excepção do metano, contém carbono e hidrogénio, os quais possivelmente podem ser substituídos por outros átomos como halogéneos, oxigénio, enxofre, nitrogénio ou fósforo, excluindo-se óxidos de carbono e carbonatos. O conceito mais “utilizado”, entretanto, é o da Agência Americana de Protecção Ambiental, que definiu COV como toda a substância carbonada (excepto monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácidos carbónicos, carbonetos, carbonatos metálicos e carbonatos de amónio) que participa em reacções fotoquímicas da atmosfera, embora alguns destes compostos voláteis tenham reactividade química negligenciável. Esta definição compõe uma lista considerável de compostos químicos (mais de 600), onde quase um terço constitui-se por substâncias tóxicas (GHOSHAL e MANJARE, 2002; LE CLOIREC, 1998; SCHIRMER, 2007; ZYSMAN e SKELLY, 2001).

Acrescenta-se ainda que, todo o produto orgânico com pressão de vapor superior a 10 Pa nas condições normais de temperatura e pressão ou 0°C e 105 Pa (1 atm) é considerado um composto orgânico volátil (SCHIRMER, 2004). Nos Estados Unidos, os COVs são definidos como compostos orgânicos com pressão de vapor superior a 13,3 Pa a 25°C, de acordo com o método D3960-90 da American Society for Testing and Materials (ASTM). Na União Europeia, os COVs são definidos como compostos orgânicos com pressão de vapor superior a 10 Pa e 20°C (*European VOC Solvents Directive* 1999/13/EC).

O “Australian National Pollutant Inventory” define COV como um composto químico com pressão de vapor superior a 2 mmHg (0,27 kPa) a 25 °C, excluindo o metano (LE CLOIREC, 1998; ZYSMAN, 2001).

Os COV foram ainda definidos como compostos orgânicos com pontos de ebulição numa faixa de 50 a 260 °C (WHO, 1989). Este intervalo foi escolhido por razões de capacidade de amostragem e de análise, mais do que do ponto de vista dos efeitos na saúde (DEWULF e WITTMANN, 2002).

Moretti e Mukhopadhyay (1993 apud LE CLOIREC, 1998) propuseram um critério baseado na longevidade dos COV no meio natural. Autores anglo-saxónicos classificaram os COVs em função do comportamento do radical livre OH.

O sistema de registo de substâncias químicas da referida agência norte-americana menciona a existência de 231 compostos pertencentes aos COVs (USEPA, 2008). Em ambientes interiores, os COVs têm uma definição menos rigorosa, pois especialistas em qualidade de ar interior, consideram como COVs, os compostos orgânicos que se encontram no estado gasoso ou em vapor, podendo ser medidos pelos métodos analíticos aplicados a esta classe (TUCKER, 2004).

Estudos confirmaram que os COVs são encontrados em maior número nos ambientes interiores do que no ar exterior (WANG, ANG e TADE, 2007). Por este motivo, esta é a classe de compostos mais frequente e mais estudada nos ambientes interiores (TUCKER, 2004). Embora exista uma grande variedade de compostos num dado ambiente, aqueles que mais se encontram são o Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xileno, Formaldeído e Acetaldeído. Entretanto, estes raramente estão em concentração superior aos seus limites individuais de toxicidade (WHO, 1989; WOLKOFF e NIELSEN, 2001; TUCKER, 2004). Segundo Wang, Ang e Tade (2007), a concentração média de cada COV varia de local para local e, geralmente, está entre 5 µg/m³ e 50 µg/m³ em edificações com alguns meses ou anos de uso (não recém-construídas).

Uma parcela dos COVs encontrados no ambiente interior vem do ar exterior, uma vez que a combustão de combustíveis fósseis por veículos automóveis é a sua origem. Os níveis de alguns COVs são superiores internamente do que externamente, apesar de a entrada de COV a partir do ar exterior ser também significativa, as fontes internas são mais importantes, principalmente em edifícios novos, onde os materiais de construção apresentam taxas mais altas de emissão que vão diminuindo com o tempo. Factores como a estação do ano, a temperatura e humidade relativa alteram as concentrações de COV (BROWN et al., 1994; WANG, ANG e TADE, 2007).

As principais fontes em ambientes interiores são os materiais de construção, acabamento, decoração, mobiliário, tipo de pisos, combustão, processos metabólicos, produtos de limpeza, fotocopiadoras, desinfetantes, desengordurantes, etc. (WHO, 1989; WOLKOFF e NIELSON, 2001; TUCKER, 2004). Segundo LEE *et al.* (2006), a máquina fotocopiadora é responsável por mais de 60 tipos de COV libertados durante o seu funcionamento.

Segundo a APA, existem provavelmente vários milhares de químicos, sintéticos e naturais, que podem ser chamados de COVs. Destes, mais de 900 foram identificados

no ar interior, com mais de 250 registados em concentrações superior a 1 *ppb* (fracção molar em partes por bilião).

Assim, segundo a referida Agência, dada a existência de uma grande quantidade de compostos orgânicos voláteis no ar interior, para facilitar o seu tratamento é feita uma divisão em várias classes. A divisão pode ser feita de acordo com as suas características químicas (alcanos, aromáticos, aldeídos, etc.), as suas propriedades físicas (ponto de ebulição, pressão de vapor, número de átomos de carbonos, etc.), ou os seus potenciais riscos para a saúde (irritantes, neurotóxicos, carcinógenos, etc.). Seguindo a classificação do grupo de trabalho da OMS dos poluentes orgânicos do ar interior, tornou-se prática corrente dividir os compostos orgânicos voláteis de acordo com as gamas de ponto de ebulição e a discriminação entre Compostos orgânicos muito voláteis (COMV), COV, Compostos orgânicos semivoláteis (COSV) e Matéria Orgânica Particulada (MOP).

Tabela 2 - Classificação dos COV em espaços interiores (WHO, 1989)

Categoria	Descrição	Abreviatura	Gama de ponto de ebulição (°C)*	Meio de amostragem geralmente usado nos estudos de campo
1	Compostos orgânicos muito voláteis (gasosos)	COMV	<0 a 50-100	Recolha em Canisters; adsorção em meio sólido
2	Compostos orgânicos voláteis	COV	50-100 a 240-260	Recolha em Canisters, por adsorção em meio sólido
3	Compostos orgânicos semivoláteis	COSV	240-260 a 380-400	Adsorção em espuma de poliuretano ou XAD-2
4	Compostos orgânicos associados a matéria particulada ou a matéria orgânica particulada	MOP	>380	Recolha em filtros

*Os compostos polares aparecem no limite superior da gama.

A medição e a identificação individual dos COVs são dispendiosas e consome tempo porque os COVs presentes em concentrações muito baixas são difíceis de identificar, ou de medir. O conceito de COVs totais (COVT) foi desenvolvido para lidar com esta situação. As medições de COVTs registam o total de COVs presentes sem distinguir os diferentes compostos. Assim, se for analisada uma mistura de COVs do ar

interior, o resultado é em geral expresso como COVT. Isto significa que um único valor representa a mistura de COVs. É importante notar que os procedimentos de análise química podem incluir parte dos COVs que pertencem às classes de COMV e COSV. O Xileno, é um líquido incolor, insolúvel em água e possível de se misturar com etanol, éter e outros solventes orgânicos, de odor característico, nocivo e inflamável, e a sua solução comercial resulta de uma mistura de três isómeros de xilol, etilbenzeno e outros hidrocarbonetos aromáticos, nas seguintes proporções: *orto*-xileno 23%, *meta*-xileno 46%, *para*-xileno 21%, etilbenzeno 0,9% e outros hidrocarbonetos aromáticos 9% (MERCK, 1996).

O Xileno é largamente usado como solvente para tintas, vernizes, indústria de tinturas e corantes, preparados farmacêuticos, indústria de produção de plásticos, indústria do petróleo e como solvente em análises laboratoriais. Trata-se de um composto orgânico volátil que pode provocar tosse, dores de cabeça, dificuldades respiratórias, perda de memória a curto prazo, depressão no sistema nervoso central, irritação ocular e dermatites (MORAES *et al.*, 2005; LANGMAN, 1994).

A inalação do Xileno pode induzir distúrbios fonológicos, visuais, auditivos e motores, além de poder estar relacionado com o aparecimento de tumores cerebrais e leucemias, quando associado ao benzeno (IRWIN *et al.*, 1997; TIBURTIUS *et al.*, 2004). O uso frequente do Xileno pode causar danos graves à saúde dos trabalhadores expostos. Assim, é importante a avaliação toxicológica do ácido metilhipúrico, o metabólito do xilol na urina.

Após a exposição aguda a este composto, podem observar-se os seguintes sintomas: ruborização e aumento da temperatura devido à vasodilatação periférica, distúrbios visuais, vertigens, tremores, salivação, alterações cardíacas, sonolência, parestesia, depressão do sistema nervoso central (SNC), confusão e coma. O Xileno em concentrações maiores que 200 ppm (partes por milhão) é irritante aos olhos e pulmões. A inalação após exposição crónica provoca alterações respiratórias, excitação do SNC seguido de depressão e disfunção da memória. A ingestão leva a irritação nervosa, vertigem, dores de cabeça, anorexia, náuseas, flatulência, anemia e hemorragia de mucosa. A aspiração pode levar o produto para o pulmão provocando pneumonite, edema pulmonar e hemorragia. O contacto directo nos olhos causa irritações, conjuntivite e danos à córnea, enquanto na pele provoca irritações e dermatites (BEASLEY, 1992; MERCK & CO, 1995; TRUJILLO *et al.*, 2003).

A inalação do Xileno causa irritações ao nariz e garganta e, em altas concentrações, pode causar náuseas, vômitos, dor de cabeça, grave dificuldade de respiração e tosse. O vapor em altas concentrações é anestésico. Doses maciças de Xileno podem causar anomalias cardíacas, pois este produto pode aumentar a susceptibilidade das células miocárdicas aos efeitos disritimogênicos das catecolaminas. Hematúria e proteinúria também podem ocorrer após inalação excessiva, sendo reversíveis após o término da exposição. A utilização dos solventes acima dos valores limite pode levar a uma acidose metabólica (*acidéz excessiva do sangue caracterizada por uma concentração anormalmente baixa de bicarbonato no sangue*) e provocar distúrbios eletrolíticos e ácido-básicos que podem causar acidose tubular renal (*perturbação na qual os tubos do rim não extraem adequadamente o ácido do sangue para que seja excretado pela urina*), hipocalcemia (insuficiência da taxa de potássio no sangue) e hipofosfatemia (*valor baixo de fosfato sanguíneo*). (RIIHIMAKI *et al.*, 1982; MERCK & CO, 1995).

O contacto do Xileno com a pele causa a perda natural da gordura protectora resultando em dermatites, eritemas e bolhas; nos olhos provoca a hiperemia da conjuntiva (vulgarmente designada por olho vermelho) e ceratopatia (TRUJILLO *et al.*, 2003).

A exposição crónica a elevadas concentrações causa alterações na medula óssea como anemia, com diminuição de hemoglobina, hemácias e linfócitos, interferindo assim no processo de resistência imunológica do organismo tornando-o susceptível a vários tipos de doenças. Elevadas concentrações levam à acumulação da substância em todos os órgãos, principalmente nas glândulas supra-renais, medula óssea, baço e tecido nervoso. Em seres humanos expostos pode levar a casos de infertilidade, malformações fetais e patologias renais em crianças cujas mães foram expostas. (IPCS, 1997; ABNT, 2001).

O Xileno em concentrações de 200 ppm ou mais provoca irritação nas membranas e mucosas, náuseas, vômitos, tonturas e falta de coordenação. As concentrações deste composto no sangue acima de 3mg/L, produzidas pela exposição de indivíduos a Xileno de 300-400 ppm, provocam problemas de equilíbrio. (SAVOLAINEN *et al.*, 1979). Concentrações no ar acima de 10.000 ppm dessa substância têm causado inconsciência em trabalhadores devido à depressão do SNC, até à morte. (MORLEY *et al.*, 1970).

De acordo com a *National Fire Protection Association* (NFPA) o Xileno está classificado como saúde 2, inflamabilidade 3 e reactividade 0. Conforme a norma NR704 do NFPA os números 0, 2 e 3 significam mínimo, moderado e alto, respectivamente (CETESB 1992). De acordo com a classificação de carcinogenicidade ocupacional a ACGIH/95-96 considerou que o Xileno não se enquadra como carcinogéneo para o homem, sendo o seu valor limite de exposição de 100 ppm.

O laboratório de citologia e anatomia patológica é uma área de apoio diagnóstico responsável pela elaboração dos seguintes procedimentos: análise morfológica e macroscópica dos tecidos obtidos por biópsia e pelo exame citológico de esfregaços, obtidos por raspagem, secreções, líquidos, punção etc. O Xileno é utilizado nesses laboratórios na diafanização, microtomia, coloração e no momento da montagem das lâminas, e é indispensável para a realização dos exames. A função deste solvente é tornar os tecidos translúcidos (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004).

Distúrbios da memória, humor, equilíbrio e sono, dor de cabeça e indigestão foram evidenciados em técnicos de Laboratório de Anatomia Patológica que estiveram expostos diariamente ao Xileno, Tolueno e Formaldeído. Alterações do comportamento neurológico foram acompanhadas por irritações nos olhos e traqueia. Perda de memória e distúrbios no sono foram mais frequentes em técnicos expostos ao Xileno a uma concentração mais alta. A perda do equilíbrio foi cinco vezes maior em técnicos de anatomia patológica do que em trabalhadores de outras secções que não foram expostos às substâncias químicas. Após exposição prolongada ao Xileno houve aumento das dores no peito, tosse e palpitações (KILBURN *et al.*, 1985).

O Formaldeído (Número CAS: 50-00-0) é o composto mais simples da família dos aldeídos alifáticos. Conhecido também como aldeído fórmico ou metanal (nome atribuído pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), é em condições normais de pressão e temperatura um gás incolor com elevada capacidade de difusão. Caracteriza-se ainda por possuir um odor forte e característico, detectável a baixas concentrações. É solúvel em água, álcool etílico, éter dietílico, clorofórmio e miscível com acetona e benzeno, de acordo com a *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR, 1999). A sua fórmula estrutural está representada na seguinte figura.

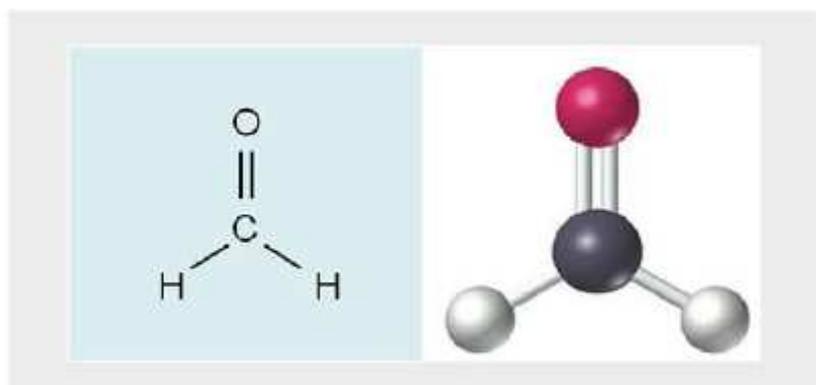


Figura 1 - Fórmula Estrutural do Formaldeído

O Formaldeído foi descoberto por Butlerov em 1859 e começou a ser comercializado no início do século XX (MAYAN *et al.*, 1995). É uma substância de grande relevância comercial devido à polivalência de aplicações e ao baixo custo de produção.

Comercialmente, o Formaldeído por ser reactivo e instável à temperatura ambiente, é vendido em solução aquosa de 37-39%, contendo ainda 10-15% de metanol, para inibir a sua polimerização a paraformaldeído (IARC, 1995). A estas soluções comerciais de Formaldeído mais estáveis, dá-se o nome de formol (ATSDR, 1999).

Face à elevada reactividade e à facilidade com que se condensa, o Formaldeído não se pode isolar nem manipular facilmente no estado puro, por esta razão não se encontra disponível comercialmente sua forma gasosa. A nível industrial este composto é produzido por oxidação catalítica do metanol, fazendo passar vapores deste, juntamente com ar, sobre espirais de cobre incandescentes ou de óxidos metálicos (catalisadores metálicos). Em presença de traços de água, o Formaldeído tende a polimerizar-se espontaneamente formando um sólido denominado paraformaldeído. A polimerização pode ser evitada na presença de metanol (International Agency for Research on Cancer - IARC, 2006). As propriedades deste aldeído estão resumidas na seguinte tabela:

Tabela 3 - Propriedades físico-químicas do Formaldeído

Peso Molecular	30.03 g/mol
Fórmula Molecular	CH ₂ O
Ponto de Fusão	- 118 a - 92 °C
Ponto de Ebulição	- 21 a - 19 °C
Densidade a - 20°C	0.815 g/mL
Pressão a 25°C	3.883 mm Hg
Conversão a 25°C e 1bar	1ppm = 1.2 mg/m ³

Estudos recentes sobre a qualidade do ar interior dos Serviços Hospitalares de Anatomia Patológica (COSTA *et al.*, 2008; FERRO *et al.*, 2005) registaram níveis elevados deste aldeído, superiores ao valor limite normativo (NP – 1796: 2007).

A exposição a Formaldeído assume particular importância em ambiente ocupacional quando comparada com a exposição ambiental (ar livre e habitação), uma vez que é nos locais de trabalho que a concentração ambiental deste aldeído pode atingir valores elevados (WHO, 2002).

Embora não seja possível calcular com exactidão o número de pessoas ocupacionalmente expostas a Formaldeído a nível mundial, estima-se que só na União Europeia haja cerca de 971 mil trabalhadores expostos a este aldeído (IARC, 2006).

Segundo a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), os laboratórios de anatomia patológica, salas de autópsia e indústrias químicas e de madeira são os postos de trabalho com maior número de exposições a concentrações elevadas de Formaldeído, sendo indicadas pela mesma agência como os cenários ocupacionais de maior risco (MAYAN *et al.*, 1995).

Um estudo sobre a exposição ao Formaldeído de 29 estudantes de medicina durante a técnica de embalsamento detectou que, a concentração média desse composto no ar era de 1.4 ppm (Suruda *et al.*, 1993), sendo importante referir que o valor limite estabelecido pela OSHA é de 0.75 ppm (PEL - Permissible Exposure Limit).

São vários os trabalhos publicados posteriormente sobre a exposição ocupacional ao Formaldeído no sector da saúde, tanto em instituições hospitalares como académicas, que reportam a exposição dos profissionais a níveis elevados desse agente

químico (VASUDEVA & ANAND, 1996; YING *et al.*, 1997; HAUPTMAN *et al.*, 2003; PALA *et al.*, 2008).

Este produto é um fixador de tecidos pouco dispendioso e bastante eficiente sendo, por isso, o eleito em procedimentos de rotina anatomopatológicos. Como não provoca o endurecimento excessivo dos tecidos é igualmente o meio preferencial para conservar e armazenar biópsias e peças cirúrgicas. Face ao exposto, torna-se evidente que o formaldeído é um produto de uso corrente e frequente pelos profissionais dos Serviços de Anatomia Patológica. A principal desvantagem apontada na utilização deste produto é o facto de haver libertação de vapores durante o seu manuseamento, com consequente inalação por parte dos trabalhadores (FERRO *et al.*, 2005).

