

Exposição profissional a formaldeído – que realidade em Portugal?

Susana Viegas¹⁻³, João Prista²⁻³

1. Área Científica de Saúde Ambiental, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa.

2. Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Nova de Lisboa.

3. Centro de Investigação e Estudos em Saúde Pública (CIESP), Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Nova de Lisboa.

RESUMO: Introdução – O formaldeído está enquadrado entre as 25 substâncias químicas mais abundantemente produzidas no mundo devendo-se essencialmente à sua elevada reactividade, ausência de cor, à sua pureza no formato comercial e, ainda, ao seu baixo custo. A IARC, desde 2006, classifica o formaldeído no Grupo 1 (agente carcinogénico) com base na evidência de que a exposição a formaldeído é susceptível de causar cancro nasofaríngeo em humanos. Desenvolveu-se um estudo de natureza exploratória com o objectivo essencial de obter informação sobre a realidade da exposição profissional a formaldeído em Portugal. Igualmente, pretendeu-se conhecer a adequabilidade de uma nova metodologia de monitorização ambiental ao estudo da exposição ocupacional a formaldeído. **Metodologia** – Realizaram-se várias medições das concentrações de formaldeído em 7 unidades industriais e num laboratório hospitalar de anatomia patológica. As avaliações ambientais foram concretizadas com recurso a um equipamento de leitura directa que realiza a medição por *Photo Ionization Detection* (PID), com uma lâmpada de 11,7 eV. **Resultados** – No laboratório de anatomia patológica estudado foram registados valores de concentração superiores ao valor-limite de referência (0,3 ppm). Igualmente, em 2 das 7 unidades industriais estudadas foram registados valores de concentração máxima superiores a 0,3 ppm. **Conclusões** – Em consonância com outros estudos, o laboratório de anatomia patológica apresentou-se como o contexto ocupacional onde a exposição a formaldeído apresenta as concentrações mais elevadas. A metodologia adoptada para monitorização ambiental parece adequar-se aos objectivos da presente investigação e relacionada com o modo de actuação do agente químico em estudo.

Palavras-chave: formaldeído, exposição ocupacional, laboratório de anatomia patológica, monitorização ambiental

Occupational exposure to formaldehyde – What reality in Portugal?

ABSTRACT: Introduction – The widespread use of formaldehyde is mainly due to its high reactivity, lack of colour, purity in a commercial format, and also low cost. These characteristics put it among the 25 most abundant chemicals produced in the world. IARC, since 2006, classify formaldehyde in Group 1 (carcinogen) based on evidence that exposure to formaldehyde can cause nasopharyngeal cancer in humans. It was developed an exploratory study with the purpose of obtaining information about the occupational exposure reality to formaldehyde in Portugal. **Methodology** – Several formaldehyde concentrations measurements were performed in 7 industrial units and in an anatomy and pathology laboratory. Environmental measurements were performed using Photo Ionization Detection (PID) equipment. **Results** – The anatomy and pathology laboratory have the highest concentration value recorded and larger than reference limit (0.3 ppm). Also, in 2 of 7 industrial units studied were recorded maximum concentration values above 0,3 ppm. **Conclusions** – The anatomy and pathology laboratory was the occupational setting where formaldehyde occupational exposure was more critical. The methodology used for environmental monitoring seems appropriate to the study objectives and related to the chemical agent mode of action.

Keywords: formaldehyde, occupational exposure, anatomy and pathology laboratory, environmental monitoring

Introdução

O formaldeído (CH_2O) é um dos aldeídos mais simples, encontrando-se em condições ambientais normais sob a forma gasosa¹. É solúvel na água, incolor e apresenta um odor pungente e bastante característico sendo, na forma gasosa, inflamável e podendo formar com o ar misturas explosivas²⁻³. A sua elevada reactividade resulta da presença de uma ligação dupla polarizada entre o átomo de carbono e o de oxigénio, enquanto a sua elevada pressão de vapor (516 KPa) explica a sua grande volatilidade⁴.

No que concerne à presença no ambiente, o formaldeído pode ter origem em fenómenos naturais ou em actividades antropogénicas, partilhando com o acetaldeído o lugar de aldeído mais abundante na atmosfera^{2,5-6}. Assim, poderá estar presente no ambiente devido a reacções fotoquímicas, mas também devido às emissões dos veículos automóveis ou outras fontes de combustão antropogénicas⁷.

As centrais eléctricas que utilizam combustíveis fósseis, as incineradoras de resíduos urbanos e a combustão de resíduos de floresta contribuem também para a presença ambiental deste agente químico. As emissões directas, decorrentes da produção e utilização de formaldeído são, ainda, fontes antropogénicas a considerar⁴.

Por outro lado, a fotólise (dissociação de moléculas orgânicas complexas por efeito da radiação electromagnética) e a reacção com radicais HO^- representam os principais processos de remoção do formaldeído da atmosfera⁸.