3.14. PRINCIPAIS VIAS DE ABSORÇÃO

A principal via de penetração do Xileno é a respiratória e, estudos com voluntários humanos mostraram que por meio desta, cerca de 60% do Xileno é absorvido rapidamente. Segundo a *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (Agência de Substâncias Tóxicas e Registo de Doenças), cerca de 95 % dos isómeros do Xileno absorvidos são praticamente eliminados na urina sob a forma de metabolitos, ácido metil hipúrico e o restante é eliminado no ar exalado. O Xileno é muito solúvel no sangue e nos tecidos, especialmente nos tecidos ricos em lípidos tais como o adiposo e o do cérebro (ATSDR 1995).

A inalação, além de ser considerada a principal via de penetração é também a mais importante via de intoxicação no ambiente de trabalho, daí a atenção especial que deve ser dada aos sistemas de ventilação. A grande superfície dos alvéolos pulmonares, área de 80 a 90 m², facilita a absorção de gases e vapores, que são transportados ao sangue posteriormente e distribuídos a outras regiões do corpo. As consequências provocadas pela ingestão deste produto químico são sensações de queimadura na boca e estômago e, nos pulmões, pode causar hemorragias graves com danos pulmonares e morte (MERCK & CO, 1995). Geralmente, mais de 90% das intoxicações generalizadas advém desta origem (ROCHA, 1999). A ingestão representa uma via secundária de penetração das substâncias químicas no organismo, na maioria das vezes de forma accidental. A biotransformação do Xileno compreende a oxidação de um dos grupos metila com formação do ácido metilbenzóico. Este, por sua vez, depois de se conjugar à

glicina, é excretado na urina como ácido metilhipúrico (LANGMAN, 1994; JACOBSON & McLEAN, 2003).

A principal via de exposição a Formaldeído é a inalatória e a sintomatologia mais comum é a irritação no nariz, garganta e aumento de lacrimação (ATSDR, 1999).

3.15. COV's EMITIDOS POR MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

O LQAI, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, é um dos 11 laboratórios europeus e o único em Portugal cujo sistema de rotulagem de materiais de construção encontra reconhecimento internacional, apesar de não existir, ainda, uma norma de certificação internacional, apenas algumas normas sobre métodos e entendimentos voluntários. Segundo este laboratório, os materiais de construção, tal como mobiliário e produtos de manutenção são reconhecidos actualmente como sendo fontes importantes de compostos orgânicos voláteis e formaldeído.

Por outro lado, o LQAI tem colaborado em diversos projectos nacionais e europeus como o projecto “Saúde ambiental em ambiente escolar” da FCG e o projecto HOPE (Health Optimisation Protocol for Energy - Efficient Buildings) no âmbito da caracterização da qualidade do ar interior em edifícios, tendo acumulado experiência no que respeita à medição de parâmetros químicos e físicos em ambientes reais.

Os COVs emitidos pelos materiais de construção podem classificar-se em primários e secundários. Os poluentes primários são em geral COVs de baixa massa molecular, como resíduos de solventes, aditivos e matéria-prima não transformada na produção dos materiais. Os poluentes secundários são COVs resultantes de reacções diversas tais como hidrólise ou oxidação degradativa, de acção microbiológica e de processos de reemissão de COVs adsorvidos. A caracterização de emissões dos materiais de construção de um edifício *in situ* é extremamente difícil devido à presença simultânea de vários materiais e ao número elevado de parâmetros que influencia as emissões e as concentrações de poluentes no ar, nomeadamente a temperatura, a humidade relativa, a taxa de ventilação e a velocidade do ar à superfície do material.

Existem vários métodos para estudos das emissões, no entanto, segundo o LQAI o método considerado mais apropriado consiste em substituir a sala por uma câmara de teste, onde haja a possibilidade de simular controladamente as condições físicas do ambiente interior. A câmara de teste será pois a reprodução de uma sala, em que existe

apenas um material, aquele que é o objecto do estudo. Esta técnica permite obter informações padronizadas, necessárias para que se possa comparar a qualidade de diferentes materiais. Existem vários modelos de câmara de teste que variam nas dimensões e no tipo de materiais utilizados. Estas devem ser concebidas em materiais inertes (aço inoxidável ou vidro), variando as suas dimensões entre 35cm³ e 1,5m³.

As câmaras de teste devem cumprir algumas exigências no que respeita à pureza do ar no seu interior, ao controlo rigoroso dos parâmetros experimentais e respectiva precisão que condicionam as emissões de COVs e as respectivas concentrações na atmosfera (temperatura, humidade relativa, velocidade do ar à superfície dos materiais e taxa de ventilação), existência de fugas e eficiência da mistura do ar.

O valor da taxa de ventilação (n) deve ser escolhido de acordo com a relação existente entre a área de material e o volume da câmara de teste (factor de carga, L , $L=A/V$, sendo A , a área de material e V , o volume da câmara). Estes três parâmetros estão relacionados entre si através de uma equação que define a taxa de ventilação específica. A taxa de ventilação específica é a taxa de ventilação por unidade de área de superfície emissora. Segundo o Comité Técnico CEN/TC 351 (*Construction products: assessment of release of dangerous substances*) para o desenvolvimento de métodos de ensaio para substâncias perigosas dos materiais de construção. O valor da taxa de ventilação específica para os diferentes tipos de materiais será definido de acordo com um espaço modelo de 12 m² de área (3,0 x 4,0 m), 2,5 m de altura e 30,0 m³ de volume, com uma taxa de ventilação de 0,5 h⁻¹.

Tabela 4 - Valores aconselhados para os diversos materiais

Materiais	q_e (m³/(m²h))
Pavimento	1,25
Tecto	1,25
Paredes	0,50
Vedantes	71,4

Os testes em câmara, para além de permitirem comparar a qualidade de diferentes materiais de construção ou decoração, podem fornecer resultados que permitam prever as concentrações em ambientes reais. Para isso tem-se procurado desenvolver modelos que tenham em conta a dinâmica encontrada num ambiente

interior. Tem de se ter em conta os vários parâmetros ambientais (temperatura, humidade relativa, taxa de ventilação) e interacções entre os diversos materiais de construção e/ou decoração existentes no mesmo espaço (emissão, adsorção de COVs existentes no ambiente e posterior re-emissão). Existem diversas tentativas de obter uma ferramenta de tal utilidade, mas a complexidade das variáveis envolvidas tornam difícil alcançar esse objectivo.

3.16. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Actualmente existem vários métodos para efectuar uma avaliação da qualidade ambiental dos materiais de construção. O relatório nº 24 da *European Concerted Action* (ECA) apresenta os métodos existentes, referindo as metodologias utilizadas por cada um deles, quer no que respeita à análise propriamente dita, quer nos critérios de avaliação. Alguns deles pertencem a sistemas de classificação interna de certos países. Tal é o caso da Emission Classification of Building Materials, em que os materiais são classificados em categorias M1, M2 e M3 consoante os valores obtidos para os poluentes a analisar após 4 semanas de exposição: COVT (usando o factor de resposta do tolueno), formaldeído, amoníaco, compostos carcinogéneos e odor.

Tabela 5 - Compostos examinados

Compostos examinados	M1 [mg/(m² h)]	M2 [mg/(m² h)]
Emissão de Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVT). Um mínimo de 70% de compostos devem ser identificados	< 0,2	< 0,4
Emissão de Formaldeído (HCHO)	< 0,05	< 0,125
Emissão de Amoníaco (NH ₃)	< 0,03	< 0,06
Emissão de compostos cancerígenos da categoria 1 das monografias (IARC 1987) ^{1*}	< 0,005	< 0,005
Insatisfação com o odor deve ser inferior a 15 % ^{2*}	Sem odor	Não tem odor significativo

1* IARC 1987, não se aplica a Formaldeído (IARC 2004)

2* O resultado da avaliação sensorial será > + 0,1.

Um outro método de avaliação dos materiais é utilizado pelo Danish Indoor Climate Labelling, que define como critério de avaliação o tempo necessário para que a concentração dos COVs identificados seja inferior a 50% do limite de detecção do odor. Quanto menor for esse tempo melhor classificação terá o material. Os materiais são também avaliados a nível sensorial⁵.

Mais recentemente foi proposto um método por um grupo da ECA (ECA, 1997) para materiais de revestimento para pavimentos que aderiu já à definição de COVsT, baseada nos factores de resposta específicos dos compostos, o que constitui uma tentativa de uniformizar a nível europeu a classificação de materiais. Considerando que é importante essa uniformização, e que o método da ECA faz uma avaliação bastante completa do nível de riscos, o LQAI fez uma adaptação deste método, introduzindo algumas alterações, que é apresentado em detalhe no diagrama da figura que se segue.

⁵ Laboratório de Qualidade do Ar Interior. [on-line] [acedido em 01/05/2011] disponível na www em www.lqai.pt

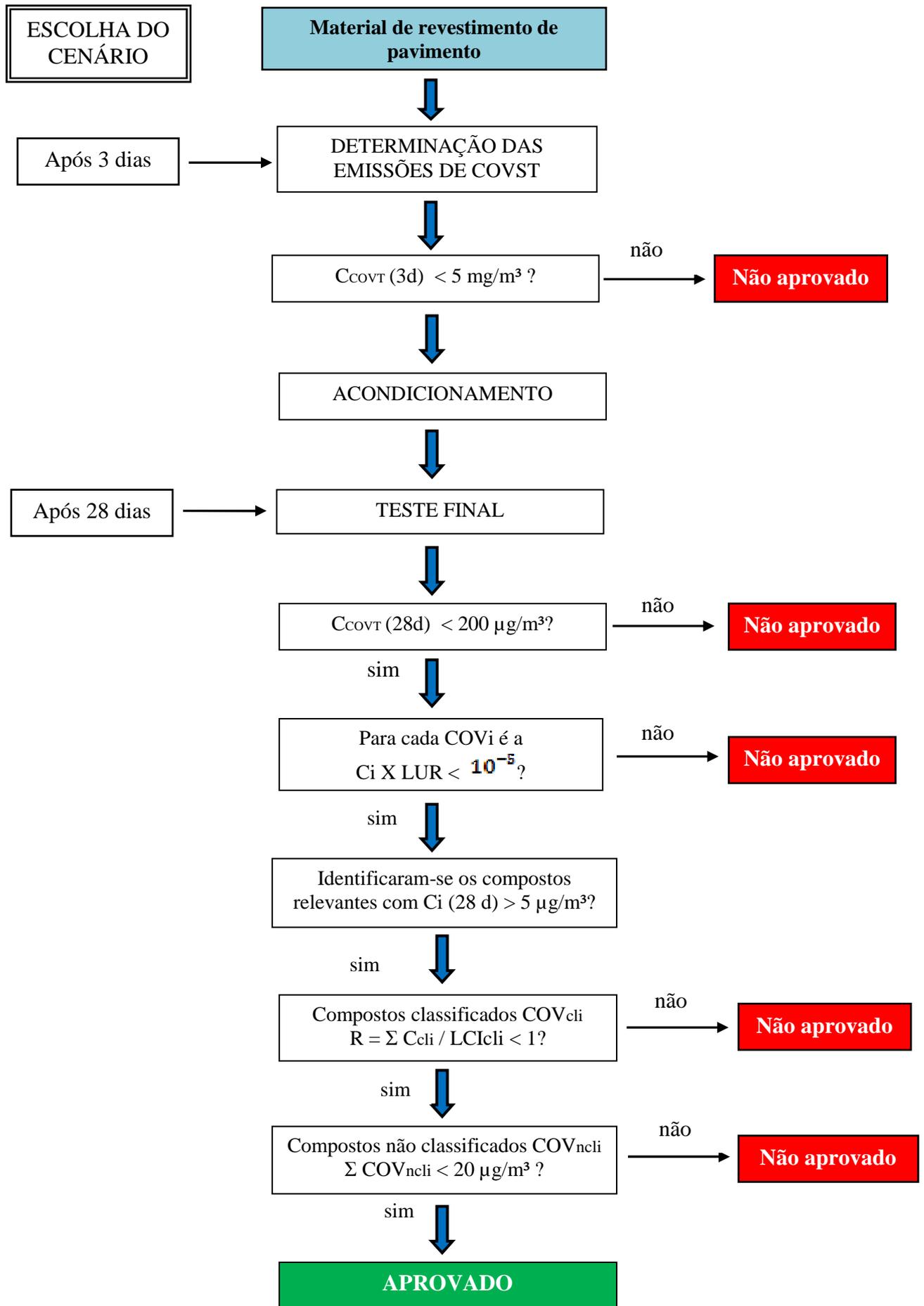


Figura 2- Método ECA para a avaliação dos materiais

Como se pode verificar, existe uma preocupação com os dados toxicológicos disponíveis dos variados COVs que se podem detectar. O primeiro passo é logo condicionado pela presença de compostos carcinogéneos. O risco associado à exposição de carcinogéneos pode ser quantificado usando o conceito de “unidade de risco” aplicado pela Environmental Protection Agency (EPA) e OMS. A unidade de risco é definida como o excesso de risco causado pela exposição à unidade de concentração (1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de uma substância durante o tempo de vida (LUR, "lifetime unit risk"). Se os compostos carcinogéneos estiverem abaixo desse limite aconselhado para o valor de LUR, a avaliação deve continuar. Caso contrário, uma investigação mais detalhada não se justifica. Numa segunda fase é avaliado o valor de COVsT, e numa terceira fase, os compostos carcinogéneos de novo e os diversos compostos individualmente, mas apenas aqueles com concentração superior a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Quando existe informação toxicológica disponível acerca dos compostos, estes são denominados de “classificados” e aplica-se o conceito de limite máximo aceitável para concentrações em ambientes interiores, LCI ("lowest concentrations of interest"), para verificar se as concentrações estão dentro dos limites aconselháveis à saúde humana. Os valores de LCI foram encontrados tendo em conta os valores limites de qualidade do ar (AQGs - "air quality guidelines") ou limites de exposição ocupacional (OELs), como por exemplo TLVs ("threshold limit value"). No caso de existirem valores de AQGs, considera-se esse o valor de LCI; no caso de existirem vários AQGs estabelecidos por diferentes organizações, o valor mínimo é adoptado como valor de LCI. No entanto os valores de AQGs estão estabelecidos para poucos COVs, pelo que se teve que recorrer aos valores de OEL. Nestes casos o valor de LCI é calculado dividindo o valor de OEL por um factor de segurança (FS) que varia conforme o tipo de compostos:

FS = 100 no caso de compostos normais

FS = 1000 no caso de compostos teratogénicos e no caso de compostos carcinogéneos da categoria 3 de acordo com a classificação europeia (ECA, 1997).

No caso dos compostos para os quais não existe LCI, denominados de “não classificados”, existe um limite para a sua concentração total que só poderá constituir

uma pequena fracção do valor de COVT ($\Sigma 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sob pena de não se poder avaliar positivamente um material por falta de informação.

A avaliação toxicológica pode ser efectuada para três cenários com taxa de ventilação específica de 0,625, 1,25 e 2,50 $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$.

3.17. EFEITOS DOS COV E FORMALDEÍDO NA SAÚDE HUMANA

Embora as concentrações de cada COV encontrado nos ambientes interiores, normalmente seja consideravelmente inferior aos seus limites de tolerância (TLV), MOLHAVE (2004) afirma que a maioria dos COV causa algum tipo de reacção, mesmo em baixa concentração. Nestes ambientes, este autor define que os utilizadores estão sob efeitos de baixa exposição de contaminantes e que os seus efeitos são geralmente reversíveis e os sintomas não são específicos. Diversos autores salientam ainda que os COV estão directamente relacionados com os sintomas da SED - síndrome de edifícios doentes (WOLKOFF et al., 1997; JONES, 1999; WANG, ANG e TADE, 2007; WOLKOFF e NIELSEN 2001; MOLHAVE, 2004). Muitos COV são tóxicos e considerados carcinogéneos (ALBERICI e JARDIM, 1997 apud WANG, ANG e TADE, 2007).

Em Dezembro de 2006 o Formaldeído foi classificado como agente carcinogénico com base na evidência de que a exposição a este composto é susceptível de causar cancro nasofaríngeo em humanos (BINETTI, COSTAMAGNA e MARCELLO, 2006; HERAUSGEGEBEN *et al.*, 2006; IARC, 2006).

Segundo o LQAI, os COV têm efeitos carcinogéneos (por exemplo: benzeno pode causar leucemia), ao nível da reprodução (por exemplo: 2-etoxietanol), pele (por exemplo: 2- (2-butoxi) etanol), membranas mucosas dos olhos, nariz e garganta (por exemplo: aldeídos, 2-butoxi) etanol), sistema nervoso (por exemplo: benzeno, tolueno, hexano, estireno). A avaliação dos efeitos na saúde causados por misturas complexas de COVs é considerada difícil. Existem centenas de compostos orgânicos voláteis, para os quais não existe informação toxicológica. De acordo com o conhecimento básico de toxicologia os efeitos dos poluentes podem ser:

- aditivos (Effect Mix = Effect A + Effect B +);
- sinérgicos (Effect Mix > Effect A + Effect B +);

- antagónicos (Effect Mix < Effect A + Effect B +);
- independentes uns dos outros.

Estes compostos podem ainda provocar infertilidade, malformações fetais, entre outras (PITEIRA, 2007). A exposição prolongada e repetida ao Formaldeído pode causar fortes dores de cabeça, alterações neurocomportamentais, náuseas, vómitos, vertigens, tosse, diarreia, dor abdominal, dificuldades respiratórias e edemas pulmonares. O Formaldeído é também um irritante dérmico capaz de promover reacções alérgicas como a dermatite de contacto (ATDSR, 1999). Os principais efeitos da exposição aguda a vapores de formaldeído caracterizam-se pela irritação das membranas mucosas do tracto respiratório superior e olhos e, dependendo da concentração da exposição, rinite, dores torácicas e dispneia (FOX & BOYES, 2001; ARTS *et al.*, 2006; LANG *et al.*, 2008). As tabelas 6 e 7 contêm o resumo dos principais efeitos do FA.

Tabela 6 - Efeitos crónicos e agudos do Formaldeído

Área Afectada	Efeitos Crónicos
Nariz	Displasia, metaplasia escamosa
Pele	Sensibilização e dermatite de contacto
Pulmões	Broncospasmo, pneumonite
Efeitos Agudos	
Olhos	Irritação e secreção lacrimal (formaldeído gasoso); opacidade da córnea e cegueira (formaldeído aquoso)
Nariz	Redução temporária da capacidade olfactiva (formaldeído gasoso)
Tracto Respiratório Superior	Irritação (formaldeído gasoso)
Pulmões	Irritação, broncoconstrição e edema pulmonar (formaldeído gasoso); Edema das mucosas (formaldeído aquoso)
Tracto Gastrointestinal	Alteração da estrutura do esófago e gastrite (formaldeído aquoso)
Pele	Irritação e dermatite de contacto alérgica (formaldeído aquoso)

Adaptado de ATSDR, 1999

Tabela 7 - Efeitos na saúde por exposição a Formaldeído

Concentração de Formaldeído (ppm)	Efeitos na Saúde
< 0.05	Não observados
0.05 – 1.5	Efeitos neurofisiológicos
0.05 – 1.0	Limite do odor
0.01 – 2.0	Irritação dos olhos
0.10 – 25	Irritação das vias respiratórias superiores
5 – 30	Irritação das vias respiratórias e efeitos nos pulmões
50 – 100	Edemas pulmonares, inflamações, pneumonia
> 100	Coma, morte

Num estudo realizado em Portugal sobre a exposição a FA em laboratórios de ensino de Anatomia a maioria dos alunos inquiridos apresentou sintomas de irritação ocular e do tracto respiratório superior (Almeida *et al.*, 2000). Sintomatologia semelhante foi observada num grupo de 34 profissionais de um laboratório de anatomia. Os sintomas mais frequentes foram irritação ocular (88%), irritação no nariz (74%) e irritação na garganta (29%) (AKBAR-KHAZADEH *et al.*, 1994).