Contribuem ainda para esta remoção as reacções com o ozono (O_3), com o trióxido de azoto (NO_3) e com o oxigénio (O), bem como os processos de deposição seca e húmida⁵.

Esta última assume um papel de grande relevância, dada a elevada solubilidade do formaldeído. Em meio aquoso, o formaldeído reage e forma o gem-diol⁸. Posteriormente, o ataque de radicais HO^- ao gem-diol pode produzir ácido fórmico, contribuindo de forma significativa para a acidez da chuva e acidificação de lagos⁵.

Desde 1889 que o formaldeído tem vindo a ser produzido para comercialização através da oxidação catalítica do metanol⁹⁻¹⁰.

A produção e a utilização de formaldeído têm vindo a aumentar em todo o mundo, com particular destaque para o Continente Europeu, onde se constata um aumento de 50% desde 1983 até 2000¹⁰. Um outro exemplo a registar diz respeito à China, onde a produção tem vindo a aumentar consideravelmente, situando-se, em 2007, na ordem de 7,5 mil toneladas anuais¹¹.

A produção de formaldeído parece, aliás, estar relacionada com o desenvolvimento económico dos países e regiões, podendo constatar-se uma maior produção nos Estados Unidos, Continente Europeu, China e Japão¹⁰.

Na Austrália, dados facultados pelos produtores de formaldeído apontam para 50 mil toneladas como a quantidade produzida anualmente. Devido a isso, desde de 2003 que o formaldeído faz parte da lista Australiana de produtos químicos de elevado volume existentes no país⁹.

A vasta utilização deste produto, essencialmente devida à sua elevada reactividade, ausência de cor, à sua pureza no

formato comercial e, ainda, ao seu baixo custo, coloca-o entre as 25 substâncias químicas mais abundantemente produzidas no mundo¹²⁻¹³.

Na Suíça, por exemplo, de acordo com o Registo de Produtos Suíços e Alemães, existem cerca de 4 mil produtos que contêm formaldeído na sua composição¹⁴.

No Canadá, aproximadamente 92% do consumo situa-se na produção de resinas à base de formaldeído e na síntese de outros produtos químicos, enquanto a produção de fertilizantes e a utilização como desinfectante representam, respectivamente, 6% e 2% do total⁶. A Austrália apresentava, em 2006, a mesma distribuição no consumo, sendo igualmente a actividade de produção de resinas a responsável pelo maior consumo⁹. Em França, nos anos 90, o consumo anual de formaldeído rondava as 100 mil toneladas¹⁵.

Podendo ser comercializado na fase sólida (paraformaldeído) e como trioxano ($(\text{CH}_2\text{O})_3$), o formaldeído é normalmente utilizado e armazenado em solução aquosa de 30% a 50% que, habitualmente, contém como agente estabilizador (para evitar a polimerização) o metanol, com uma concentração que pode ser superior a 15%. Pode apresentar várias designações, dependendo da área de actividade onde é utilizado, nomeadamente as de formol, aldeído fórmico, formalina, metanol, óxido de metileno, entre outras^{10,13-14}.

A sua utilização ocorre em diversas áreas de actividade, designadamente na produção de fertilizantes, papel, madeira compensada e resinas, açúcar e cosméticos, na agricultura como conservante de grãos e sementes e na produção de fertilizantes, na indústria da borracha, na preservação da madeira e na produção de filmes fotográficos^{9,14}.

O formaldeído está envolvido na produção de vários tipos de resinas, como as amínicas, que apresentam uma grande utilização em contexto industrial e que se obtêm através da sua condensação com aminas, como a ureia e a melamina¹⁶.

As resinas amínicas são utilizadas na indústria papelreira, nomeadamente as resinas de melamina-formaldeído, para se adicionarem à pasta a fim de melhorar a resistência e a firmeza das fibras durante o processo de laminação. Aplicam-se, igualmente, como agentes de recobrimento do papel celofane. As resinas de ureia e melamina fazem parte dos aditivos de acabamento do papel com o objectivo de melhorar a sua resistência mecânica¹⁷.

A produção das resinas de poliacetato igualmente requer a participação de formaldeído. Este tipo de resinas engloba as constituídas por homopolímeros do formaldeído ou copolímeros, como o óxido de etileno e 1,3 dioxalano. Pelas suas características de alta dureza, estabilidade química e resistência ao impacto e abrasão, utilizam-se numa variedade de produtos, como ferramentas, máquinas de embalar alimentos, válvulas, bombas, esquentadores entre outros^{9,18}.

As resinas de polivinil formol resultam da reacção do formaldeído com álcoois. O composto final obtém-se pela reacção da resina com ácido acético, água e formaldeído, utilizando-se ácido sulfúrico como catalizador. Utilizam-se para a fabricação de adesivos e como aditivo na indústria papelreira^{9,18}.

Na produção de resinas fenólicas, utiliza-se fenol e formaldeído

e adicionam-se diferentes catalisadores, dependentes das características pretendidas na resina. Utilizam-se como adesivos de materiais de abrasão^{9,19}.

Todos estes tipos de resinas (de ureia, melamina, fenólicas e de polivinil-formol) por si ou combinadas com plastificantes, estabilizantes, endurecedores, agentes secantes, entre outros, constituem também adesivos utilizados em numerosas aplicações^{9,17}.

Na metalurgia, as resinas de ureia-formaldeído e fenólicas utilizam-se como aglomerantes de areias utilizadas como moldes em fundições metalúrgicas. O procedimento consiste na mistura de resina e areia, a formação do molde e a secagem do mesmo. A elevada temperatura do metal decompõe parcialmente a resina produzindo fortes emissões de diversos produtos, nomeadamente formaldeído^{9,18,20}.

A indústria da transformação da madeira é a actividade mais importante da utilização industrial do formaldeído. Na produção de aglomerados, contraplacados, laminados, móveis e adesivos de união, utilizam-se resinas que têm na sua constituição concentrações diferentes de formaldeído²¹⁻²².

Na produção de plástico, o formaldeído pode representar uma substância residual de polímeros termoendurecíveis ou um produto da degradação termo-oxidativa de polímeros termoplásticos²³⁻²⁴. No campo dos termoendurecíveis, por exemplo, a baquelite é obtida pela condensação do fenol com o formaldeído, tratando-se do polímero mais antigo de uso industrial (desde 1909) e muito utilizado no fabrico de objectos moldados^{18,25}.

Na produção de adubos, o formaldeído é usado em combinação com a ureia para produzir fertilizantes cuja velocidade de solubilização é lenta e controlada. Trata-se de adubos mais dispendiosos que os fertilizantes nitrogenados convencionais, pelo que a sua utilização é mais restrita, sendo normalmente aplicados em parques, jardins, campos de desporto e aplicações domésticas^{17,26}.

O formaldeído tem também aplicação na construção civil sob a forma de espumas de revestimento de ureia-formol, as quais constituem um dos sistemas mais utilizados para o revestimento das edificações. Recentemente foram desenvolvidos revestimentos constituídos por espumas fenólicas, muito utilizadas na compactação de fibras de vidro e lã mineral e que apresentam baixos coeficientes de transmissão de calor e elevada resistência ao fogo. O formaldeído está igualmente presente na maior parte dos materiais de revestimento e acabamentos interiores^{9,18}.

No acabamento de têxteis, o formaldeído é um constituinte da maioria das resinas utilizadas. Estas reagem com as fibras de celulose, alterando as suas propriedades físicas e propiciando uma mudança na rigidez e elasticidade, o que permite, por um lado, a manutenção de pregas permanentes e, por outro, evita em parte a formação de rugas durante as acções de lavagem e utilização^{9,16,27}.

No tratamento das tintas, o formaldeído permite melhorar a capacidade de fixação das mesmas. Alguns dos aditivos aplicados, com acção bactericida, também podem conter concentrações diversificadas de formaldeído^{16,28}.

Na agricultura, o formaldeído é utilizado como conservante

de sementes e na conservação de tubérculos e frutas, enquanto soluções deste produto, são utilizadas frequentemente como desinfectantes para eliminar ou limitar actuações microbiológicas nas indústrias do açúcar, cerveja, além das de fabrico de calçado e de peles^{16,29}.

Uma grande diversidade de produtos de limpeza contém concentrações variáveis de formaldeído na sua composição. Esta situação está, entretanto, a ser actualmente alterada em virtude de normas internacionais que restringem a utilização deste agente químico (e de outros) na composição de produtos de limpeza^{9,30}.

O formaldeído desempenha um papel importante no fabrico de produtos fitofarmacêuticos fazendo parte da composição de vários preparados, designadamente bactericidas e fungicidas.

Em França, por exemplo, existem cerca de 100 produtos diferentes com esta função, contendo formaldeído como substância activa^{16,26}.

Pelas suas propriedades bactericidas, o formaldeído é utilizado como aditivo em produtos cosméticos como dentífricos, champôs, sabonetes, geles de banho e tintas para cabelo, entre outros⁹. E igualmente, embora de forma menos frequente, soluções de formaldeído continuam a ser aplicadas na desinfecção de equipamentos e espaços hospitalares^{10,31}.

O formaldeído intervém ainda na produção de polimetilpolifenil-isocianato (PMDI), produto empregue de forma significativa na fabricação de poliuretanos, que se obtêm através da reacção da anilina com formaldeído na presença de ácido clorídrico e posterior aplicação de fosgénio^{18,25}.

No que concerne à utilização de formaldeído como agente de revelação, não se têm verificado evoluções significativas devido à sua escassa selectividade. Tem algumas aplicações na produção de líquidos de revelação derivados da hidroquinona e na produção de películas para cinematografia, dado que melhora a sua resistência mecânica e ignífuga e actua como endurecedor de películas antes do tratamento com prata. Contribui, ainda, para a redução do tempo implicado no processo de revelação, por virtude de produzir hexamina ao condensar-se com o amoníaco^{9,18}.