3.18. VALORES LIMITE DE EXPOSIÇÃO

Os valores máximos admissíveis (VLE, Valores Limite de Exposição; TLV, *Threshold Limit Values*; PEL, *Permissible exposure limit*; REL, *Recommended Exposure Limit*) têm como objectivo promover a segurança e saúde dos trabalhadores. Para agentes químicos (como no caso do Formaldeído) esses valores limite são expressos como níveis de concentrações ambientais aceitáveis, sendo estabelecidos como normas por agências reguladoras ou como orientações por grupos de pesquisa ou organizações (ACGIH, 2008). Referem-se à concentração das substâncias e representam, à luz do conhecimento científico actual, concentrações abaixo das quais se crê que a maioria dos trabalhadores pode estar expostos dia após dia sem sofrer efeitos adversos na saúde.

Actualmente, não existe informação suficiente para que estejam estabelecidos valores limite para todos os poluentes. Existem, no entanto, alguns compostos eleitos como sendo os mais nocivos e os mais relevantes para a Qualidade do Ar Interior e para os quais são sugeridos alguns valores. A lista de substâncias e respectivos valores limite de exposição que constam do Decreto-Lei n.º 76/2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios em Portugal (RSECE) deverão ser regularmente revistos e reponderados, assim que surgirem novas evidências científicas sobre os efeitos na saúde pública. De notar que, os valores limite de exposição devem ser entendidos como o último valor a atingir e não como a existência de uma permissividade até que se atinja o valor máximo, deve-se antes tentar manter sempre o nível de poluição o mais baixo possível. De seguida, apresentam-se os valores limite da legislação que regula o desempenho energético e ambiental dos edifícios em Portugal: “Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios” – RSECE (2006).

Tabela 8 - Valores Limite de Exposição que regula o desempenho energético e ambiental dos edifícios em Portugal - RSECE (2006)

Poluentes químicos	Valores limite de exposição
CO (monóxido de carbono)	12,5 mg/m ³ / 10,7 ppm
CO ₂ (dióxido de carbono)	1800 mg/m ³ / (1000 ppm)
Formaldeído	0,1 mg/m ³ / (0,08 ppm)
COVsT	0,600 mg/m ³ / 0,26 ppm (isobutileno) e 0,16 ppm (tolueno)
Ozono	0,200 mg/m ³ / o,10 ppm
Xileno	434,19 mg/m ³ / 100 ppm
Radão	400 Bq/m ³ (Becquerel/m ³)
Partículas em suspensão	
Inaláveis (PM10)	0,150 mg/m ³
Microbiológicos	
Fungos	500 UFC/m ³
Bactérias	500 UFC/m ³
Legionella	100 UFC/l de água

Notas:

- Para os Compostos Orgânicos Voláteis Totais, a correspondente concentração máxima de referência pode ser expressa em equivalentes de fracções molares de isobutileno (0,26), ou de outro gás (padrão) que seja utilizado para a calibração dos instrumentos de medição;
- Para os poluentes gasosos (CO₂, CO, O₃, HCHO), as concentrações máximas de referência (MR) em ppm (partes por milhão) inscritas na tabela, referem-se à temperatura de 20°C e à pressão de 1 atm (101,325 kPa). Para valores diferentes de pressão e/ou temperatura, à conversão de unidade de (mg/m³) para ppm é feita através de expressões equivalentes, como por exemplo:

$$C(\text{ppm}) = C(\text{mg/m}^3) \times \frac{R \times (273,15 + T)}{M_{\text{mol}} \times p}$$

Onde:

R - constante universal dos gases perfeitos (8,3145 J/(mol.k))

T - temperatura (°C)

M_{mol} - massa molar do composto gasoso (g/mol)

P - pressão (Pa)

Os parâmetros para a qualidade do ar interior são generalizados para todo o tipo de instalações, independentemente do tipo de actividade existente. Esta legislação não apresenta parâmetros de acordo com tipos de actividades em áreas específicas de unidades hospitalares.

Segundo o Guia Técnico da Agência Portuguesa do Ambiente, os valores limite para os compostos orgânicos voláteis individuais, que foram adoptados pela ACGIH, não são apropriados para os ambientes interiores dos edifícios, por várias razões. Por exemplo, os valores limites da ACGIH aplicam-se a trabalhadores da indústria que podem estar expostos a alguns poluentes conhecidos, em elevadas concentrações durante uma semana de trabalho de 40 horas. Aos trabalhadores da indústria é geralmente fornecido equipamento de protecção adequado (ex., fontes de ventilação, roupas de protecção ou máscaras faciais, equipamento de respiração).

Os ocupantes dos espaços interiores em geral estão expostos, a um largo espectro de poluentes em baixas concentrações, por períodos, frequentemente superiores

a 40 horas por semana sem equipamento de protecção. Não é conhecido o efeito sinérgico destes compostos no conforto do ocupante. Assim, seria mais apropriado estabelecer limites individuais muito mais baixos que os valores limites do ACGIH. ASHRAE Standard 62-1989 recomenda que se use um décimo dos valores limites do ACGIH para compostos dos quais não existem normas de conforto.

A Comunidade Europeia apontou como objectivo para COVT um valor de 0,3 mg/m³, onde nenhum COV individual deve exceder os 10% da concentração de COVT. Estudos conduzidos na Europa e nos Estados Unidos da América, demonstraram que os COVs podem ser desconfortáveis em concentrações muito inferiores aos valores limites propostos pela ACGIH. Numa gama de exposição de 0,3 a 3 mg/m³, podem surgir odores, irritação e desconforto como resposta à presença a COVT, juntamente com factores de desconforto térmico e de stresse. Para valores superiores a 3 mg/m³, é possível esperar queixas e acima de 25 mg/m³, foram identificados desconforto temporário e irritação respiratória, para uma mistura de COVs comuns. Uma vez que o conhecimento disponível sobre toxicologia e efeitos sensíveis dos COVs e das suas misturas é incompleto, é desejável a redução de qualquer exposição aos COVs.

Existem compostos orgânicos no ar interior com elevada relevância para a QAI que não são detectados, usando os métodos de amostragem e de separação para a análise de COVs. Geralmente, uma vez que estes não são COVs propriamente ditos, ocorrem em concentrações muito baixas e/ou são reactivos. São necessários métodos especiais para a sua medição. Alguns exemplos relevantes são o ácido acético, as aminas, os isocianatos, o amoníaco, β -glucano, a maioria dos hidrocarbonetos aromáticos e muitos biocidas. Existem também diversos odores de COVs que são perceptíveis por alguns indivíduos em concentrações inferiores ao limite de detecção analítico que é da ordem de 1 μ g/m³. Como consequência, se tais compostos aparecem nos interiores, as queixas podem ser justificadas, mesmo que o valor de COVT do ar interior seja baixo.

Em suma, são sugeridos três tipos de valores limite. A *concentração média ponderada (Time Weighted Average - TWA)* representa uma concentração limite de exposição ocupacional para exposições médias durante 8 horas por dia, 5 dias por semana, geralmente aplicados a tóxicos que exercem os seus efeitos durante longos períodos. O *Short Term Exposure Limit (STEL)* representa uma concentração limite de exposição ocupacional para um período de 15 minutos, a qual não deve ser excedida em nenhum dos 15 minutos da janela de amostragem, devendo ocorrer um tempo mínimo de 60 minutos entre as exposições nesse intervalo (NP – 1796: 2007). A *concentração*

máxima (*Ceiling Limit* - C) representa uma concentração que nunca deve ser excedida, usualmente aplicado a tóxicos que causam efeitos agudos (Thorne, 2001).

Na tabela seguinte estão referidos os limites de exposição ocupacional a Formaldeído no ar (ppm) definidos pelas principais Organizações e Agências Mundiais.

Tabela 9 - Limite de Exposição Ocupacional para o Formaldeído estabelecidos pelas principais instituições Mundiais

Organização / Agência	Valores Limite de Exposição
OSHA (Occupational Safety and Health Administration)	PEL - Permissible Exposure Limit 0.75 ppm (TWA) ¹ 2 ppm (STEL) ²
NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health	REL - Recommended airborne exposure limit 0.016 ppm (TWA) ¹ 0.1 ppm (C) ³
ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists	TLV - Threshold Limit Value 0.3 ppm (C) ³

Adaptado da IARC, 2006

¹ TWA - (*Time-Weighted Average*): concentração média do agente químico no ar que não deve ser excedida durante jornadas diárias de trabalho de 8 horas (OSHA) / 10 horas (NIOSH) e 40 horas semanais.

² STEL - (*Short Term Exposure Limit*): concentração máxima do agente químico no ar que não pode ser excedida durante 15 minutos ao longo do turno de trabalho.

³ C - (*ceiling limit*): concentração do agente químico no ar que nunca deve ser excedida durante qualquer período de exposição, mesmo momentaneamente.

Foi realizado um estudo em cinco hospitais da zona de Lisboa sobre a qualidade do ar no interior dos Serviços de Anatomia Patológica, no qual foram registadas concentrações de Formaldeído com valores compreendidos entre 0.2 ppm e 50.6 ppm (FERRO *et al.*, 2005). A média dos valores de concentração, mínima e máxima, foram respectivamente 0.45 ppm e 5.47 ppm. O valor limite admissível estabelecido pelo

normativo português para qualquer período de exposição ao Formaldeído é de 0.3 ppm (TWA) (NP – 1796:2007).

3.19. TÉCNICA PARA AMOSTRAGEM DE COMPOSTOS GASOSOS

A análise físico-química tem por objectivo identificar e quantificar as moléculas presentes num gás ou ar com odor. Neste caso específico, a utilização de um método de amostragem adequado é essencial para a análise destes compostos, uma vez que o gás a ser avaliado pode conter vários compostos com propriedades diferentes, tais como massa molecular, função química, concentrações variáveis, níveis de odor e volatilidades diferentes. A escolha depende principalmente das características das amostras a serem analisadas. No caso em que a concentração do composto no ar é elevada, a análise directa é possível sem a necessidade de concentrar as amostras. No caso contrário, torna-se necessária a pré-concentração da amostra para sua análise (LE CLOIREC, FANLO, DEGORGE-DUMAS, 1991).

3.19.1. AMOSTRAGEM SEM CONCENTRAÇÃO

Técnica utilizada quando a concentração dos compostos no ar é suficientemente elevada de modo a permitir a sua caracterização. Compreende amostragem em materiais especiais como sacos plásticos, ampolas de vidro ou ainda containers metálicos.

3.19.2. SACOS PLÁSTICOS

Esta técnica consiste na utilização de sacos (cujo volume pode variar) manufacturados a partir de diferentes materiais: Teflon, Tedlar, Mylar, ou ainda polímeros como o polietileno, polipropileno, PVC, poliamidas, entre outros. Todos estes materiais devem ter como propriedade comum impedir a interacção dos compostos da amostra com as paredes internas dos sacos (LE CLOIREC, 1998). Os sacos de Tedlar têm sido largamente utilizados para amostragem de gases com odor (nos casos de análise para verificação da intensidade de odor) uma vez que apresentam uma

interacção muito baixa entre as suas paredes e os compostos amostrados (WANG et al, 1996).

3.19.3. AMPOLAS DE VIDRO

As ampolas têm a desvantagem de ter uma capacidade de amostragem bem inferior aos sacos. O seu volume compreende valores entre 0,25 e 3,0 litros. Os frascos de vidro são geralmente constituídos por 2 registos (de Teflon para evitar contaminação), onde o ar a ser avaliado pode ser recolhido por circulação, aspiração ou depressão. Estes frascos são utilizados na colheita de gases inertes, não sendo recomendados para a amostragem de compostos reagentes (LE CLOIREC, 1998).

3.19.4. CONTAINERS METÁLICOS

Os containers, também chamados de “canisters”, são fabricados em aço inoxidável e são muito utilizados, principalmente na América do Norte (esta técnica foi estabelecida pela USEPA). As paredes internas recebem um tratamento de polimento e de desactivação electrostática para o material ficar inerte. Também são utilizados na colheita de gases inertes, apresentando capacidade de armazenamento que varia de um até várias dezenas de litros, podendo assim recolher amostras com volumes de gás bem mais significativos que no caso das ampolas. Possuem elevada resistência, o que acaba por favorecer a sua utilização em campo (LE CLOIREC, 1998).

3.19.5. AMOSTRAGEM COM CONCENTRAÇÃO

Algumas vezes, a concentração do composto no ar está abaixo dos limites de detecção dos instrumentos analíticos. Assim, torna-se necessária a pré-concentração dos gases, que pode dar-se por absorção ou adsorção dos poluentes. Nos dois casos, verifica-se a passagem de um volume de ar suficiente através de uma solução absorvente (no caso da absorção) ou ainda por leito adsorvente (adsorção). Tanto no caso da absorção como da adsorção, é necessário conhecer, a uma determinada temperatura e vazão, a capacidade de saturação da solução ou adsorvente. Caso a

solução ou leito sejam saturados, a análise quantitativa já não é válida, uma vez que os compostos a serem avaliados poderão não ser retidos pelos seus respectivos suportes.

3.19.6. AMOSTRAGEM POR ABSORÇÃO

A técnica de absorção consiste na fixação selectiva dos compostos ou família de compostos, doseada sob a forma de uma solução ou precipitado que posteriormente serão analisados (MARTIN e LAFFORT, 1991). A absorção química é um método de análise simples, que permite a quantificação global de um gás. O procedimento baseia-se na inserção do gás a ser analisado em meio líquido reactivo, que será posteriormente quantificado por análise gravimétrica ou fotométrica. As soluções absorventes devem permitir uma captura rápida e integral dos gases a serem analisados e são escolhidas em função da natureza dos compostos capturados e dos tipos de análise a serem feitas. Segundo Maris e Laplanche (1995), a eficiência de captação de gases por esse método é de 98%. A eficácia da absorção depende da natureza dos poluentes, da concentração destes compostos no gás, da geometria do sistema absorvedor, da vazão do gás e da temperatura da solução absorvente. Uma amostragem adequada compreende um contacto eficaz entre adsorbato e adsorvente (LE CLOIREC, 1998).

3.19.7. AMOSTRAGEM POR ADSORÇÃO

A amostragem sobre adsorventes sólidos é um dos métodos mais utilizados devido à grande diversidade de suportes adsorventes (cobrindo praticamente todos os compostos), da simplicidade do processo de amostragem e da precisão do processo de análise. Na adsorção, os compostos são fixados na superfície do sólido adsorvente por adsorção física. As forças de Van der Waals (responsáveis pela ligação adsorbato-adsorvente), são ligações relativamente fracas; um aumento na temperatura do sistema é suficiente para elevar a energia cinética das partículas adsorvidas provocando a sua deslocação do sólido. Por isso, a amostragem deve ocorrer com temperatura controlada. Em geral, existem adsorventes específicos para cada família de compostos (Tabela 10) (LE CLOIREC, FANLO, DEGORGE-DUMAS, 1991).

Tabela 10 - Adsorventes utilizados na amostragem de COV's

Adsorvente	Composto
Carbotrap, XAD, Tenax	Ácidos orgânicos
Carvão activado	COV
Na ₂ CO ₃ 5% sobre Chromosorb	Amónio

Fonte: LE CLOIREC, FANLO, DEGORGE-DUMAS (1991)

O processo de amostragem consiste em passar um volume conhecido do gás a ser avaliado através de tubos preenchidos com substâncias adsorventes próprias aos produtos da amostra. Este volume é determinado em função da concentração do poluente no gás (LE CLOIREC, 1998). Pequenas bombas manuais para aspiração de ar garantem os volumes da amostra sendo que, o caudal de aspiração pode ser avaliado em laboratório (LISBOA, 1996). Uma vantagem da amostragem de ar com bomba é que mais de um adsorvente pode ser usado em série. O caudal geralmente usada para amostragem de ar está entre 10 a 200 mL/min para tubos com diâmetro externo de ¼". Os factores que limitam a selecção da vazão incluem:

- a difusão do analito ocorre num caudal de ar de aproximadamente 1 mL/min nos cartuchos da Perkin Elmer. Assim, o caudal da bomba deve ser mantido acima de 10 mL/min para minimizar os efeitos causados pela difusão natural do COV no cartucho;
- há um risco significativo dos componentes escaparem pelo final do cartucho, se uma vazão excessiva for usada (por exemplo, superior a 200 mL/min).

3.20. MÉTODOS PARA ANÁLISE DE COV'S

Na análise de COV por cromatografia gasosa, a selecção da coluna cromatográfica é um factor essencial para uma separação eficiente dos compostos. Neste caso, as propriedades da fase estacionária devem ser compatíveis com a natureza dos compostos a serem avaliados (no caso dos COVs, a coluna deve ser de baixa polaridade ou mesmo apolar). Para a identificação de COVs podemos utilizar detectores como o FID (ionização de chama) ou ainda espectrómetro de massas (universal - para todos os compostos). Na etapa de quantificação, após a obtenção do cromatograma, faz-se a integração dos sinais, a fim de transformar a área do sinal emitido pelo detector

numa medida relacionada à quantidade da substância analisada na amostra. A integração dos sinais pode ser feita pela área do pico. As áreas obtidas na integração são então relacionadas à concentração de uma dada substância da amostra. Neste caso, a quantificação pode dar-se pelos métodos da normalização, padronização interna ou externa (COLLINS, BRAGA, BONATO, 1990).

Segundo a APA, a amostragem dos compostos orgânicos voláteis pode ser feita por métodos passivos e por métodos activos. O tempo de amostragem depende da alternativa escolhida. Enquanto a amostragem activa geralmente estende-se por períodos de minutos a horas, a amostragem passiva geralmente cobre horas ou dias, apesar de poderem haver excepções a esta regra.

Existem três abordagens para determinar COVs no ar interior. Estas diferem relativamente da complexidade do trabalho envolvido e da qualidade de informação que fornecem. A abordagem mais simples, é usar um sistema de detecção químico que não se baseie na separação individual dos compostos da mistura. Este princípio é usado nos instrumentos de leitura directa. Num procedimento mais elaborado, os componentes da mistura são separados, e são somadas as respostas individuais do instrumento, não sendo no entanto identificados. A terceira aproximação, os constituintes da mistura são separadas de modo a permitir a identificação individual dos compostos.

3.20.1. INSTRUMENTOS DE LEITURA DIRECTA

Os instrumentos de leitura directa são fáceis de usar. São portáteis e dão origem a um sinal em tempo real o que permite detectar rapidamente variações de concentração.

Os instrumentos de leitura directa não apenas respondem aos COVT, mas também a outros compostos orgânicos, especialmente a COMV. Dado que o instrumento é calibrado com apenas um composto, o sinal representa todos os componentes da mistura como um equivalente deste composto. O sinal de saída não dá nenhuma informação sobre a composição qualitativa da mistura. Os instrumentos de leitura directa, são por exemplo, o detector de ionização por chama (FID) e o detector de fotoionização (PID). Um outro instrumento de leitura directa para COVs, é o sensor fotoacústico (PAS).

3.20.2. PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO

No FID, o composto orgânico é queimado numa chama de hidrogénio e ar, gerando iões que são atraídos para um eléctrodo colector. A corrente eléctrica resultante é amplificada e registada. A intensidade do sinal depende em primeiro lugar do número dos átomos de carbono da molécula, mas também é influenciada pela estrutura e carácter da molécula. Logo, a mesma quantidade de moléculas de dois COVs diferentes, com o mesmo número de carbonos, podem originar dois sinais diferentes. O FID é muito estável. É o detector mais comum usado para os COVs uma vez que detecta um grande número de COVs.

No PID os COVs são ionizados através de radiação ultravioleta (UV). A energia da lâmpada de UV é suficiente para ionizar a maioria dos COVs, mas não todos. Por exemplo, alguns compostos clorados não são ionizados. Para alguns COVs, o PID é mais sensível que o FID, no entanto, o PID pode ser menos estável que a FID para alguns compostos, de modo que a resposta pode apenas ser vista como um indicador de COVT. Em regra, pode-se medir qualquer composto com energia de ionização (EI) inferior à dos fótons produzidos pela lâmpada (11,8 eV).

Tal como os PIDs, os FIDs são úteis para um trabalho qualitativo, tais como a localização das fontes durante uma auditoria e na identificação dos pontos de amostragem. No método FID é detectado um maior número de COVs.

Os detectores por infravermelhos são instrumentos de leitura directa apropriados para a monitorização individual de COVs. Os modelos com comprimento de onda variável podem ser ajustados para investigar diferentes COVs. A sensibilidade destes instrumentos de leitura directa, é da ordem de partes por milhão (ppm), às partes por bilião (ppb), não sendo contudo tão sensíveis como o GC. As interferências são o maior problema quando vários COVs estão presentes.

O Sensor Fotoacústico (PAS) combina a variação de pressão dos vapores dos compostos orgânicos voláteis causados pela absorção da radiação infravermelha e o aumento de temperatura resultante, com a detecção acústica. Isto é conseguindo, modulando a intensidade da luz infravermelha (por alteração do feixe de luz) com uma frequência acústica. A resposta do PAS depende do(s) comprimento(s) de onda da luz infravermelha, usada para a detecção e as interferências como o vapor de água e metano requerem um a atenção especial.

Os detectores de leitura directa são geralmente calibrados com um único composto, por exemplo, um hidrocarboneto tal como n-hexano ou tolueno. Consequentemente, o sinal obtido da mistura de COVs é sempre expresso em termos de concentração equivalentes deste composto, independentemente da composição da mistura.

3.20.3. DISPOSITIVOS PASSIVOS

Em muitos dos casos a informação obtida pelos instrumentos de leitura directa é insuficiente, porque podem ser necessários detalhes sobre quais os compostos orgânicos existentes. Para preencher esta necessidade a mistura de compostos orgânicos tem de ser separada nos seus constituintes.

Os amostradores passivos de compostos orgânicos voláteis estão disponíveis com níveis de sensibilidade na gama das partes por bilião (*ppb*). Estes amostradores usam como adsorvente o carvão activado ou outros, e podem ser utilizados para períodos de amostragem de 8 horas a uma semana. O tubo de passivação é enviado em seguida para um laboratório para se proceder à análise química.

A maioria das análises de COVs de ar interior, são executadas usando a amostragem num adsorvente e subsequente separação por cromatografia gasosa acoplada com detectores de ionização de chama, (FID), um detector de captura de electrões (ECD), um detector de fotoionização (PID), ou um espectrómetro de massa (MS). No entanto, se for dada especial atenção a determinadas classes específicas de COVs, devem ser usadas outras técnicas para além da CG. Por exemplo, os aldeídos são geralmente determinados usando cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), após a derivação com a 2,4-dinitrofenil-hidrazina. O número de procedimentos de GC usados para analisar COVs no ar interior é muito vasto e não pode ser recomendado apenas um como o único possível.

O procedimento de transferência dos poluentes do adsorvente para os instrumentos de separação e identificação, influencia fortemente a sensibilidade de todo o método analítico. Existem essencialmente dois métodos para a transferência dos compostos orgânicos da amostra. A extracção dos COVs retidos no adsorvente com um solvente líquido orgânico, e em seguida análise por cromatografia gasosa GC acoplada com um detector específico, e a desorção térmica seguida análise por cromatografia

gasosa GC com um detector específico. Neste último caso, os compostos orgânicos antes de serem analisados por GC, podem ser de novo concentrados num outro adsorvente que se encontra previamente arrefecido a fim de concentrar localmente a massa por criofocagem (*cryotrap*), dos vários compostos orgânicos, sendo finalmente desorvidos termicamente e analisados por GC.

Para se detectarem os COVs individualmente, podem usar-se diferentes instrumentos, tais como um detector de ionização de chama, (FID), detector de captura de electrões (ECD) ou um espectrómetro de massa (MS). O uso da combinação de duas colunas de GC com diferentes polaridades e/ou o uso de um detector FID e um ECD, permite uma identificação mais fidedigna de um largo espectro de COV individuais. A correcta selecção da coluna, assim como, do programa de temperaturas, é crucial, uma vez que estes influenciam o número de COVs que podem ser identificados através dos tempos de retenção ou por subsequente análise de espectrometria de massa (MS). O MS ter a vantagem de fornecer uma informação mais específica sobre a identificação dos COVs.

O resultado do passo da separação, é geralmente um cromatograma contendo um grande número de COVs individualizados (*picos*). Na maioria dos sistemas a integração das áreas dos picos é obtida automaticamente pelo computador. No entanto, tal como foi anteriormente referido, nem todos os picos podem ser identificados e quantificados individualmente. Para obter um valor de COVT, mesmo que não tinham sido identificados os compostos individualmente, uma das possibilidades é combinar a área total sob a curva do cromatograma com o factor de resposta de um único composto, por exemplo, n-hexano ou tolueno, ou de mais factores de resposta de COV considerados alvo.

3.20.4. DISPOSITIVOS ACTIVOS

Os dispositivos activos mais usados para a amostragem dos compostos orgânicos voláteis e muito voláteis são recipientes em vidro (ampolas) ou em metal, em que é feito previamente o vácuo, de forma a recolher o ar sem necessidade da intervenção de sistemas de bombagem, evitando-se o contacto com o ar amostrado e os órgãos internos da bomba. Os recipientes mais conhecidos são os *canisters* em que preferencialmente são passivados internamente, isto é revestido com um filme de sílica a fim de minimizar

as perdas por reacções químicas dos compostos orgânicos polares e a parede interna do recipiente. Os canisters são comercializados em diferentes capacidades desde 0,8 a 6 L.

As amostras de ar também podem ser recolhidas a uma pressão superior à pressão atmosférica, com o auxílio de um sistema de bombagem já referido. A bomba de amostragem não deve funcionar a óleo. Os órgãos internos da bomba de amostragem devem ser construídos com material inerte (ex., teflon), e isento de interferentes. Os canisters são depois transportados para o laboratório de forma as amostras de ar serem analisadas

O processo de transferência dos COVs para o GC, deverá ser realizada através de um sistema prévio da concentração da amostra num ponto focal com adsorventes químicos (ex., carvão activado, Tenax, etc.), de forma em seguida serem rapidamente transferidos para o GC através de desorção térmica.

3.20.5. O USO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS COMO UM INDICADOR DE QAI

O indicador de COVT pode ser usado em testes de materiais, como indicador de ventilação, e na identificação de fontes ou actividades poluidoras.

Teste de materiais - Quando se testam materiais e as suas emissões, os COVT podem ser usados para categorizar os materiais.

Indicador de ventilação insuficiente ou deficiente - A concentração de qualquer poluente num dado espaço interior, corresponde a um balanço do que é introduzido nesse espaço e o que é removido pela ventilação. Se ocorrem num espaço de um edifício, concentrações elevadas de COVT, isto pode indicar que existe uma fonte interior ou exterior ou, se não for o caso, que a ventilação geral ou local é inadequado. No primeiro caso devem ser tomadas as medidas de controlo da fonte. No segundo caso, ou se o controlo da fonte não puder aplicado, a ventilação terá de ser melhorada.

Nestes casos os COVT têm a mesma função que o indicador CO₂ para a avaliação do espaço devido à ocupação por pessoas. Para além do mais, os COVT, ou mais provavelmente os *hidrocarbonetos voláteis totais* medidos por um instrumento de leitura directa, podem ser usados para avaliar da ocorrência de uma má eficiência de ventilação. Isto é feito medindo a concentração em diferentes posições no espaço e

comparar com o tipo de ventilação usado (ex., ventilação por deslocamento ou ventilação por mistura total).

Identificação de actividades poluidoras - Os COVT podem ser medidos com um instrumento de leitura directa para a identificação fontes de emissões. A identificação e quantificação de todos os COVs que estão presentes no ar interior, é difícil se não mesmo impossível. Por esta razão, foi adoptada um modo mais simples de expressar os resultados das medições de COVs, através do indicador a saber COVT.

O documento da Comissão Europeia e Joint Research Centre - *Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigation* considera que, apesar de COVT ser um conceito lato de descrever a ocorrência de COVs no ar interior, pode ser útil se medido de um modo adequado. O procedimento de avaliação dos COVT pode começar com uma simples detector de leitura directa, reportando a concentração em equivalentes de tolueno e ser seguido por análises mais detalhadas, nas quais são identificados e quantificados os compostos individuais. O uso de instrumentos simples de integração (ex., FID ou PID) para avaliar os COVT deve ser restritos a situações em que se comparam amostras com ligeiras variações de composição (ex., da mesma fonte) e onde foi estabelecida uma adequada correlação, entre o valor indicador de COVT baseada na simples medição e aqueles obtidos com um procedimento recomendado, para este propósito específico.

Para as avaliações de QAI, em particular é recomendado medições adicionais de aldeídos de baixo peso molecular. As concentrações de COVT esperadas em ambientes não industriais são inferiores a 1 mg/m³ e poucas excedem as 25mg/m³. A estes níveis de concentração apenas os efeitos sensoriais são prováveis de ocorrerem, mas não se podem excluir outros efeitos na saúde após longos períodos de exposição.

Baseado em considerações teóricas e na experiência adquirida da saúde ocupacional industrial, não é actualmente possível concluir que a irritação sensorial está associada ao somatório das concentrações dos COVs a níveis de exposição baixos tipicamente encontrados no ar interior em espaços não industriais. Assim, não é estabelecida nenhuma directriz (Guideline) precisa, sobre quais os níveis de interesse em relação aos COVT para a saúde e conforto, e não podem ser estimadas a magnitude das margens de protecção necessárias. A necessidade de melhorar o controlo da fonte diminuindo a poluição no ambiente interno, do ponto de vista da saúde, conforto,

eficiência energética e sustentabilidade, leva a que os níveis de COVs no ar interior devam ser mantidos tão baixos quanto o razoavelmente possível.

O principal objectivo do indicador COVT é obter uma medida simples da exposição conjunta a vários COVs no ar interior. O indicador deve-se referir a um procedimento analítico normalizado. O documento da Comissão Europeia e Joint Research Centre - *Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigation* não recomenda o uso do termo COVT para somas baseadas na identificação e quantificação de um único grupo de compostos alvo.

Não pode ser excluído que no futuro a OMS venha a estabelecer que determinados COVs específicos sejam importantes nos efeitos da saúde dos seres humanos, do que a média de COVs. Neste caso, estes deverão ser avaliados individualmente, e deverá ser estabelecida uma lista de tais compostos.

O valor de COVT deve ser sempre usado com precaução, especialmente em ambientes interiores não industriais, onde factores ambientais, tais como, temperatura, humidade, ventilação etc, se encontrem fora das escalas normais.

3.21. MÉTODOS DE MEDIDA E EQUIPAMENTOS PARA FORMALDEÍDO

A APA, no seu Guia Técnico de 2009, refere que o formaldeído pode ser medido através de monitores portáteis de leitura directa em ppm, por tubos colorimétricos, ou por amostragem com tubos de passivação seguido de análise em laboratório.

3.21.1. Tubos colorimétricos

Este método aplica-se em tubos colorimétricos, que contêm uma substância química absorvida numa matriz sólida ou líquida que reage na presença do formaldeído, para uma produzir substância que apresenta cor. As concentrações são lidas directamente no tubo calibrado através do comprimento da mancha da cor desenvolvida. Os tubos necessitam de uma bomba manual ou mecânica. Estão disponíveis tubos colorimétricos para várias gamas de sensibilidade. Para níveis do ar interior dito *limpos*, este método é apenas marginalmente sensível, mas pode ser útil na identificação da presença de fonte e sua avaliação. Alguns tubos podem medir na gama de 0,2 a 5 ppm.

3.21.2. Amostradores de Passivação/Difusão

O Formaldeído é primeiro recolhido num meio adsorvente, sendo depois realizada a análise química para determinar a sua concentração. Os amostradores passivos podem, podem ser controlados por processos de difusão. Em ambos processos, o formaldeído irá reagir perante uma substância química adsorvida a dinitrofenilhidrazina (DNPH), numa matriz sólida ou líquida, dando origem a uma nova substância, colorada, sendo depois analisado por absorção em espectrofotometria em Ultra-Violeta (UV) ou por cromatografia líquida acoplado com um detector de Ultra-Violeta (UV). Os amostradores passivos são fáceis de manusear, têm boa sensibilidade para níveis de concentrações, em fracções molares de *ppb*, e o período de amostragem pode ir desde horas até 7 dias.

3.21.3. Monitor Electroquímico

O monitor electroquímico é um analisador activo de leitura directa. O formaldeído reage electroquimicamente no eléctrodo específico para os aldeídos, gerando uma corrente eléctrica proporcional à concentração. Uma pequena bomba interna do monitor faz a recolha do ar continuamente. O nível mínimo detectável está na gama de 0,2 a 5 *ppm*.

As vantagens destes monitores são a portabilidade, rapidez de resposta, simplicidade de funcionamento e capacidade de medição contínua. As desvantagens são o tempo de vida limitado do detector, bem como os limites de detecção e sensibilidade.

3.21.4. Método do Borbulhador

Os métodos de amostragem activos não diferem dos métodos de amostragem passivos à excepção da amostragem que não é controlada pelo processo de difusão, pois necessitam uma bomba de amostragem e um borbulhador no caso da substância (DNPH) que vai reagir com o formaldeído se encontrar dissolvida em meio líquido, ou absorvida num suporte sólido.

Na Tabela 11 pode consultar-se, os métodos de referência, os métodos equivalentes e requisitos mínimos para monitores portáteis de leitura em tempo real dos parâmetros poluentes nos termos do RSECE, aconselhados pela APA.

Tabela 11 - Métodos de referência 1, métodos equivalentes 2 e requisitos mínimos para monitores portáteis de leitura em tempo real

Parâmetro	Método / Princípio de Referência	Métodos / Princípios Equivalentes	Características Técnicas / Erro Máximo Admissível ³
Formaldeído (HCHO)	Recolha e análise por cromatografia (EN ISO 16000:2001 e 2004 – Parte II, III, IV)	Amostradores passivos impregnados com DNPH 4; Método electroquímico; Método de borbulhador	± 20% da concentração máxima de referência
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVT)	Recolha e análise por cromatografia (EN ISO 16000:2001 e 2004 – Parte V e VI)	Amostradores passivos (Tenax, carvão activado, etc); Caniters; FID - Detector de Foto Ionização de Chama; PID – Detector de Foto Ionização; PAS -Sensor Foto Acústico	± 10 % da concentração máxima de referência

Nota:

1) Método de referência, é um método estabelecido por legislação nacional, comunitária, ou internacional (ex, ISO) para a medição de um poluente específico do ar ambiente. Os métodos CEN (EN-ISO), são considerados métodos de referência.

2) Método equivalente é um método de medição que estabelece uma resposta adequada para os fins em vista em relação ao método de referência; um método equivalente, os resultados não diferem do método de referência dentro de um determinado intervalo de incerteza estatística

3) Erro Máximo Admissível é o erro máximo de uma medição em relação um valor de referência, permitido por especificações ou regulamentos para uma medição, instrumento de medição, ou sistema de medição. Deve ser evitado o uso do termo *tolerância* por se encontrar em desuso. ISO/IEC Guide 99-12:2007 International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM.

- Todos os equipamentos devem apresentar verificação/calibração válida aferidos por um padrão de referência, ou de acordo com as indicações do fabricante do equipamento.

- Todos os equipamentos ou métodos de medição utilizados no âmbito das auditorias à QAI nos termos do SCE devem apresentar uma gama de medição adequada de acordo com os valores limite fixados no RSECE.
- Em qualquer auditoria periódica nos termos do SCE devem ser observados os requisitos técnicos exigidos pelos fabricantes dos instrumentos de medição. Os tempos de estabilização, as calibrações e ou verificações devem ser observados de acordo com os requisitos técnicos do fabricante antes de serem iniciadas as medições de QAI.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO SERVIÇO DE ANATOMIA PATOLÓGICA

O Serviço de Anatomia Patológica dos Hospitais da Universidade de Coimbra, situa-se no piso - 3 e como recursos humanos possui uma directora, seis assistentes técnicos, um técnico coordenador, um técnico sub-coordenador, cinco assistentes operacionais, uma técnica superior de saúde, catorze médicos e catorze técnicos de anatomia patológica.

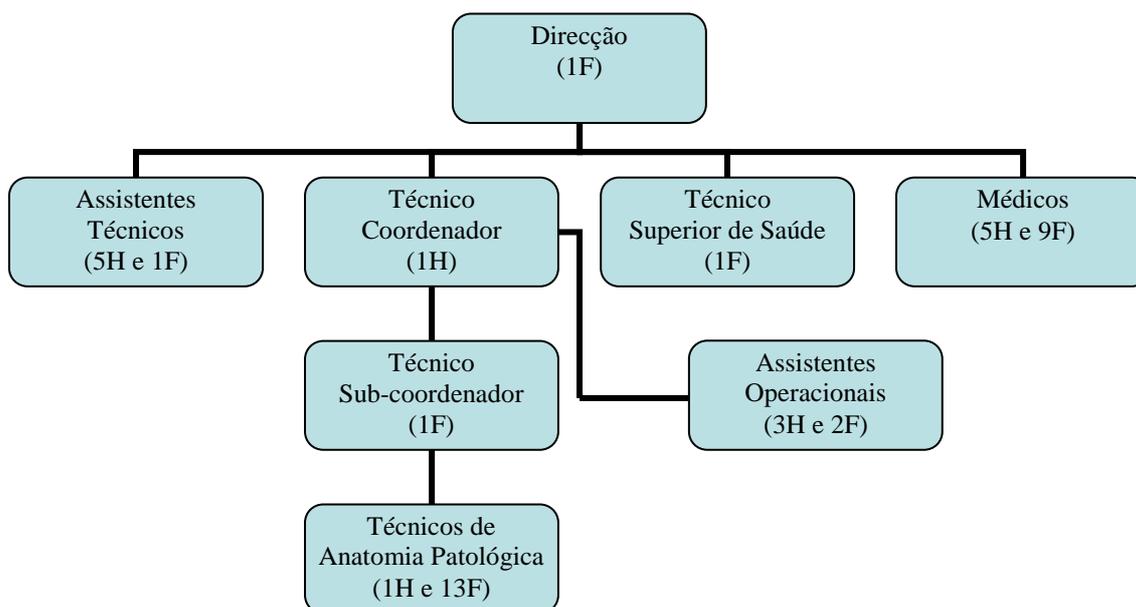


Figura 3 - Organograma do Serviço de Anatomia Patológica dos Hospitais da Universidade de Coimbra

A Anatomia Patológica desempenha um papel fundamental na actividade de um Hospital diferenciado, na medida em que participa no diagnóstico, prognóstico, orientação terapêutica e identificação de risco relativos a vários tipos de doenças (cancro e lesões pré-cancerosas, infecciosas, inflamatórias crónicas, etc.) com que lidam as especialidades médicas e cirúrgicas. É, também, parceiro de relevo na formação médica, na garantia da qualidade assistencial e no desenvolvimento da investigação clínica.