A utilização do formaldeído como conservante e desinfectante na embalsamação de cadáveres e na conservação e fixação de tecidos em hospitais e laboratórios é sobejamente conhecida.

No caso específico do embalsamamento, os fluídos comumente empregues são constituídos ou apenas por formaldeído ou por uma mistura deste com outros produtos, como o álcool, a glicerina e o fenol, que facilitam a penetração e aumentam a sua acção conservante^{9,10,32-33}.

Nos laboratórios hospitalares de anatomia patológica utiliza-se formaldeído em solução, designado comumente por formol. Trata-se de uma solução comercial de formaldeído a 37% que, posteriormente, é sujeita a uma nova diluição de 10%. Este produto é utilizado como fixador ou conservante, em que o material biológico é mergulhado, mantendo-se conservado^{9,34}.

Trata-se de um fixador barato e bastante eficiente e, por

esse motivo, o eleito para os trabalhos de rotina em anatomia patológica^{16,35}. É um bom desinfectante e não provoca o endurecimento excessivo dos tecidos, revelando-se um óptimo meio para conservar e armazenar biópsias e peças cirúrgicas³⁴.

No que concerne aos efeitos para a saúde, e mais especificamente aos efeitos cancerígenos, os primeiros indícios de carcinogenicidade do formaldeído foram tornados públicos pelo Chemical Industry Institute of Toxicology (CIIT), dos Estados Unidos, em 1978, relatando o desenvolvimento de cancro nasal em ratos laboratorialmente expostos a esta substância³⁶. A primeira avaliação efectuada pela International Agency for Research on Cancer (IARC) data de 1981, actualizada em 1982, 1987, 1995 e 2004, considerando-o como um agente cancerígeno do grupo 2A (provavelmente carcinogénico). Entretanto, a mais recente avaliação, em 2006, considera o formaldeído no Grupo 1 (agente carcinogénico), com base na evidência de que a exposição a formaldeído é susceptível de causar cancro nasofaríngeo em humanos^{10,14,37}.

Outros estudos sugerem uma possível associação entre a exposição a formaldeído e um aumento da mortalidade por leucemia^{11,38-39}. No entanto, o metabolismo do formaldeído, demonstrado em vários estudos experimentais, conduz à sua rápida eliminação sem que se registem concentrações elevadas no sangue, não existindo, face aos conhecimentos actuais, explicação para a ocorrência desta patologia^{10,40}.

Dada a importância da sua produção e utilização a nível económico existem muitas pessoas expostas profissionalmente a este agente químico, verificando-se a exposição quer na produção directa de formaldeído quer na sua utilização como matéria-prima em diversas áreas de actividade¹¹.

Não existem, em Portugal, dados sistematizados e publicados referentes à exposição a formaldeído nas diferentes áreas de actividade em que o mesmo é utilizado, designadamente o número de trabalhadores expostos e níveis de exposição.

Contudo, e considerando as suas diversas aplicações, pode referir-se a existência de exposição profissional a formaldeído em actividades diversas, como a produção de formaldeído e resinas, a indústria do papel, a produção de laminados e de plásticos, a indústria têxtil, a construção civil e em serviços de saúde.

Em 1998, o International Information System on Occupational Exposure to Carcinogens (CAREX), desenvolvido pelo Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional, apresentou dados referentes ao número de trabalhadores expostos a agentes cancerígenos em vários países da Comunidade Europeia, entre os quais Portugal. Assim, foi estimado o número de trabalhadores expostos a formaldeído em Portugal, tendo sido obtido o valor de 36.000 para o número total de trabalhadores expostos no período de 1990-1993, sendo considerado o nono agente químico no que diz respeito ao número de trabalhadores expostos. O mesmo estudo disponibilizou também uma estimativa do número de indivíduos expostos a este agente químico por área de actividade (Tabela 1)⁴¹.

Tabela 1: Estimativa de trabalhadores expostos a formaldeído por área de actividade

Área de actividade	Estimativa
Produção de petróleo e gás natural	24
Produção industrial de bebidas	170
Indústria têxtil	2 994
Produção de vestuário (excepto calçado)	16 104
Transformação de madeira e derivados	5 556
Produção de mobiliário	9 011
Produção de papel e derivados	93
Indústria química	135
Produção de produtos plásticos	151
Produção de outros produtos minerais não-metálicos	141
Industria do ferro e aço	406
Indústria de metal não-ferroso	36
Fabrico de produtos metálicos	133
Fabrico de maquinaria (excepto eléctrica)	40
Construção civil	561
Educação e investigação	47
Saúde	205
Serviços domésticos	43

Adaptado de Kauppinen et al., 1998. Cf. Ref. Bibliográfica nº 41 (adaptação).

As áreas de actividade da produção de vestuário e mobiliário, transformação da madeira e indústria têxtil foram as que apresentaram um maior número de trabalhadores expostos⁴¹.

São dados que falam da dimensão de trabalhadores em áreas de actividade em que reconhecidamente se regista exposição profissional ao formaldeído. Contudo, são desconhecidos aspectos referentes à proporção de indivíduos expostos e os níveis de exposição.

No que concerne à monitorização ambiental deste agente químico, novos métodos de monitorização ambiental que envolvem a medição da concentração do agente químico no ar ambiente por equipamentos de leitura directa (ppb/segundo) têm sido recentemente desenvolvidos. Estes equipamentos têm sofrido várias evoluções, tornando-se cada vez mais sensíveis e específicos para diversos agentes químicos. Permitem uma acção menos dispendiosa do que os necessários para os referidos métodos de amostragem, dado evitarem, a jusante, o processamento analítico das amostras em laboratório. Outra vantagem importante reside no facto de possibilitarem a detecção das alterações na concentração ao longo do tempo que se processe no desenrolar de uma actividade⁴²⁻⁴³. A utilização destes equipamentos apresenta particular relevância quando se pretende monitorizar agentes químicos cujos níveis de referência são para exposições pontuais (VLE-Concentração Máxima), como é o caso do formaldeído. Tal deve-se ao facto de este equipamento facilitar a medição, uma vez que permite identificar os momentos em que ocorrem as exposições

Tabela 2: Resultados da monitorização ambiental

Unidade Industrial	Intervalo de concentrações (ppm)	Actividade/Duração usual
Produção de formaldeído	0,001 - 0,02	Recolha de amostras dos tanques de formaldeído no exterior/ 1 minuto.
Produção de resinas	0,007 - 1,09	Recolha de amostras dos reactores no interior da unidade industrial/1 a 2 minutos.
Impregnação de papel	0,003 - 1,04	Operação da máquina de impregnação do papel – Intervenção no balseiro/1 minuto.
Produção têxtil (alcatifas)	0,006 - 0,02	Operação da máquina de impregnação têxtil/8 horas
Produção de laminados	0,002 - 0,03	Preparação de conjuntos de laminados/8 horas
Produção de componentes plásticos para a indústria automóvel	0,002 - 0,012	Recolha de componentes plásticos após termoformação/8 horas.
Laboratório hospitalar de anatomia patológica	0,05 - 5,02	Exame macroscópico realizado em mesa de macroscopia/5 min. a 3 horas dependendo da dimensão da peça a analisar.

mais elevadas, eliminando a dificuldade que a maior parte dos métodos analíticos apresentam ao necessitarem de períodos de colheita superiores a 15 minutos⁴⁴.

O presente estudo, de natureza exploratória, desenvolveu-se com o objectivo essencial de obter alguma informação sobre a realidade da exposição profissional a formaldeído em Portugal.

Pretendeu-se igualmente conhecer a adequabilidade de uma nova metodologia de monitorização ambiental ao estudo da exposição ocupacional a formaldeído.

Metodologia

Foram realizadas várias medições das concentrações de formaldeído em 7 unidades industriais e num laboratório hospitalar de anatomia patológica. O grupo das unidades industriais foi constituído por uma unidade de produção de formaldeído, uma de produção de resinas à base de formaldeído, uma de impregnação de papel com resinas, uma de produção têxtil (alcatifas), uma de produção de laminados e, ainda, uma de produção de componentes de automóvel. A selecção destas unidades baseou-se em relatos de várias organizações que as referenciam como áreas de actividade que envolveriam exposição a formaldeído^{9-10,16}.

As avaliações ambientais das concentrações de formaldeído nos locais de trabalho foram concretizadas com recurso a um equipamento de leitura directa que realiza a medição por *Photo Ionization Detection* (PID), com uma lâmpada de 11,7 eV. Estes equipamentos utilizam a luz ultravioleta para ionizar as moléculas de gás que passam pela câmara de fluxo do detector, onde são bombardeadas por raios de luzes ultravioletas. Quando são atingidas pelos raios, as moléculas libertam iões, os quais são atraídos por eléctrodos que amplificam a carga iónica, criando uma corrente eléctrica. Através da medição da corrente produzida, determina-se o

agente químico e a sua concentração.

O equipamento foi colocado próximo do aparelho respiratório dos trabalhadores, durante a execução das tarefas estudadas, visto ser esta a via de penetração preferencial do agente químico em estudo no organismo e o registo das concentrações de formaldeído no ar foi realizado em cada segundo que envolveu o período de medição.

A medição teve a duração da execução normal de cada tarefa, sendo seleccionadas previamente aquelas que envolveriam um maior contacto com o formaldeído. Previamente a cada medição, procedeu-se à calibração do equipamento. Os resultados obtidos foram, posteriormente, comparados com o valor de referência para a concentração máxima (VLE-CM de 0,3 ppm) estabelecido pela Norma Portuguesa 1796:2007.

Resultados

Foram obtidos os valores mais elevados de concentração em cada contexto ocupacional e descrita a actividade que estaria a ser desenvolvida no momento em que se obteve esse valor (Tabela 2).