São objectivos gerais de um Serviço de Anatomia Patológica, responder às necessidades de diagnóstico anatomopatológico (histopatologia, citologia, autópsias e técnicas complementares afins) dos utentes dos diversos serviços e especialidades,

contribuir para a formação biomédica, desenvolver e apoiar investigação na área da Anatomia Patológica ou com componente anatomopatológico, contribuir para a promoção da qualidade assistencial e apoiar o Registo Oncológico dos HUC.

A Anatomia Patológica é um ramo da medicina que lida com o diagnóstico das doenças, baseado no exame macroscópico de peças cirúrgicas e microscópicas para o exame de células e tecidos. Este material biológico é proveniente de várias partes do organismo humano. As biopsias têm como objectivo fundamental permitir o diagnóstico de uma patologia, sempre que não seja possível através de métodos clínicos habituais e caracterizam-se por serem de pequeno tamanho, podendo conter toda a lesão ou apenas parte da mesma. As peças cirúrgicas, são por sua vez, de maior tamanho, podendo compreender órgãos inteiros, incluindo toda a lesão e são habitualmente obtidas pelo cirurgião para realizar o tratamento de uma patologia, sendo o diagnóstico complementado com o exame anatomo-clínico, servindo também para estabelecer um prognóstico e contribuir para a planificação do tratamento posterior. O material biológico proveniente das autópsias tem como objectivo a averiguação da causa da morte e poderá também servir para investigações.

Segundo informação fornecida pelo técnico coordenador, o estudo de órgãos ou partes dos mesmos, tem como objectivo primordial, fornecer o diagnóstico de uma lesão, orientando o tratamento e prognóstico dos pacientes. Em alguns casos a anatomia patológica pode recorrer a técnicas especiais de histoquímica e/ou imunohistoquímica, microscopia electrónica, hibridização “*in situ*” de fluorescência (FISH), Polymerase Chain Reaction (PCR), entre outras, que auxiliam deste modo, para que seja possível um diagnóstico mais preciso e podendo também fornecer indicadores de prognósticos.

A Anatomia Patológica intervém hoje em dia em todos os campos da Medicina e interessa por isso a quase todas as especialidades médicas e cirúrgicas. Constitui um dos pilares dos programas de Rastreio do Cancro de vários órgãos, assim como na detecção de infecções parasitárias, bacterianas e virais. É condicionante da actuação do cirurgião durante o acto operatório de lesões suspeitas de malignidade e em lesões já diagnosticadas com malignas. É essencial para a confirmação do diagnóstico e para a determinação dos factores de prognóstico, condicionantes da terapêutica a instituir.

4.2. SECTOR DE ROTINA

Este estudo foi realizado no Sector de Rotina do Serviço de Anatomia Patológica, onde o material recebido para posterior análise/estudo pode ser classificado em histológico e citológico.

A Histopatologia cuja definição genérica consiste no estudo microscópico dos tecidos doentes, pode ser descrita como uma área integrante da Anatomia Patológica, sendo esta uma ciência que visa o processamento de tecidos, vivos ou mortos, procurando que estes mantenham a sua estrutura inicial ao longo do tempo. Destes tecidos são elaboradas lâminas com vista à observação microscópica da sua histologia, isto é, com o auxílio do microscópio, é realizado o estudo da estrutura dos tecidos e das células constitutivas dos seres vivos.

O material recebido neste laboratório é proveniente, na sua maioria, de peças operatórias, citologias e biopsias e com vista a um determinado diagnóstico, no entanto, pode surgir material em condições específicas, quando se tem em vista trabalhos de investigação. Assim, para que seja permitida a observação microscópica do material histológico, este é submetido a diversas etapas. Estas compreendem nomeadamente a macroscopia, o processamento (fixação, desidratação, diafanização e impregnação), a inclusão, a microtomia e a montagem.

Todo o material biológico que entra no Serviço de Anatomia Patológica é inicialmente registado, na designada Sala de Registo.

Quando as peças são recebidas no serviço, estas devem vir sempre acompanhadas de uma requisição, onde deve constar a identificação do doente (nome, número do processo/utente, idade, sexo), a natureza do material a examinar, o resumo da história clínica, a suspeita clínica, o nome do médico e serviço requisitante ou Hospital onde foi realizada a colheita e a data respectiva. Assim que é conferida a requisição e o nome rotulado na peça ou frasco, sendo que estes têm que coincidir, o material é registado e é-lhe atribuído um número de registo. A partir deste momento, o material passa a ser denominado por este número.

A correcta introdução dos dados no sistema informático é muito importante, na medida em que é criada uma base de dados onde a informação é verificada e fidedigna,

visando também facilitar eventuais pesquisas posteriores. Enganos na numeração, troca ou perda de material, poderão trazer consequências graves para a vida do doente.

As peças só são registadas até às 12h30m e as biópsias até as 13h, as que chegam após esta hora, só serão registadas no dia seguinte. As peças que chegam depois das 12h30m são colocadas em formol tamponado a 10%, para posterior estudo macroscópico, enquanto as biópsias são logo processadas.

4.2.1. MACROSCOPIA

O exame macroscópico de peças cirúrgicas e biópsias compreende um conjunto de métodos e linguagem perfeitamente estruturados, que devido a uma utilização constante e metódica, possibilita aos diferentes médicos anatomo-patologistas e técnicos de anatomia patológica, descrever de igual forma uma mesma patologia. O exame macroscópico tem como objectivos descrever o tipo de material (composição, tamanho, peso, cor, consistência, assim como outras características macroscópicas consideradas importantes), seccionar as peças e acondicioná-las em cassetes (caixa de material plástico onde são colocadas as peças e biopsias para processamento) devidamente identificadas, para poderem seguir para as fases posteriores do processo histológico.

A sala de macroscopia (figura 3) deve apresentar infra-estruturas e condições de higiene e segurança para uma eficiente prática laboratorial. Deste modo, deve estar equipada com um vasto conjunto de instrumentos, desde facas, bisturis, pinças, enterótomo, sondas, régua, balanças, gazes, cassetes, recipientes para fixação, os trabalhadores possuem e utilizarem o equipamento de protecção individual necessário, nomeadamente batas, luvas, óculos, máscaras, impedindo assim possíveis contaminações, salpicos, projecções e lesões, tais como irritações causadas pelos reagentes utilizados como o formol e a referida sala estar dotada de eficiente ventilação. Todos estes aspectos são de extrema importância para o bom manuseamento das peças.



Figura 4 - Sala de Macroscopia do Serviço de Anatomia Patológica

4.2.2. FIXAÇÃO

A fixação é a etapa da técnica histológica que tem como finalidade assegurar a preservação das estruturas morfológicas das células e dos tecidos, o mais próximo possível do estado vivo. Este passo consiste em submergir a peça num líquido fixador escolhido.

A fixação pode ser um processo físico ou químico. A fixação física é realizada através da temperatura, microondas, fast freezing ou criogénica. Os compostos químicos fixadores são variados e poderão ser utilizados aldeídos (formaldeído, glutaraldeído), agentes oxidantes (tetróxido de ósmio, ácido crómico), agentes desnaturantes (ácido acético, metanol, etanol), agentes de mecanismo desconhecido (cloreto de mercúrio, ácido pícrico). Os agentes de fixação químicos podem também ser simples, constituídos apenas por uma substância, como por exemplo o formol, ou compostos constituídos por diferentes substâncias, como por exemplo a solução de Bouin.

Para que a fixação seja considerada de qualidade, existem factores influenciadores, nomeadamente a rapidez de penetração do fixador, a rapidez de reacção deste, o volume de líquido necessário, a espessura das peças, a consistência dos tecidos,

a duração da fixação, a concentração do fixador, a temperatura, o pH, as lavagens pós-fixação e a pressão osmótica.

Segundo informação prestada pelo responsável do Serviço de Anatomia Patológica, não existe um fixador dito ideal, uma vez que a utilização deste depende do tipo de tecido e dos detalhes histológicos que se pretendem demonstrar. No entanto, o formol tamponado a 10% é o mais utilizado, uma vez que reúne propriedades de fixador, conservador e tem um custo reduzido. É igualmente muito utilizado o formol que é o aldeído fórmico, composto gasoso, que se encontra em solução aquosa saturada a 40%, é um líquido cristalino e incolor que liberta vapores irritantes.

4.2.3. DESIDRATAÇÃO

A desidratação consiste na passagem sucessiva dos tecidos por álcoois cada vez mais puros, isto é, banhos sucessivos em álcoois de menor para maior concentração (95% e 100%). O desidratante ideal é o que sendo solúvel em água, também o é no meio de inclusão, não sendo necessário o uso de um agente intermediário. Este desidratante é o dioxane (assim como o tetrahidrofurane), mas devido ao seu elevado custo, ao facto de ser inflamável e possuir uma toxicidade muito grande e ser acumulativa, normalmente não é utilizado. O mais utilizado neste serviço é o etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$).

4.2.4. DIAFANIZAÇÃO

A impregnação do tecido através de inclusão é impossível antes da diafanização, dado que as substâncias usadas para a inclusão não são miscíveis com o álcool. Assim, o tecido deve ser imerso numa substância em que o álcool e parafina sejam solúveis. Esta etapa também é denominada por clarificação devido ao facto de o reagente utilizado ter um elevado índice de refração, conferindo transparência aos tecidos. Existem diversos diafanizadores, tais como o benzeno, tolueno, clorofórmio, mas o mais utilizado é o Xileno, visto ser um agente rápido que endurece pouco os tecidos, elimina-se facilmente quando em contacto com o meio de inclusão, mas é essencial ter um cuidado acrescido devido às suas características toxicológicas e de inflamabilidade, de acordo com a bibliografia referenciada ao longo do presente trabalho.

4.2.5. IMPREGNAÇÃO

Esta é a etapa final do processamento dos tecidos, tendo como objectivo a eliminação do Xileno contido no material histológico e no preenchimento através da penetração da substância de impregnação nos espaços vazios, inicialmente preenchidos por água e gordura. Existem vários meios de impregnação, como por exemplo a celoidina, a gelatina, as ceras, as resinas plásticas e a parafina, sendo esta a mais utilizada. É uma substância de baixo custo, de fácil acesso e apresenta um vasto intervalo de pontos de fusão, entre os 40 e os 70°C, sendo que a temperatura de fusão utilizada na impregnação ronda os 60°C, consistindo esta na imersão dos tecidos em banhos sucessivos da referida parafina, de acordo com a informação fornecida pelos técnicos do laboratório de Anatomia Patológica dos Hospitais da Universidade de Coimbra.

No referido laboratório, existem três tipos de processamento de tecidos, que variam consoante o tamanho do material a processar e com a sua urgência. São designados por processamentos de peças, de biopsias e rápido. As tabelas que se seguem apresentam os reagentes e soluções utilizados em cada um destes processamentos.

Tabela 12 - Reagentes e soluções utilizados no processamento de peças

Processamento de Peças			
Etapas	Soluções	Duração em horas	Temperatura em °C
Fixação	Formol	2	Temperatura ambiente
	Formol	3	
Desidratação	Álcool a 95%	0,5	37°C (vácuo)
	Álcool a 95%	0,5	
	Álcool absoluto	1	
	Álcool absoluto	2	
	Álcool absoluto	2	
Diafanização	Xileno	1	Temperatura ambiente
	Xileno	1	
	Xileno	1	
Impregnação	Parafina	0,5	60°C (vácuo)
	Parafina	0,5	
	Parafina	2	
	Parafina	3	

Tabela 13 - Reagentes e soluções utilizados no processamento de biopsias

Processamento de Biopsias			
Etapas	Soluções	Duração em horas	Temperatura em °C
Fixação	Formol	2	Temperatura ambiente
	Formol	2	
Desidratação	Álcool a 95%	1	
	Álcool a 95%	1	
	Álcool absoluto	1	
	Álcool absoluto	2	
	Álcool absoluto	2	
Diafanização	Xileno	1	
	Xileno	1	
	Xileno	1	
Impregnação	Parafina	0,5	60°C (vácuo)
	Parafina	0,5	

Tabela 14 - Reagentes e soluções utilizados no processamento rápido

Processamento Rápido			
Etapas	Soluções	Duração em minutos	Temperatura em °C
Fixação	Formol	6	40°C
	Formol	6	
Desidratação	Álcool a 95%	6	
	Álcool a 95%	6	
	Álcool absoluto	6	
	Álcool absoluto	6	
	Álcool absoluto	6	
Diafanização	Xileno	6	
	Xileno	6	
	Xileno	6	
Impregnação	Parafina	9	60°C (vácuo)
	Parafina	9	

Destes três processadores utilizados na secção de rotina do serviço de Anatomia Patológica dos Hospitais da Universidade de Coimbra, apenas o processador de peças possui um sistema que avisa da necessidade de mudança dos reagentes. Neste, os reagentes são mudados de três em três ciclos e as soluções de limpeza compostas por Xileno são mudadas de cinco em cinco ciclos. O nível de parafina também é verificado periodicamente.



Figura 5 - Processadores de tecidos do Serviço de Anatomia Patológica

4.2.6. INCLUSÃO

Esta fase tem como objectivo obter um bloco sólido, de fácil manuseamento, de dureza homogénea e plasticidade adequada, permitindo deste modo, realizar cortes de qualidade sem distorção ou fragmentação das estruturas do tecido.

Existem diversos meios de inclusão, nomeadamente a celiódina, ceras hidrossolúveis, resinas plásticas, parafina, entre outros. Estes dividem-se em duas categorias: meios de inclusão solúveis num solvente, em que os tecidos são impregnados em soluções de diferentes concentrações, e os meios de inclusão fundidos, em que é utilizado o calor para tornar o meio de inclusão líquido. O processo de inclusão é efectuado recorrendo a um aparelho específico, denominado aparelho de inclusão (Figura 6), que contém um depósito de parafina líquida, um dispensador de parafina líquida, uma placa quente para orientação dos fragmentos, uma placa fria para solidificação da parafina, um banho quente para cassetes com material e um espaço quente para moldes de inclusão. Os moldes mais utilizados, actualmente, são de inox, uma vez que são funcionais, reutilizáveis, possuem uma versatilidade de tamanhos, facilitam o arrefecimento homogéneo em direcção ascendente e a transmissão do frio no meio de inclusão.



Figura 6 - Aparelho de Inclusão

Durante a inclusão são necessários alguns cuidados, incluir um caso de cada vez e confirmar sempre as temperaturas antes de começar a incluir e orientar a amostra para que o corte no micrótomo seja realizado nas melhores condições.

No final da inclusão é importante limpar devidamente o aparelho e colocar parafina no depósito, para que este esteja pronto a ser usado por qualquer pessoal que dele necessite.

4.2.7. MICROTOMIA

O objectivo da microtomia é o corte do tecido e aderi-lo a uma lâmina para posterior estudo microscópico. O instrumento que desempenha esta tarefa é o micrótomo. Estes são aparelhos pesados (entre os 20 e os 30 kg) para evitar qualquer trepidação e possuem um sistema que possibilita o avanço e o recuo da amostra até uma distância desejada e que, posteriormente, a desloca sobre a faca produzindo uma fina secção do tecido. Existem diferentes tipos de micrótomos que desempenham funções diversas consoante o tipo de amostra em estudo. As facas do micrótomo são descartáveis, no entanto, são reutilizáveis para o corte durante a macroscopia, e para isso são colocadas numa solução de Xileno e álcool.

4.2.8. COLORAÇÃO

Normalmente, todas as estruturas celulares à luz visível são transparentes, excepto se contiverem algum pigmento. Assim, a distinção entre as várias estruturas só é possível utilizando corantes que lhes confere diferentes índices de refração. O fundamento da coloração baseia-se no facto dos tecidos “fixarem”, de modo variável, diversas substâncias com cor, chamadas de corantes, devido à afinidade particular desses mesmos tecidos ou formações celulares para uma determinada substância corante.

O suporte químico fundamental da maioria dos corantes naturais e da totalidade dos artificiais são os anéis aromáticos derivados do benzeno (hidrocarboneto). Todos os hidrocarbonetos são substâncias incolores com capacidade de absorver radiações dentro do espectro da luz ultravioleta. Assim, o corante é formado pelo crómoforo (radicais químicos responsáveis pelo aparecimento da cor), pelo anel aromático e pelo auxocrómo (responsável pela afinidade com uma dada estrutura). A ligação do corante ao tecido é reforçada pela presença de um mordente, como por exemplo sais de alumínio, ferro, tungsténio, crómio e molibdeno.

A coloração mais comum usada em histologia e histopatologia é a Hematoxilina e Eosina, enquanto a mais comum na citologia é o Papanicolau.

Nos HUC a coloração Hematoxilina-Eosina é realizada num aparelho, designado aparelho de coloração. Este equipamento apresenta grandes vantagens, principalmente ao nível do tempo poupado. O protocolo da coloração é o seguinte:

Tabela 15 - Protocolo de coloração

Reagente	Tempo
Xilol – start	∞
Xilol	1 Minuto
Álcool absoluto	1 Minuto
Álcool absoluto	1 Minuto
Álcool a 95%	1 Minuto
Água corrente	1 Minuto
Água corrente	1 Minuto
Hematoxilina	1,30 Minutos
Água corrente	1 Minuto
Água corrente	3 Minutos
Eosina	1 Minuto
Água corrente	5 Minutos
Água corrente	10 Segundos
Álcool a 95%	15 Minutos
Álcool absoluto	1 Minuto
Álcool absoluto	2 Minutos
Xilol	1 Minuto
Xilol – end	∞

A coloração de Papanicolau é a mais utilizada na citologia ginecológica e são utilizados três corantes: um corante nuclear (Hematoxilina) e dois citoplasmáticos (Orange e o EA-50). O protocolo de coloração é o seguinte:

Tabela 16 - Protocolo de coloração de Papanicolau

Reagentes	Tempo
Álcool a 95%	30 Segundos
Água corrente	30 Segundos
Água corrente	1 Minuto
Hematoxilina	1 Minuto
Água corrente	30 Segundos
Água corrente	1 Minuto
Álcool-amónia	30 Segundos
Álcool a 95%	1 Minuto
Orange	1 Minuto
Álcool a 95%	1 Minuto
EA-50	1 Minuto
Álcool a 95%	30 Segundos
Álcool absoluto	1 Minuto
Álcool absoluto	1 Minuto
Xilol	2 Minutos

Os reagentes da máquina de coloração automática necessitam de ser verificados periodicamente. Diariamente é substituído o Álcool e o Xilol. Os corantes são filtrados e mudados mensalmente e a água é substituída automaticamente pela máquina diariamente. Contudo, sempre que se verifiquem alterações na qualidade das colorações, os reagentes devem ser mudados e os corantes filtrados.

4.2.9. MONTAGEM

O último passo das colorações, é a imersão dos cortes em Xilol, possibilitando a montagem num meio solúvel. O meio de montagem mais utilizado é constituído por uma resina acrílica e por xileno. É colocada uma gota do meio de montagem sobre o corte ou na lâmina, sendo esta posicionada sobre o corte de forma delicada, para que o meio de montagem cubra a totalidade do corte.

No Serviço de Anatomia Patológica dos HUC a montagem da maioria das lâminas é feita automaticamente o que apresenta grandes vantagens dada a sua rapidez e menor exposição do técnico ao xilol, à resina acrílica e ao xileno.

4.2.10. ROTULAGEM e VERIFICAÇÃO

Terminado o processamento técnico dos tecidos, procede-se à rotulagem das lâminas e verificação do número de fragmentos existentes em cada lâmina histológica de modo a assegurar que não se perdeu nenhum material.