No laboratório de anatomia patológica estudado foram registados valores de concentração superiores ao valor-limite de referência (0,3 ppm). Igualmente nas unidades industriais de produção de resinas e de impregnação de papel foram registados valores de concentração máxima superiores a 0,3 ppm.

Discussão

No laboratório de anatomia patológica foram detectados os valores mais elevados de concentração máxima de formaldeído no ambiente (5,02 ppm). São resultados concordantes com os referidos em outros estudos que identificaram

exposições de curta duração com elevados níveis de concentração de formaldeído (iguais ou superiores a 3 ppm) associadas a actividades como o embalsamamento e a anatomia patológica^{3,10-11,35,45-46}. De referir, ainda e a propósito, que a actividade que envolveu a exposição máxima (exame macroscópico) se realiza diariamente e de forma frequente.

São dados cuja importância mais se realça se se tiver em conta, por exemplo, que, segundo dados mais recentes da Direcção-Geral da Saúde, no ano de 2004 existiam em Portugal 41 Unidades Hospitalares do sector público com laboratórios de anatomia patológica, implicando nesta exposição várias centenas de trabalhadores⁴⁷.

No que concerne aos resultados obtidos na unidade de produção de resinas, estes revelaram-se superiores aos determinados em outros estudos desenvolvidos na mesma área de actividade⁹. Embora considerada como uma área de actividade onde a exposição ocorre, a tecnologia usualmente disponível permite que a maioria dos processos produtivos seja realizada de forma automatizada, ocorrendo diminutas intervenções directas por parte dos operadores e acarretando, por isso, exposições pouco significativas¹⁰⁻¹¹. Na unidade estudada, a actividade em que se identificaram picos de concentração elevados (1,09 ppm) é realizada recorrendo ainda a meios rudimentares de recolha de amostras do reactor para proceder à verificação do pH. É uma situação que se observou igualmente numa investigação desenvolvida no Canadá, em empresas da mesma área de actividade, no desenrolar da mesma tarefa e fazendo uso da mesma tecnologia rudimentar¹⁹. Em Portugal existem apenas 2 unidades industriais de produção de resinas nas quais laboram cerca de 500 trabalhadores no total.

Na unidade de impregnação de papel, o valor de concentração elevado obtido (1,04 ppm) deveu-se à necessidade de uma intervenção do trabalhador, no balseiro, por se ter registado, na altura, uma anomalia de funcionamento da máquina de impregnação. Considerando que é no balseiro que as resinas se mantêm no estado líquido, logo mais volatilizáveis, é natural que a exposição se tenha intensificado durante esta actividade específica. Assim, e segundo os dados obtidos, os resultados elevados da concentração deveram-se a uma situação pontual e a existência de um programa de manutenção preventiva poderá contribuir para eliminar esta exposição.

Para além do objectivo exploratório de conhecimento de alguma realidade da exposição profissional a formaldeído, em Portugal, o estudo desenvolvido pretendeu, de igual modo, incrementar a prática de recurso a um tipo específico de medição (uso de equipamento de leitura directa que realiza a medição por PID para obtenção dos valores de concentração máxima) e do domínio da inerente metodologia de avaliação da exposição.

Trata-se de um tipo de equipamento que, testado em estudos diversos, permitiu resultados válidos e fidedignos, comparáveis com os obtidos em métodos que envolvem processamento analítico laboratorial. Por exemplo, num estudo que pretendeu comparar os resultados obtidos com

um equipamento PID e com um método que envolvia a recolha de amostras por adsorção e posterior análise por cromatografia gasosa, para avaliar a exposição profissional a solventes, evidenciou que os resultados obtidos pelos dois métodos eram correlacionáveis, sendo possível inclusive identificar a proporção de cada agente químico num ambiente que apresentava mistura de poluentes⁴⁸.

O facto dos efeitos para a saúde decorrentes da exposição a formaldeído parecerem estar mais relacionados com a concentração do agente químico do que com a duração da exposição reforça a importância do estudo das concentrações de pico, tratando-se de informação indispensável para a caracterização do risco e apenas possível de obter através do recurso a este tipo de equipamento^{10,49}.