A rotulagem das lâminas até então estava feita a lápis de carvão. Após a montagem, o número de registo é de novo marcado mas, desta vez, a etiquetagem é feita colocando na extremidade da lâmina uma etiqueta com um número de registo.

Terminando esta fase, as lâminas são entregues aos patologistas para análise e realização do diagnóstico anatomopatológico.

5. METODOLOGIA

Este estudo foi realizado durante os meses de Abril e Maio de 2011 no Serviço de Anatomia Patológica dos Hospitais da Universidade de Coimbra – Sector de Rotina, nas salas designadas por Macroscopia e Processamento de Material Histológico. Neste sector são realizados, em média, 2000 exames por mês, de acordo com informação fornecida pelo responsável do serviço.

A população em estudo foi constituída por um conjunto de vinte profissionais dos Serviços Hospitalares de Anatomia Patológica, os quais foram informados do tipo de estudo que se iria realizar mas sem conhecimento prévio dos dias em que se iriam efectuar as avaliações.

Procedeu-se à monitorização ambiental para avaliar a exposição dos trabalhadores ao Formaldeído e Xileno.

A exposição dos profissionais dos Serviços de Anatomia Patológica a Formaldeído ocorre principalmente durante o exame macroscópico das peças cirúrgicas conservadas em formol (registo das peças) e no despejo desse mesmo formol aquando da eliminação das peças para posterior tratamento como resíduos hospitalares (despejo e lavagem das peças). A exposição a Xileno ocorre, por sua vez, na fase da diafanização e impregnação dos tecidos.

Na medição / monitorização do Formaldeído na Sala de Macroscopia do Serviço de Anatomia Patológica, foi utilizado o equipamento RKI Instruments, Inc., Modelo FP-30 (figura 6), cuja gama de detecção varia entre 0-0,4 ppm, com um tempo de detecção de 30 minutos (1800 segundos), com princípio e método de detecção, respectivamente, fotométrico fotoeléctrico e *tablets* colorimétricas, com método de amostragem por aspiração do ar através de uma bomba interna. Após o equipamento ser ligado, deverá retirar a TAB (pastilha colorimétrica) de detecção do invólucro na qual vem “lacrada”. A superfície da TAB de detecção está protegida por uma cobertura plástica que envolve toda a superfície da mesma que deverá ser removida mas ter especial cuidado para esta ser manuseada apenas pelos bordos, não se devendo tocar na secção central da TAB. Em seguida coloca-se a TAB na ranhura sob a tampa e, em seguida, fechar lentamente a tampa, pressionando o centro da tampa de detecção para garantir uma adequada colocação da TAB. A fase seguinte consiste na selecção do tempo e gama de medição (de acordo com a referência da TAB 008 → 30 minutos) e

posteriormente pressiona-se a tecla START para a bomba dar início ao ciclo de detecção. Ao fim destes 30 minutos é apresentado o resultado médio no *display* do equipamento.



Figura 7 - Equipamento de medição de formaldeído (modelo FP-30)

Fonte: RKI Instruments

A Tabela seguinte apresenta algumas das principais características deste equipamento.

Tabela 17 - Principais características do RKI Instruments, Inc., Modelo FP-30

Modelo FP-30	
Gama de detecção	0-0.4 ppm
Tempo de detecção	30 minutos (1800 segundos)
Princípio de detecção	Fotométrico fotoelétrico
Método de detecção	Método com <i>tablets</i> colorimétricas
Precisão	+/- 10% leitura
Display	LCD digital
Método de amostragem	Aspiração do ar através de uma bomba interna de amostragem
Condições de utilização	-10 °C a 40 °C (HR inferior a 90%)
Memória	Capacidade de memória até 99 leituras (a gravação é automática no final de cada detecção)
Alimentação	4 pilhas alcalinas AA
Duração da bateria (funcionamento em contínuo)	Aproximadamente 12 horas

A avaliação ambiental do Xileno no Serviço de Anatomia Patológica foi realizada através do equipamento Phocheck + 2000 – FirstCheck, que mede O₂, CO, H₂S, LEL (gases explosivos) e compostos orgânicos voláteis no ar por detecção a partir do princípio da foto-ionização dentro do instrumento. Esta câmara está desenhada para que a amostra se desloque através da janela de uma lâmpada ultravioleta, a qual emite partículas de luz, os fotões, de alta energia UV.



Figura 8 - Equipamento de medição de COV's

Fonte: ION SCIENCE

Produz-se a foto-ionização sobre as amostras XY que tenham um potencial de ionização igual ou superior ao da fonte ultravioleta utilizada na análise, uma vez que dada esta circunstância, a molécula em questão absorve um fóton de energia suficiente capaz de gerar dois fragmentos carregados (iões), um positivo (X+) e outro negativo (Y).

Um campo eléctrico entre duas tiras de metal, chamadas “eléctrodos”, atrai os iões até às mesmas nos eléctrodos, os iões são neutralizados pelo movimento de uma corrente eléctrica minúscula, chamada corrente eléctrica do foto-ionizador, que é proporcional à concentração de XY. O instrumento em causa, amplifica esta corrente e exhibe-a como concentração do gás. O Phocheck+ contém, além disso, um terceiro eléctrodo para assegurar que a corrente amplificada não inclua proporções significativas devido a outras causas, tais como condensação da água nas paredes da câmara de ionização. O FirstCheck foi desenhado em conformidade com a ISO9001:2000.

6. RESULTADOS

O equipamento RKI Instruments, Inc., Modelo FP-30, cuja gama de detecção varia entre 0-0,4 ppm, com um tempo de detecção de 30 minutos (1800 segundos), apresenta após este período o resultado obtido daquela avaliação. Das diversas avaliações efectuadas, os resultados obtidos para o Formaldeído variaram entre um valor mínimo de 0,100 ppm e um valor superior a 0,4 ppm.

FORMALDEÍDO (Data e hora de avaliação)	Valor obtido (ppm)
---	-------------------------------------

13 de Abril ⇔ 10h 15m 0.250

FORMALDEÍDO (Data e hora de avaliação)	Valor obtido (ppm)
---	-------------------------------------

14 de Abril ⇔ 10h 50m 0.215

FORMALDEÍDO (Data e hora de avaliação)	Valor obtido (ppm)
---	-------------------------------------

14 de Abril ⇔ 11h 30m 0.210

FORMALDEÍDO (Data e hora de avaliação)	Valor obtido (ppm)
---	-------------------------------------

26 de Abril ⇔ 10h 40m > 0,4

FORMALDEÍDO	Valor obtido
(Data e hora de avaliação)	(ppm)
27 de Abril ⇨ 10h 05m	0.125

FORMALDEÍDO	Valor obtido
(Data e hora de avaliação)	(ppm)
29 de Abril ⇨ 11h 10m	0.150

FORMALDEÍDO	Valor obtido
(Data e hora de avaliação)	(ppm)
03 de Maio ⇨ 10h 20m	> 0,4

FORMALDEÍDO	Valor obtido
(Data e hora de avaliação)	(ppm)
03 de Maio ⇨ 11h 05m	> 0,4

FORMALDEÍDO	Valor obtido
(Data e hora de avaliação)	(ppm)
04 de Maio ⇨ 09h 55m	> 0,4

FORMALDEÍDO	Valor obtido
(Data e hora de avaliação)	(ppm)
04 de Maio ⇨ 10h 40m	> 0,4

FORMALDEÍDO (Data e hora de avaliação)	Valor obtido (ppm)
09 de Maio ⇨ 10h 10m	> 0,4

FORMALDEÍDO (Data e hora de avaliação)	Valor obtido (ppm)
11 de Maio ⇨ 10h 05m	0.100

FORMALDEÍDO (Data e hora de avaliação)	Valor obtido (ppm)
13 de Maio ⇨ 09h 45m	0.115

FORMALDEÍDO (Data e hora de avaliação)	Valor obtido (ppm)
16 de Maio ⇨ 10h 15m	> 0,4

FORMALDEÍDO (Data e hora de avaliação)	Valor obtido (ppm)
17 de Maio ⇨ 10h 10m	0.115

FORMALDEÍDO	Valor obtido
(Data e hora de avaliação)	(ppm)

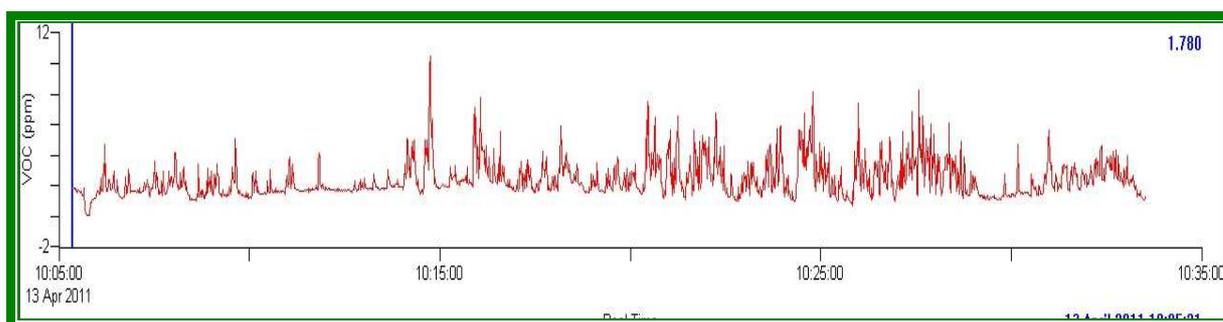
19 de Maio ⇨ 10h 10m	0.350
----------------------	-------

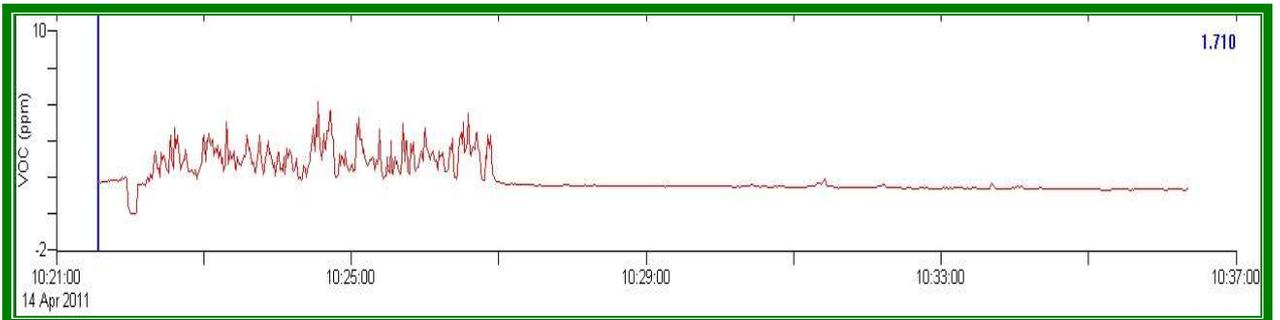
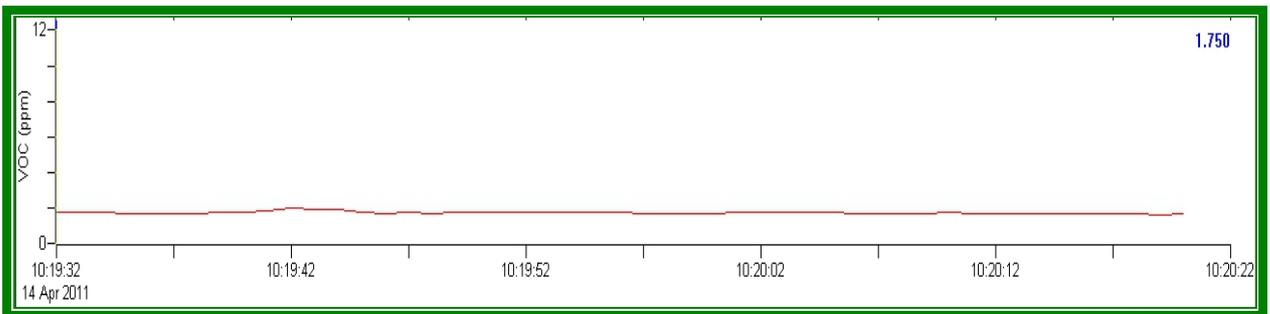
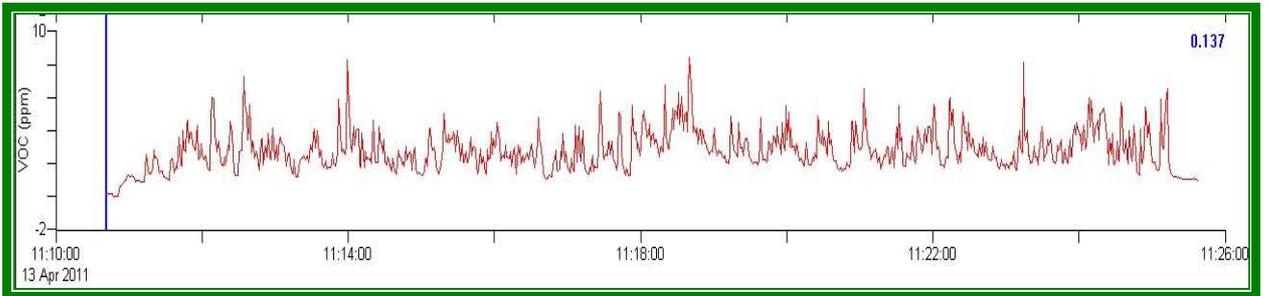
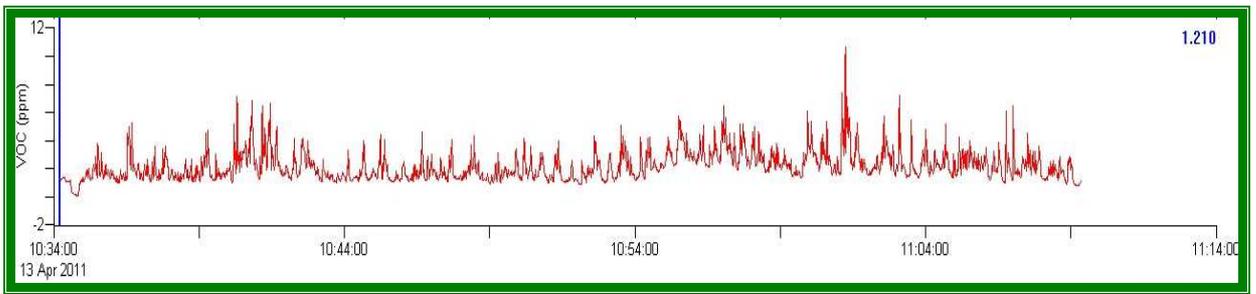
FORMALDEÍDO	Valor obtido
(Data e hora de avaliação)	(ppm)

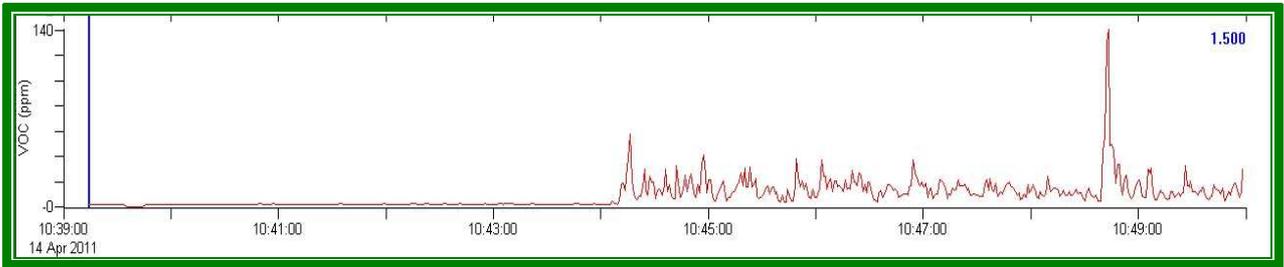
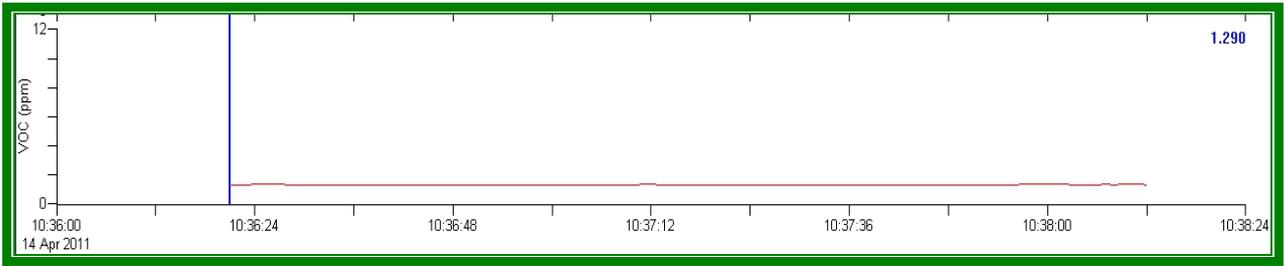
19 de Maio ⇨ 11h 05m	> 0,4
----------------------	-------

É importante referir que nos dias em que os valores obtidos são de menor concentração (dias 27 e 29 de Abril, 11, 13 e 17 de Maio) e, uma vez que, os trabalhadores não sabiam antecipadamente quando se iriam efectuar as monitorizações, aquando da chegada ao SAP para dar início às avaliações verificou-se que estes se encontravam a efectuar as suas tarefas com uma janela aberta, o que poderá ter influenciado, em certa medida, os resultados obtidos.

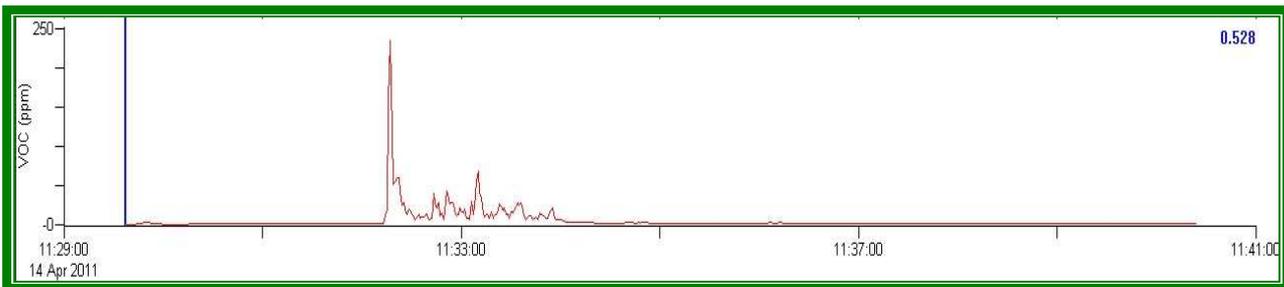
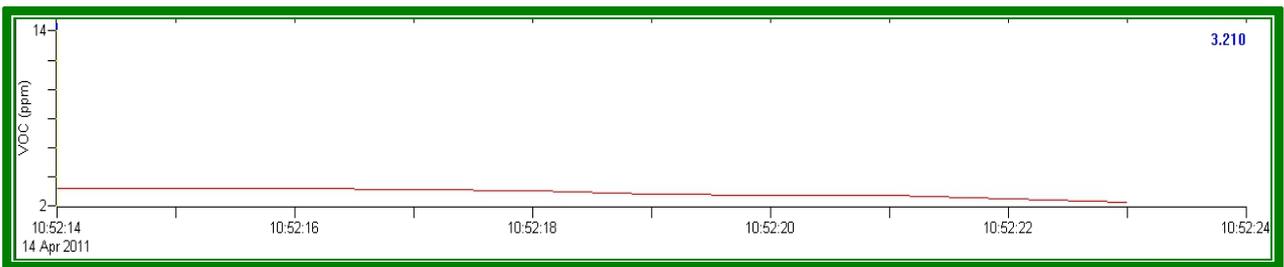
As concentrações do Xileno obtidas através do Phocheck + 2000 – FirstCheck, variaram entre os 0,1 ppm e os 329 ppm, como se pode verificar nos gráficos apresentados.