Referências bibliográficas

1. International Programme on Chemical Safety. Formaldehyde: OECD SIDS. Paris: UNEP Publications; 2004.
2. International Programme on Chemical Safety. Formaldehyde health and safety guide. Geneva: WHO; 1991 [cited 2007 Nov 21];57. Available from: www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc89.htm
3. Goyer N. Exposition au formaldéhyde en milieu de travail: la pathologie [Exposure to formaldehyde in the workplace: pathology laboratory]. Montréal: Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail; 2007. French
4. Naya M, Nakanishi J. Risk assessment of formaldehyde for the general population in Japan. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2005 Dec;43(3):232-48.
5. Pereira PA, Andrade MV, Andrade JB, Pinheiro HL. Compostos carbonílicos atmosféricos: fontes, reactividade, níveis de concentração e efeitos toxicológicos. *Química Nova*. 2002; 25:1117-31. Portuguese
6. Goyer N, Bégin D, Beaudry C, Bouchard M, Carrier G, Lavoué J, et al. Prevention guide: formaldehyde in the workplace. Montréal: Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail; 2006.
7. Granby K, Christensen CS, Lohse C. Urban and semi-rural observations of carboxylic acids and carbonyls. *Atmos Environ*. 1997 May;31(10):1403-15.
8. Odabasi M, Seyfioglu R. Phase partitioning of atmospheric formaldehyde in a suburban atmosphere. *Atmos Environ*. 2005 Sep;39(28):5149-56.
9. National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme. Formaldehyde. Sydney, Australia: NICNAS; 2006.
10. International Agency for Research on Cancer. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxy-2-propanol. Lyon: IARC; 2006.
11. Zhang L, Steinmaus C, Eastmond DA, Xin XK, Smoth MT. Formaldehyde exposure and leukemia: a new meta-analysis and potential mechanisms. *Mutat Res*. 2009 Mar-Jun; 681(2-3):150-68.
12. National Institute for Occupational Safety and Health. Formaldehyde: evidence of carcinogenicity. Cincinnati, OH: NIOSH; 1981 [cited 2006 Jul 17]. Available from: http://www.cdc.gov/niosh/81111_34.html

13. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Formaldehyde sampling of FEMA temporary-housing trailers. Atlanta, GE: ATSDR;2007.
14. von Schulte H, Bernauer U, Madle S, Mielke H, Herbst U, Richter-Reichhelm HB, et al. Assessment of the carcinogenicity of formaldehyde (CAS No. 50-00-00). Berlin: Bundesinstitut für Risikobewertung; 2006.
15. Institut National de Recherche Scientifique. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses de l'ACGIH aux Etats-Unis et de la Commission MAK en Allemagne. Cahiers de Notes Documentaires. 1996;163: 197-227. French
16. Vincent R, Jeandel B. Exposition professionnelle au formaldéhyde en France: informations fournies par la base de données Colchic. Hygiène et sécurité du travail. 2006; (203):19-33. French
17. Perrault G, Goyer N, Hébert F, Duguay P, Ostiguy C, Truchon G, et al. Étude préliminaire sur l'évaluation de l'impact d'un abaissement des valeurs d'exposition admissibles pour le formaldéhyde [Pilot study of the impact of the lowering of formaldehyde's permissible exposure limits]. Montréal: Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail; 2001. French
18. González-Ferradás E. Formaldehído: toxicología e impacto ambiental. Madrid: Fundación MAPFRE; 1986.
19. Goyer N, Beaudry C, Bégin D, Bouchard M, Buissonet S, Carrier G, et al. Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde: industries de fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde [Impacts of the lowering of the permissible exposure value for formaldehyde: formaldehyde and formaldehyde-based resin manufacturing industries]. Montréal: Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail; 2004. French
20. Goyer N, Beaudry C, Bégin D, Bouchard M, Carrier G, Gely O, et al. Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde: fonderies [Impacts of the lowering of the permissible exposure value for formaldehyde: smelters]. Montréal: Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail; 2004. French
21. Goyer N, Beaudry C, Bégin D, Bouchard M, Buissonet S, Carrier G, et al. Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde: industries de la fabrication de panneaux agglomérés. Montréal: Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail; 2004. French
22. Vaughan T, Stewart P, Teschke K, Lynch C, Swanson G, Lyon J, et al. Occupational exposure to formaldehyde and wood dust and nasopharyngeal carcinoma. Occup Environ Med. 2000 Jun;57(6):376-84.
23. Goyer N, Beaudry C, Bégin D, Bouchard M, Buissonet S, Carrier G, et al. Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde: transformation de matières plastiques [Impacts of the lowering of the permissible exposure value for formaldehyde: plastic materials processing industry]. Montréal: Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail; 2004. French
24. Marsh GM, Stone RA, Esmen NA, Henderson VL, Lee KY. Mortality among chemical workers in a factory where formaldehyde was used. Occup Environ Med. 1996 Sep; 53(9):613-27.
25. U. S. Environmental Protection Agency. Locating and estimating air emissions from sources of formaldehyde (revised) [Internet]. EPA; 1991 [cited 2008 Dec 2]. Available from: <http://www.epa.gov/ttn/chief/le/formal.pdf>
26. U.S. Environmental Protection Agency. Reregistration eligibility decision for formaldehyde and paraformaldehyde [Internet]. EPA; 2008 [cited 2008 Dec 3]. Available from: <http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/REDS/formaldehyde-red.pdf>
27. Goyer N, Bégin D, Bouchard M, Buissonet S, Carrier G, Gely O, et al. Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde: industrie de finition textile [Impacts of the lowering of the permissible exposure value for formaldehyde: textile finishing industry]. Montréal: Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail, 2004. French
28. Gilbert N. Proposed residential indoor air quality guidelines for formaldehyde [Internet]. Health Canada; 2005. Available from: http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/air/formaldehyde/in-formaldehyde-eng.pdf
29. Institut National de Recherche et de Sécurité pour la Prévention des Accidents du Travail et des Maladies Professionnelles. Fiche toxicologique: aldéhyde formique et solutions aqueuses (FT n° 7). Paris: INRS; 2006.
30. Nazaroff WW, Coleman BK, Destailhats H, Hodgson AT, Lunden MM, Singer BC, et al.. Indoor air chemistry: cleaning agents, ozone and toxic air contaminants [Internet]. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory of the Indoor Environment Department; 2006. Available from: http://www.arb.ca.gov/research/apr/past/01-336_a.pdf
31. Maison A, Pasquier E. Le point des connaissances sur le formaldéhyde. 3^e éd. Paris: Institut National de Recherche et de Sécurité pour la Prévention des Accidents du Travail et des Maladies Professionnelles; 2008.
32. Richards R, Dupont D, Larivière P. Formaldéhyde: guide de prévention. Montréal: Association pour la Santé et la Sécurité du Travail, Secteur des Affaires Sociales; 1990.
33. Hayes AW. Principles and methods of toxicology. 4th ed. London: Informa Healthcare; 2001.
34. Moral R. Laboratorio de anatomía patológica. Madrid: McGraw-Hill; 1993.
35. Ghasemkhani M, Jahanpeyma F, Azam K. Formaldehyde exposure in some educational hospitals of Tehran. Ind Health. 2005 Oct;43(4):703-7.
36. International Agency for Research on Cancer. Summary of IARC monographs on formaldehyde and glycol ethers. Paris: IARC; 2005.
37. Binetti R, Costamagna FM, Marcello I. Development of carcinogenicity classifications and evaluations: the case of formaldehyde. Ann Ist Super Sanita. 2006;42(2):132-43.
38. Coggon D, Harris EC, Poole J, Palmer KT. Extended follow-up of a cohort of british chemical workers exposed to formaldehyde. J Natl Cancer Inst. 2003 Nov;95(21): 1608-15.

39. Hauptmann M, Lubin JH, Stewart PA, Hayes RB, Blair A. Mortality from lymphohematopoietic malignancies among workers in formaldehyde industries. *J Natl Cancer Inst.* 2003 Nov;95(21):1615-23.
40. Vargová M, Wagnerová J, Lísková A, Jakubovsky J, Gajdová M, Stolcová E, et al. Subacute immunotoxicity study of formaldehyde in male rats. *Drug Chem Toxicol.* 1993; 16(3):255-75.
41. Kauppinen T, Toikkanen J, Pedersen D, Young R, Kogevinas M. Occupational exposure to carcinogens in Portugal in 1990-93: preliminary results. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health; 1998.
42. Herber R, Duffus JH, Christensen JM, Olsen E, Park MV. Risk assessment for occupational exposure to chemicals: a review of current methodology. *Pure Appl Chem.* 2001; 73(6):993-1031.
43. Viegas S, Prista J. Estudo da exposição ocupacional a formaldeído num laboratório de anatomia patológica: relevância da aplicação de uma metodologia (PID) de monitorização ambiental [Study of occupational exposure to formaldehyde in a pathology laboratory: relevance of applying a methodology (PID) for environmental monitoring]. *Saúde e Trabalho.* 2009;7:13-23. Portuguese
44. Poirot P, Subra I, Gérardin F, Baudin V, Grossmann S, Héry M. Determination of short-term exposure with a direct reading photoionization detector. *Ann Occup Hyg.* 2004 Jan;48(1):75-84.
45. Burgaz S, Erdem O, Cakmak G, Erdem N, Karakaya A, Karakaya AE. Cytogenetic analysis of buccal cells from shoeworkers and pathology and anatomy laboratory workers exposed to *n*-hexane, toluene, methyl ethyl ketone and formaldehyde. *Biomarkers.* 2002;7(2):151-61.
46. Pilidis GA, Karakitsios SP, Kassomenos PA, Kazos EA, Stalikas CD. Measurements of benzene and formaldehyde in a medium sized urban environment: indoor/outdoor health risk implications on special populations groups. *Environ Monit Assess.* 2009 Mar;150(1-4):285-94.
47. Adriano A, Palma J, Sousa M. Satisfação profissional dos técnicos de anatomia patológica, citológica e tanatológica. 2005. Located at: Licenciatura de Anatomia Patológica, Citológica e Tanatológica, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa. Portuguese
48. Coy JD, Bigelow PL, Buchan RM, Tessari JD, Parnell JO. Field evaluation of a portable photoionization detector for assessing exposure to solvent mixtures. *AIHA J.* 2000 Mar-Apr;61(2):268-74.
49. Pyatt D, Natelson E, Golden R. Is inhalation exposure to formaldehyde a biologically plausible cause of lymphohematopoietic malignancies? *Regul Toxicol Pharmacol.* 2008 Jun;51(1):119-33.

Artigo recebido em 10.11.2009 e aprovado em 01.02.2010.