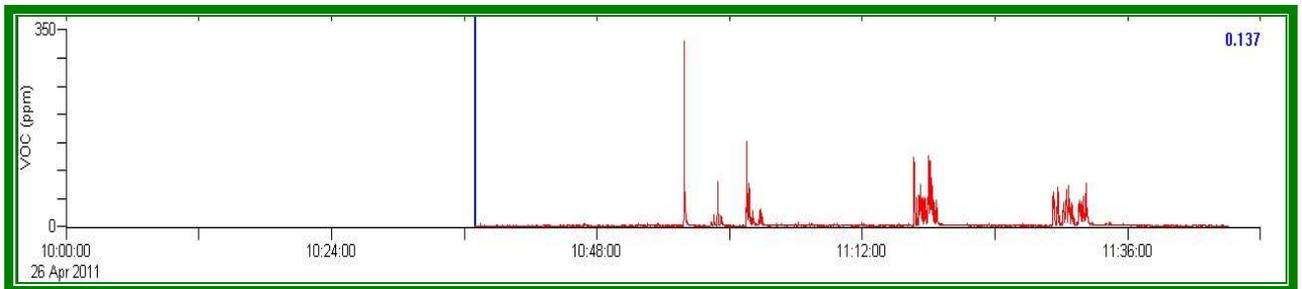




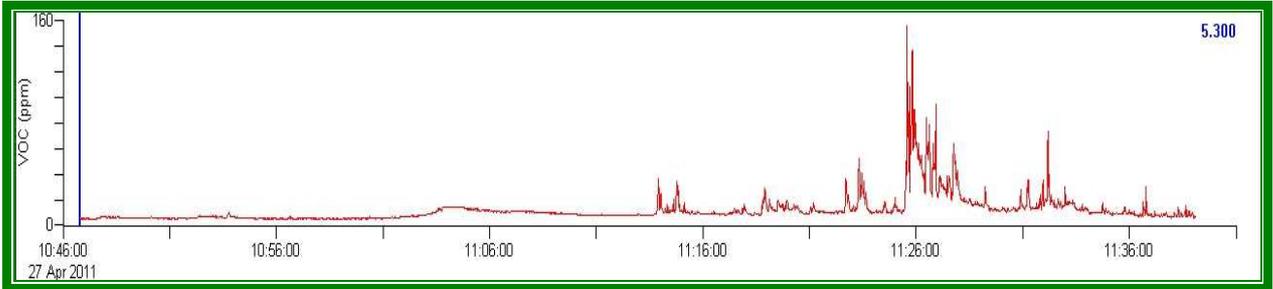
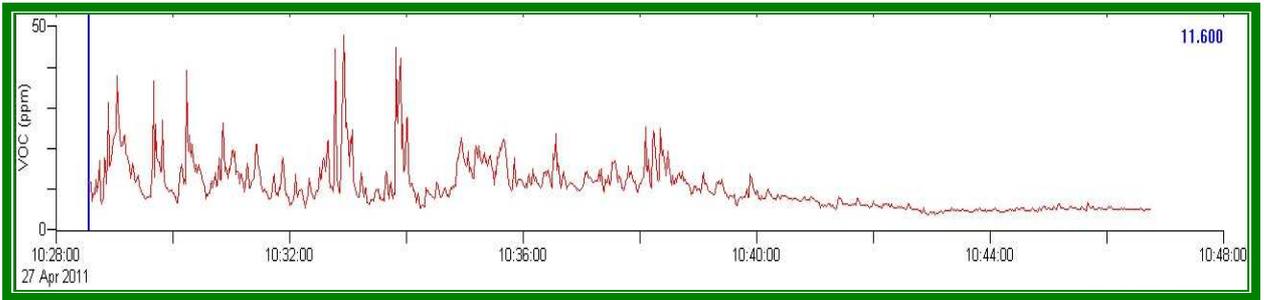
Battery	4.8
Start time	14-04-2011 10:36:21
Channels	5
Units	Ppm
VOC Gas	Xylene mixed isomers
EXP Gas	Methane
4/14/2011 10:48	43.4 ppm
4/14/2011 10:48	54.4 ppm
4/14/2011 10:48	130 ppm
4/14/2011 10:48	140 ppm
4/14/2011 10:48	48.2 ppm
4/14/2011 10:48	49.3 ppm



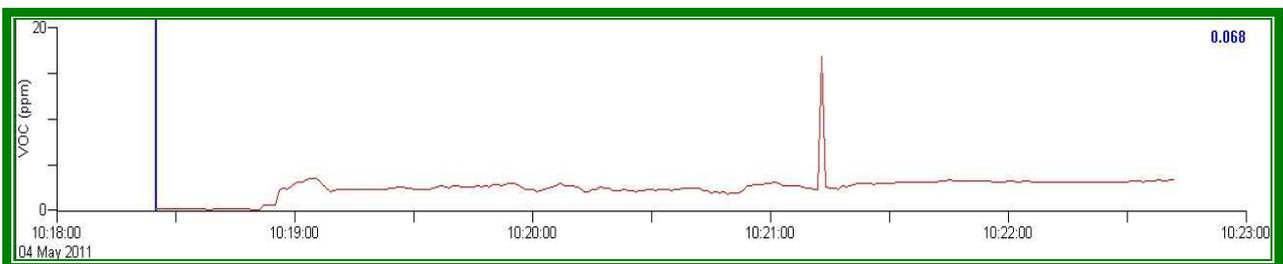
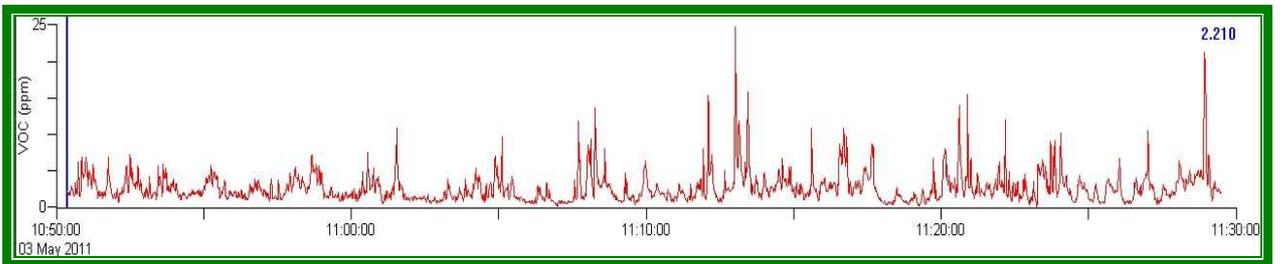
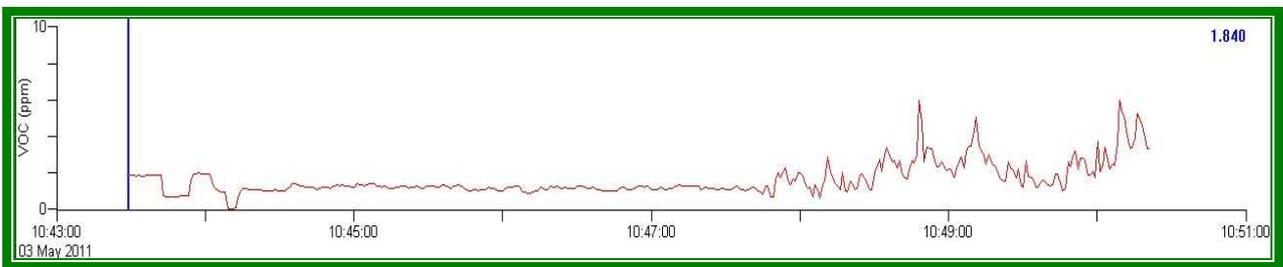
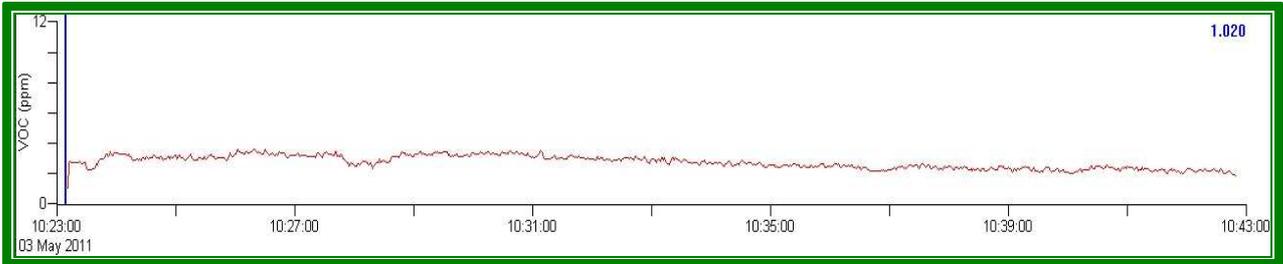
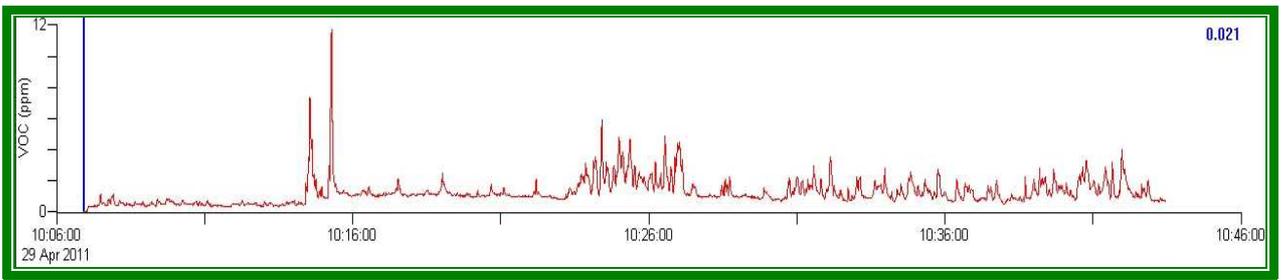
Battery	4.8
Start time	14-04-2011 10:36:21
Channels	5
Units	Ppm
VOC Gas	Xylene mixed isomers
EXP Gas	Methane
4/14/2011 11:32	17.4 ppm
4/14/2011 11:32	158 ppm
4/14/2011 11:32	234 ppm
4/14/2011 11:32	116 ppm
4/14/2011 11:32	50.6 ppm
4/14/2011 11:32	55 ppm
4/14/2011 11:32	59.9 ppm
4/14/2011 11:32	60.2 ppm
4/14/2011 11:32	41.5 ppm



Battery	5.3
Start time	26-04-2011 10:36:57
Channels	5
Units	Ppm
VOC Gas	Xylene mixed isomers
EXP Gas	Methane
4/26/2011 10:55	17.6 ppm
4/26/2011 10:55	211 ppm
4/26/2011 10:55	329 ppm
4/26/2011 10:55	176 ppm
4/26/2011 10:55	79 ppm
4/26/2011 10:55	45.8 ppm
4/26/2011 10:55	61 ppm
4/26/2011 10:55	53.6 ppm
4/26/2011 10:55	55.8 ppm
4/26/2011 10:55	53.8 ppm



Battery	5.1
Start time	27-04-2011 10:28:34
Channels	5
Units	Ppm
VOC Gas	Xylene mixed isomers
EXP Gas	Methane
4/27/2011 11:25	51.4 ppm
4/27/2011 11:25	39.5 ppm
4/27/2011 11:25	156 ppm
4/27/2011 11:25	68.5 ppm
4/27/2011 11:25	73.8 ppm
4/27/2011 11:25	87.7 ppm
4/27/2011 11:25	50.4 ppm
4/27/2011 11:25	56.3 ppm
4/27/2011 11:25	108 ppm
4/27/2011 11:25	89.5 ppm
4/27/2011 11:25	55.5 ppm
4/27/2011 11:25	59.9 ppm
4/27/2011 11:25	72.3 ppm
4/27/2011 11:25	83.5 ppm
4/27/2011 11:25	136 ppm
4/27/2011 11:25	137 ppm
4/27/2011 11:25	113 ppm
4/27/2011 11:25	57.9 ppm
4/27/2011 11:25	60.5 ppm
4/27/2011 11:25	82.4 ppm
4/27/2011 11:25	89.8 ppm
4/27/2011 11:25	90.1 ppm
4/27/2011 11:25	83.9 ppm
4/27/2011 11:25	77.4 ppm



7. DISCUSSÃO

Diversos estudos apontam os Laboratórios de Anatomia Patológica como um dos cenários ocupacionais onde os trabalhadores estão expostos a concentrações de Formaldeído superiores aos valores limite estabelecidos, o que indica uma situação de risco de exposição profissional (AKBAR-KHANZADEH *et al.*, 1994; SHAHAM *et al.*, 1997; AKBAR-KHANZADEH & PULIDO, 2003).

Ensaio sobre a qualidade do ar interior dos Serviços Hospitalares de Anatomia Patológica (COSTA *et al.*, 2008; FERRO *et al.*, 2005) registaram níveis elevados deste aldeído, superiores ao valor limite normativo (NP 1796: 2007).

Em Portugal, um estudo mais recente revelou que os níveis deste composto em 4 hospitais da zona do Porto e Aveiro estavam compreendidos entre 0.04 ppm e 1.58 ppm (mínimo e máximo, respectivamente) e que a concentração média era de 0.44 ppm (TWA) (COSTA *et al.*, 2008). Um outro estudo publicado anteriormente relatou que trabalhadores deste ramo profissional estavam expostos a concentrações médias de Formaldeído compreendidas entre 0.1 e 0.7 ppm (mínimo e máximo, respectivamente) (ORSIÈRE *et al.*, 2006).

Um outro estudo publicado acerca do conhecimento da concentração de vapores de Xileno nas salas de Histopatologia dos Laboratórios de Anatomia Patológica dos hospitais da grande Lisboa concluiu que, para além de não estarem adoptadas todas as boas práticas necessárias no trabalho de laboratório, os profissionais pareciam não estar ainda sensibilizados para os riscos a que se encontravam expostos e para a sua prevenção (CARRIÇO *et al.*, 2006). Os sinais apresentados pelos trabalhadores deste serviço coincidem com os da literatura de referência creditados à exposição ocupacional ao Formaldeído e Xileno. São eles: náuseas, vômitos, dores de cabeça, tosse, alergias, irritação no nariz e na garganta, sintomas associados à inalação deste produto no ambiente de trabalho. A análise dos relatos permitiu concluir que, como instrumento indispensável para avaliar o estado de saúde e estabelecer estratégias de prevenção dos factores de risco ocasionados pelo processo de trabalho, é essencial o acompanhamento médico, através de exames aos funcionários a serem realizados periodicamente e também através da análise de queixas por parte dos trabalhadores. Sabe-se que é também fundamental que equipamentos de protecção individual e colectiva estejam disponíveis para os funcionários, já que é da responsabilidade da entidade empregadora

fornecer tais equipamentos, em perfeito estado de uso e com a devida capacitação para sua utilização.

Após a análise dos resultados obtidos no presente trabalho de investigação podemos concluir que em 52,9% das avaliações, o valor obtido para o Formaldeído estava acima do máximo de concentração do agente químico no ar, valor que nunca deve ser excedida durante qualquer período de exposição, de acordo com os valores de referência da NP 1796:2007 e ACGIH, sendo que estes resultados foram obtidos durante a realização de macroscopias.

No que respeita ao Xileno, verificaram-se, igualmente, valores que variaram entre os 0,1 ppm e os 329 ppm, ou seja, valores superiores aos preconizados.

A NP 1796:2007 menciona um VLE-MP para o Xileno de 100 ppm para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas e um VLE-CD de 150 ppm para uma exposição VLE-MP de 15 minutos que nunca deverá ser excedida durante o dia de trabalho, a OSHA refere igualmente 100 ppm como uma média de 8 horas de tempo (TWA) de concentração, a NIOSH recomenda limites de exposição (REL) de 100 ppm e 200 ppm por 10 minutos, a ACGIH atribui ao Xileno um valor limite (TLV) de 100 ppm como um TWA para um dia normal de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas e um valor limite de exposição de curta duração (STEL) de 150 ppm. Deste modo concluímos que existem valores superiores ao referido tanto para VLE-MP como para VLE-CD, embora estes não excedam nem os 10 minutos referidos pela NIOSH nem os 15 minutos de acordo com a NP 1796/2007, OSHA e NIOSH.

Segundo informação dada pelo coordenador do SAP, após a introdução do equipamento denominado Colorador e Montador de Lâminas, muitas das tarefas executadas manualmente pelos trabalhadores com grande exposição ao Xileno passaram a ser executadas automaticamente pelo referido equipamento, diminuindo assim, consideravelmente, os níveis de exposição ocupacional a este produto. No entanto, este estudo permitiu concluir que as tarefas/procedimentos onde os trabalhadores estão mais expostos ao Xileno e, concomitantemente os valores obtidos são os mais elevados é precisamente na reposição dos níveis de Xileno nos reservatórios e no processo de inclusão, onde existe um cristalizador com Xileno (Figura 9) em que são imersas as cassetes.



Figura 9- Cristalizador com Xileno

Como primeira abordagem face aos resultados obtidos no Serviço de Anatomia Patológica dos HUC, o ideal seria a substituição dos compostos por outros sem riscos para os trabalhadores ou com menores riscos. No entanto, face à relação custo/benefício do Formaldeído e Xileno os laboratórios muito dificilmente os substituirão.

Um artigo publicado recentemente no Journal of the National Cancer Institute (JNCI)⁶ refere a evidência clara do aumento da mortalidade por cancro induzido pela exposição ao Formaldeído, conforme descrito em *The Final Report on Carcinogens Background Document for Formaldehyde of the National Toxicology Program*, (HAUPTMANN et al., 2009 e VIEGAS et al., 2010), demonstrando que os estudantes de medicina estão expostos a concentrações de Formaldeído superiores a 5 ppm durante os exames macroscópicos, levando deste modo as instituições médicas a reconsiderar a utilização do Formaldeído para fixar e preservar cadáveres e tecidos. Na Alemanha, dados recentes indicam a toxicidade do Formaldeído como causa do encerramento de salas de anatomia patológica nas escolas médicas, o que poderá potenciar a má formação médica nesta área. Uma queixa recente de cirurgiões refere que a falta de conhecimento em anatomia já está prevalente entre os jovens médicos (FASEL, JHD, MOREL P. e GAILLOUND P., 2005). O Instituto de Anatomia da Universidade de

⁶ HAMMER, Niels [et al.]. Substitution of formaldehyde in cross anatomy is possible. Journal of the National Cancer Institute. 2011 February [Consul. 2 Jul. 2011] ; vol. 103 (7). Disponível em: jnci.oxfordjournals.org

Leipzig desenvolveu um estudo para a conservação de cadáveres através da utilização de um fixador não tóxico cuja constituição consiste principalmente de etanol e glicerina.

Em contraste com o Formaldeído que provoca o endurecimento dos tecidos, o etanol e a glicerina permitem a fixação e mantêm o tecido flexível, permitindo assim o acesso anatómico a várias zonas de interesse. Outra vantagem deste fixador é a preservação das cores ao nível dos tecidos, permitindo deste modo mais facilmente a distinção entre nervos, artérias e veias. Além disso, este fixador de etanol e glicerina é qualitativamente superior ao Formaldeído para a preservação e visualização das vísceras. Considerando os efeitos potencialmente cancerígenos do Formaldeído, os dados fornecidos através deste estudo provocaram uma reavaliação da legislação de higiene e segurança no trabalho. (HAUPTMANN *et al.*, 2009).

O estudo referenciado anteriormente permite concluir que a substituição do Formaldeído por este fixador de etanol e glicerina não só é viável com desejável, uma vez que, conduz a efeitos benéficos quer ao nível da preservação e visualização dos tecidos mas também ao nível dos efeitos adversos à exposição ocupacional dos trabalhadores a um potencial efeito cancerígeno.

8. CONCLUSÕES E PRECONIZAÇÃO DE MEDIDAS PREVENTIVAS

Neste trabalho foi avaliada a exposição ocupacional a Formaldeído e Xileno de um grupo de profissionais dos Serviços de Anatomia Patológica dos HUC.

Foi utilizada como metodologia a monitorização ambiental para avaliar a exposição dos trabalhadores ao Formaldeído e Xileno. A metodologia adoptada para monitorização ambiental parece adequar-se aos objectivos da presente investigação, estando igualmente em relação com o modo de actuação dos agentes químicos em estudo.

Na medição / monitorização do Formaldeído foi usado o equipamento RKI Instruments, Inc., Modelo FP-30 com uma gama de detecção que varia entre 0-0,4 ppm, num tempo de detecção de 30 minutos (1800 segundos), com princípio e método de detecção, respectivamente, fotométrico fotoeléctrico e *tablets* colorimétricas, com método de amostragem por aspiração do ar através de uma bomba interna.

Por sua vez, na avaliação ambiental do Xileno foi utilizado o equipamento Phocheck + 2000 – FirstCheck, que mede O₂, CO, H₂S, LEL e compostos orgânicos voláteis no ar por detecção a partir do princípio da foto-ionização dentro do instrumento.

Os resultados obtidos revelaram-se superiores aos valores limite de exposição:

⇒ Formaldeído – valor mínimo de 0,100 ppm e valores superior a 0,4 ppm.

⇒ Xileno – concentrações que variaram entre os 0,1 ppm e os 329 ppm.

Estes resultados são concordantes com os referidos noutros estudos nacionais e internacionais realizados anteriormente, nomeadamente, AKBAR-KHANZADEH *et al.*, 1994; SHAHAM *et al.*, 1997; AKBAR-KHANZADEH & PULIDO, 2003; COSTA *et al.*, 2008; FERRO *et al.*, 2005; ORSIÈRE *et al.*, 2006; CARRIÇO *et al.*, 2006.

Face aos resultados obtidos torna-se necessária a implementação de medidas de prevenção e de controlo que minimizem o risco de exposição a estes químicos, nomeadamente a implementação de boas práticas de trabalho e a formação dos profissionais nesses princípios. Neste âmbito, passamos a analisar alguns aspectos

relacionados com a prática profissional diária, tendo como objectivo a preconização de medidas preventivas.

Constatou-se que a mesa de macroscopia não possui ventilação/exaustão adequada, uma vez que apenas possui um sistema de exaustão com ar forçado que segundo informação dada pelos trabalhadores foi acrescentado apenas à parte superior da mesa e cujos filtros não são regularmente limpos.



Figura 10- Mesa de Macroscopia

Esta, em termos ergonómicos, não permite uma postura adequada, impossibilitando trabalhar sentados, existindo mesmo a necessidade, por parte de alguns trabalhadores, da colocação de estrados (Figura 11) a fim de possibilitar uma altura adequada face ao plano de trabalho.

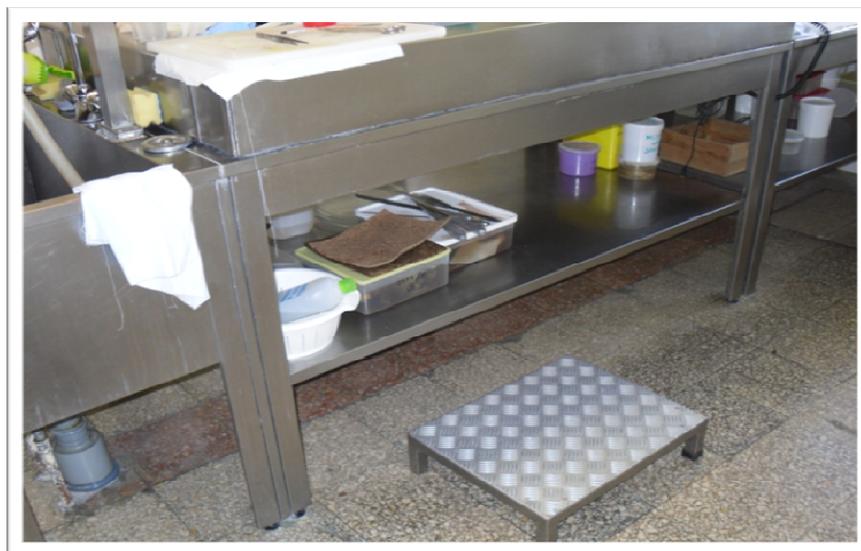


Figura 11 - Estrado colocado junto à mesa de Macroscopia

Sabendo-se que o estado psicológico de um trabalhador é um de vários factores que condicionam os efeitos à exposição de agentes químicos, o stress aumenta a sua vulnerabilidade. Seria de extrema importância a substituição da mesa de macroscopia existente por outra, dotada de ventilação adequada em toda a superfície de trabalho e, ergonomicamente adaptada, possibilitando assim uma postura de trabalho adequada e facultando aos trabalhadores poderem exercer as suas funções sentados.

Dever-se-á igualmente proceder a melhorias nos locais de trabalho nomeadamente no que diz respeito às condições de exaustão, ventilação e climatização. Os trabalhadores sentem necessidade de frequentemente abrirem as janelas para possibilitar o arejamento do local de trabalho, uma vez que, segundo estes, é a única forma “adequada” para o fazer,

Deste modo, é aconselhado que na sala de processamento de material histológico seja melhorado o sistema de ventilação / exaustão e que, junto ao equipamento de inclusão, exista uma hott localizada junto ao cristalizador para que os valores mencionados possam ser reduzidos.

Outro aspecto importante diz respeito aos armários onde são colocados os recipientes a serem utilizados, contendo Formaldeído e Xileno. Estes não possuem nenhum tipo de ventilação / exaustão, sendo um factor que contribui para o aumento das concentrações destes compostos no ambiente de trabalho. Seria relevante a existência de armários dotados de ventilação / exaustão.



Figura 12 - Armário desprovido de ventilação/exaustão

É também importante que os trabalhadores alterem certos comportamentos de trabalho, nomeadamente em relação ao verificado diariamente na sala de processamento de material histológico, onde conforme figura seguinte, existem recipientes com Formol que não se encontram tapados. Estes, após cada utilização deverão ser imediatamente tapados, evitando deste modo a libertação dos vapores deste composto.



Figura 13 - Recipiente com Formol

É aconselhado que os trabalhadores sejam informados sobre a correcta utilização dos equipamentos de protecção individual e colectiva que têm ao seu dispor, bem como acerca da sua manutenção, de modo a minimizar os riscos inerentes às suas actividades que realizam diariamente.

Para finalizar seria importante a substituição do Formaldeído pelo fixador constituído por etanol e glicerina evitando deste modo a exposição dos trabalhadores a este composto e os efeitos adversos provocados por este na saúde.

BIBLIOGRAFIA

ADENE; DGEG; APA. Nota técnica NT-SCE-02. Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE. 2009.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. Laboratório de Referência do Ambiente. Qualidade do Ar em espaços interiores: um guia técnico. 2009 [Consultado em 11 Mar. 2010]. Disponível em: <http://www.apa.pt>

AKBAR-KHANZADEH, F.; VAQUERANO, M.U.; AKBAR-KHANZADEH, M.; BISESI, M.S. Formaldehyde exposure, acute pulmonary response and exposure control options in a gross anatomy laboratory. Am J Ind Med. 1994 ; 26 (1) : 61-75.

AKBAR-KHANZADEH, F.; PULIDO, E.V. Using respirators and goggles to control exposure to air pollutants in an anatomy laboratory. Am J Ind Med. 2003 ; 43 : 326-331.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNAMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH). TLVs and BEIs : based on the documentation of the threshold limits values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2008.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNAMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH). Industrial Ventilation : a manual of recommended practice. Cincinnati OH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc; 1998. p. 1-512.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. Guidelines for Design and Construction of Hospital and Health Care Facilities. Washington DC : American Institute of Architects Press, 2000.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. Ventilation for Indoor Air Quality. ASHRAE Standard 62-1999. Atlanta GA : ASHRAE; 1999. p. 1-27.

ARTS, J. H. ; RENNEN, M. A. ; de HEER, C. Inhaled formaldehyde : evaluation of sensory irritation in relation to carcinogenicity. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 44 : 2 (March 2006) 144-160.

BERTAZZI, P. A.; MUTTI, A. Biomarkers, disease mechanisms and their role in regulatory decisions. In WILD, C. ; VINEIS, P. ; GARTE, S., ed. lit. *Molecular epidemiology of chronic diseases*. New York : Wiley; 2008. 243-254.

BINETTI, R.; COSTAMAGNA, F. M.; MARCELLO, I. Development of carcinogenicity classifications and evaluations : the case of formaldehyde. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*. 2006 ; 42 : (2) : 132-143.

BOLT, H. M.; HUICI-MONTAGUD, A. Strategy of the scientific committee on occupational exposure limits (SCOEL) in the derivation of occupational exposure limits for carcinogens and mutagens. *Archives of Toxicology*. 2008 ; 82 : (1) : 61-64.

BOYLE, T. *Health and safety : risk management*. 2nd revised ed. Leicestershire : IOSH Services; 2003.

BORN. *Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality : Report on a Working Group Meeting*. 2006.

CARRIÇO, Josianne, et al. Exposição ao Xilol nos laboratórios de anatomia patológica. *Segurança*. Ano XLI, nº 171 (Março/Abril 2006), p. 43-49.

COSTA, S., et al. Genotoxic damage in pathology anatomy laboratory workers exposed to formaldehyde. *Toxicology*. 2008 ; 252 : 40-48.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA Document 402 K-93-007. *The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality*. 1995.

EUROPEAN CONCERTED ACTION. Report nº 10. *Effects of indoor air pollution on human health*. Luxembourg : Office of publications of the European Communities; 1991.

FERRO, A., et al. A qualidade do ar interior nos serviços de anatomia patológica. Segurança. 2005 ; 167 : 45-50.

GHASEMKHANI, M.; JAHANPEYMA, F.; AZAM, K. Formaldehyde exposure in some educational hospitals of Tehran. Industrial Health. 2005 ; 43 : (4) : 703-707.

GOLDSTEIN, B. D. Advances in risk assessment and communication. Annual Review of Public Health. 2005 ; 26 : 141-163.

GREIM, H.; SNYDER, R. Toxicology and risk assessment : a comprehensive introduction. Chichester : Wiley; 2008.

HAMMER, Niels, et al. Substitution of formaldehyde in cross anatomy is possible. Journal of the National Cancer Institute. 2011 February [Consult. 2 Jul. 2011] ; vol. 103 (7). Disponível em: jnci.oxfordjournals.org

HENGSTLER, J., et al. Challenging Dogma: Threshold for genotoxic carcinogens? The case of vinyl acetate. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, 2003 ; 43 : 485-520.

HERAUSGEGEBEN, Von A. S., et al. *Assessment of the carcinogenicity of formaldehyde* (CAS No. 50-00-00). Berlim : Bundesinstitut für Risikobewertung; 2006.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Wood dust and formaldehyde. Lyon : IARC; 1995. 217-362.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. Lyon : IARC, 2006.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. Formaldehyde. Geneva : World Health Organization, 1989. [Consult. 21 Jan. 2010]. Disponível em: <http://incem.org/documents/ehc/ehc/ehc89.htm>

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. Formaldehyde : health and safety guide. Geneva : World Health Organization, 1991. [Consult. 11 Mar. 2010]. Disponível em: <http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg057.htm>

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. Biomarkers in risk assessment : validity and validation. Geneva : World Health Organization; 2001.

INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE. NP 1796. 2007 - Segurança e saúde do trabalho : valores limite de exposição profissional a agentes químicos. Lisboa : IPQ.

KELADA, S. N.; EATON, D. L.; WANG, S. S. The role of genetic polymorphisms in environmental health. Environmental Health Perspectives. 2003 June ; 111 : (8) : 1055-1064.

LAUWERYS, R.; HOET, P. Industrial chemical exposure : guidelines for biological monitoring. 3rd ed. Boca Raton, FL : Lewis Publishers; 2001.

McGREGOR, D.; BOLT, H.; COGLIANO, V. Formaldehyde and glutaraldehyde and nasal cytotoxicity : case study within the context of the 2006 IPCS human framework for the analysis of a cancer mode of action for humans. Critical Reviews in Toxicology. 2006 November-December ; 36 (10) : 821-835.

MORGAN, K. T. A brief review of formaldehyde carcinogenesis in relation to rat nasal pathology and human health risk assessment. Toxicologic Pathology. 1997 May-June ; 25 (3) : 291-307.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). Formaldehyde : evidence of carcinogenicity. Cincinnati, OH : NIOSH, 1981. [Consult. 17 Jul. 2010]. Disponível em http://www.cdc.gov/niosh/81111_34.html

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). NIOSH manual of analytical methods : DHHS (NIOSH) Publication 94-113. 4th ed. Atlanta, GA : Centers for Disease Control and Prevention; 1994.

ORME I. Patient Impact. In Hansen W. *A Guide to Managing Indoor Air Quality in Health Care Organization*. Ed. Oakbrook Terrace IL : Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations Publications; 1997. p. 43-52.

ORSIÈRE, T.; SARI-MINODIER, I.; IARMARCOVAI, G. Genotoxic risk assessment of pathology and anatomy laboratory workers exposed to formaldehyde by use of personal air sampling and analysis of DNA damage in peripheral lymphocytes. *Mutation Research*. 2006 June ; 605 : (1-2) : 30-41.

PILIDIS, G. A.; KARAKITSIOS, S. P.; KASSOMENOS, P. A. Measurements of benzene and formaldehyde in a medium sized urban environment : indoor/outdoor health risk implications on special populations groups. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2009 March ; 150 : (1-4) : 285-294.

PINA, Carolina. Avaliação da exposição profissional ao formaldeído: efeito genotóxico. Porto : Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; 2010.

PITEIRA, Carlos. A qualidade do ar interior em instalações hospitalares. Lisboa : Lidel; 2007.

PRISTA, J.; UVA, A. Exposição profissional a agentes químicos: os indicadores biológicos na vigilância de saúde dos trabalhadores. *Revista Saúde e Trabalho*. 2003 ; 4 : 5-12.

PYATT, D.; NATELSON, E.; GOLDEN, R. Is inhalation exposure to formaldehyde a biological plausible cause of lymphohematopoietic malignancies? *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2008 ; 51 : 119-133.

SHAHAM, J.; BOMSTEIN, Y.; MELTZER, A.; RIBAK, J. DNA-protein crosslinks and sister chromatid exchanges as biomarkers of exposure to formaldehyde. *Int J Occup Environ Health*. 1997 ; 3 : 95-104.

SHAHAM, J., GURVICH, R., KAUFMAN, Z. Sister chromatid exchange in pathology Staff occupationally exposed to formaldehyde. *Mutat Res.* 2002 ; 514 : 115-123.

SMITH, C. M.; CHRISTIANI, D. C.; KELSEY, K. T. Chemical risk assessment and occupational health : current applications, limitations, and future prospects. Westport : Praeger; 1994.

STEWART, P.; STENZEL, M. Exposure assessment in the occupational setting. *Applied Occupational and Environmental Hygiene.* 2000 May ; 15 (5) : 435-444.

STREIFEL AJ. Design and maintenance of hospital ventilation systems and prevention of airborne nosocomial infections. In Mayhall CG. *Hospital Epidemiology and Infection Control.* Philadelphia PA : Lippincott Williams & Wikins; 1999. p. 1211-1221.

UVA, A. S. Diagnóstico e gestão do risco em saúde ocupacional. Lisboa : IDICT; 2006.

UVA, A. S.; FARIA, M. Exposição profissional a substâncias químicas : diagnóstico das situações de risco. *Revista Portuguesa de Saúde Pública.* 18 : 1 (Janeiro-Junho 2000) 5-10.

VIEGAS, Susana; PRISTA, João. Estudo da exposição ocupacional a formaldeído num laboratório de anatomia patológica : relevância da aplicação de uma metodologia (PID) de monitorização ambiental. *Saúde e Trabalho.* 2009; 7: 13-23, 31-45.

VIEGAS, Susana; PRISTA, João. Exposição profissional a formaldeído : que realidade em Portugal? *Saúde & Tecnologia.* 2009; 11: 46-53.

VIEGAS, Susana; PRISTA, João; GOMES, M. Exposição profissional a formaldeído : estudo de caso. In COLÓQUIO INTERNACIONAL DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS, Guimarães, Portugal, 7 e 8 de Fevereiro, 2008.

VIEGAS, Susana. Estudo da exposição profissional a formaldeído em laboratórios hospitalares de anatomia patológica. Lisboa : Escola Nacional de Saúde Pública. Universidade Nova de Lisboa; 2010.

VINCENT, R.; JEANDEL, B. Exposition professionnelle au formaldéhyde en France : informations fournies par la base de données Colchic. Hygiène et sécurité du travail. 203 (June 2006) 19-33.

WATSON, W. P.; MUTTI, A. Role of biomarkers in monitoring exposures to chemicals : present position, future prospects. Biomarkers. 9 : 3 (May-June 2004) 211-242.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air quality guidelines for Europe. 2nd ed. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe; 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Formaldehyde : adverse effects (International Programme on Chemical Safety II). Geneva : WHO; 2002.

ZHANG, L.; STEINMAUS, C.; EASTMOND, D. A. Formaldehyde exposure and leukemia : a new meta-analysis and potential mechanisms. Mutation Research. 681 : 2-3 (March-June 2009) 150-168.

LEIS

Despacho n.º 399/2009, de 7 de Janeiro – Manual de Boas Práticas Laboratoriais de Anatomia Patológica.

Lei n.º 105/2009 de 14 de Setembro – Regulamenta e altera o Código do Trabalho, aprovado pela Lei n.º 7/2009, de 12 de Fevereiro, e procede à primeira alteração da Lei n.º 4/2008, de 7 de Fevereiro.

Lei n.º 7/2009 de 12 de Fevereiro – Revisão do Código do Trabalho.

Decreto-Lei n.º 13/93 de 15 de Janeiro – Regula o licenciamento e a fiscalização do exercício da actividade das unidades privadas de saúde.

Decreto Regulamentar n.º 63/94 de 2 de Novembro – Estabelece os requisitos relativos a instalações, organização e funcionamento das unidades privadas de saúde.
Artigo 25º - Climatização.

Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro – Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho.

Decreto-Lei n.º 110/2000, de 30 de Junho – Estabelece as condições de acesso e de exercício das profissões de técnico superior de segurança e higiene do trabalho e de técnico de segurança e higiene do trabalho.

Lei n.º 59/2008 de 11 de Setembro – Aprova o Regime do Contrato de Trabalho em Funções Públicas.

Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.

Decreto-Lei n.º 84/97, de 16 de Abril – Princípios gerais de promoção da segurança, higiene e saúde no trabalho