U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2020/2021

ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO RISCO DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO FORMALDEÍDO

Andreia Raquel Coelho da Costa

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Orientador académico: Mónica Sofia Freitas dos Santos

(Investigador Doutorado de Nível Inicial do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia)

Coorientador académico: Maria Arminda Costa Alves

(Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador na empresa: Sara Ramos

Junho, 2021

"O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que elas acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis."

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Fruto de muito trabalho, finalizo uma etapa muito importante da minha vida agradecendo a todos, do fundo do coração, que me ajudaram e apoiaram nesta jornada e contribuíram para a realização desta dissertação.

Agradeço a todos os profissionais de Anatomia Patológica do Centro Hospitalar Universitário de São João que aceitaram participar neste projeto pois sem eles não poderia ter concretizado os meus objetivos. À minha orientadora na empresa Doutora Sara Ramos por toda a sua paciência, ensinamentos, conselhos e ajuda.

À minha orientadora Doutora Mónica Santos pela excelente orientação prestada, incansável aconselhamento, total disponibilidade, interesse, apoio e auxílio durante toda a elaboração desta dissertação.

À minha coorientadora Professora Arminda Alves pelo acompanhamento deste trabalho.

A Doutora Mónica Santos e a Professora Arminda Alves são membros integrados do LEPABE – Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia, financiado por: Financiamento Base - UIDB/00511/2020 da Unidade de Investigação - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia – LEPABE - financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

Um agradecimento muito especial à minha família, pais e namorado pelo incansável acompanhamento, incentivo e apoio constantes, sem os quais este trabalho não seria concluído.

FCT
Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

REPÚBLICA PORTUGUESA

RESUMO

O Formaldeído é um dos compostos químicos mais utilizados em todo o mundo. Possui uma ampla aplicação em diversas atividades, mas a exposição humana a este composto assume particular importância a nível industrial e no setor da saúde, onde é imensamente utilizado. É um composto orgânico volátil e foi classificado recentemente pela International Agency for Research on Cancer (IARC) como agente carcinogénico para o Homem, com base em estudos epidemiológicos de populações ocupacionalmente expostas. Por ser altamente reativo, o formaldeído provoca irritação local e toxicidade aguda e crónica após contato direto com os órgãos ou tecidos afetados. Os sintomas mais comuns face à sua exposição incluem a irritação de olhos, nariz, garganta, cavidade nasal e lacrimejamento.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o grau de exposição dos profissionais de saúde, dos vários locais do Centro Hospitalar Universitário de São João, onde é manipulado o formaldeído, e fazer uma avaliação de risco ocupacional a este composto químico. O conhecimento dos níveis a que os profissionais estão expostos e a avaliação de risco para um dia de trabalho, permitirá propor medidas de proteção em caso de risco, e ao mesmo tempo, manter um histórico dos valores para futuras avaliações. Neste contexto, desenvolveu-se este trabalho no âmbito de uma tese de mestrado e dentro do protocolo do Serviço de Saúde Ocupacional do Centro Hospitalar Universitário de São João para monitorização de formaldeído, envolvendo amostragens em dois locais distintos: sala de macroscopia e unidade de autópsias. No total estiveram envolvidos 11 profissionais de saúde, 7 na sala de macroscopia e 4 na unidade de autópsias. Para a medição do formaldeído, na zona de respiração dos trabalhadores, foram utilizadas bombas de amostragem ativa ligadas a tubos de sílica gel impregnados com DNPH. A análise do formaldeído-DNPH foi feita por cromatografia líquida de alta pressão com detetor de fotodíodo após extração do analito do meio de colheita com acetonitrilo.

Na sala de macroscopia, no posto 1 e posto 2, a concentração média de formaldeído obtida foi de 0,066 ppm e 0,036 ppm, respetivamente e na sala de receção de amostras (posto 3), a concentração de formaldeído medida foi de 0,010 ppm. Na sala de unidade de autópsias, no posto 4 (zona de registo) e posto 5 (zona de lavagem), a concentração média de formaldeído obtida foi de 0,014 ppm e 0,096 ppm, respetivamente. De acordo com os resultados obtidos e tendo em conta a diretiva 2004/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho *Carcinogens and Mutagens Directive* (CMD), é possível concluir que todos os profissionais de saúde da sala de

macroscopia e unidade de autópsias estão a trabalhar de acordo com os valores limite de exposição legais. No entanto, a avaliação e caracterização do risco ocupacional de acordo com a metodologia descrita pela Direção-Geral da Saúde (DGS) revelou que os trabalhadores estão sob médio risco, pelo que são necessárias verificações regulares da eficácia das medidas de prevenção/controlo e poderão ser necessárias melhorias nas ações preventivas existentes. Relativamente ao cálculo do risco cancerígeno, apenas no posto 5, na lavagem de peças, deu um valor ligeiramente acima do aceitável ($1{,}25 \times 10^{-4}$). Quanto ao risco não cancerígeno, através do cálculo dos quocientes de perigo, foi obtido no posto de trabalho 1 o valor de 1,89, o valor de 1,04 no posto 2 e no posto 5 foi obtido o maior valor de 2,74, o que demonstra que o risco não cancerígeno deu inaceitável nestes locais por serem valores superiores a 1.

ABSTRACT

Formaldehyde is one of the most used chemical compounds worldwide. It has a wide application in various activities, but human exposure to this compound assumes particular importance at the industrial level and in the health sector, where it is widely used. It is a volatile organic compound and was recently classified by the International Agency for Research on Cancer (IARC) as a human carcinogen, based on epidemiological studies of occupationally exposed populations. Being highly reactive, formaldehyde causes local irritation and acute and chronic toxicity after direct contact with affected organs or tissues. The most common symptoms from its exposure include irritation of the eyes, nose, throat, nasal cavity and watery eyes.

The aim of this study was to evaluate the degree of exposure of health professionals in the various locations of the Centro Hospitalar Universitário de São João, where formaldehyde is handled, to this chemical agent, and to estimate the occupational risk assessment. Knowledge on the levels of formaldehyde to which professionals are exposed and a risk assessment for a day's work will allow to evaluate the current working conditions and to implement rules for the protection of healthcare workers, and at the same time, keep a history of values for future assessments. In this context, this work was developed within the scope of a master's thesis and within the protocol of the Occupational Health Service of the Centro Hospitalar Universitário de São João for formaldehyde monitoring, involving sampling in two different locations: macroscopy room and autopsy unit. In total, 11 health professionals were involved, 7 in the macroscopy room and 4 in the autopsy unit. For the measurement of formaldehyde, in the workers' breathing zone, active sampling pumps connected to DNPH-impregnated silica gel tubes were used. The analysis of formaldehyde-DNPH was performed by high pressure liquid chromatography with a photodiode detector after extracting the analyte from the sampling medium with acetonitrile.

In the macroscopy room, in station 1 and station 2, the average formaldehyde concentration obtained was 0.066 ppm and 0.036 ppm, respectively, and in the previous reception room (station 3), the measured formaldehyde concentration was 0.010 ppm. In the autopsy unit room, at station 4 (recording zone) and station 5 (washing zone), the average concentrations of formaldehyde obtained were 0.014 ppm and 0.096 ppm, respectively. According to the results obtained and taking into account the 2004/37/EC directive of the European Parliament and of the Council Carcinogens and Mutagens Directive (CMD), it is possible to conclude that all health professionals in the macroscopy room and autopsy unit were working

in accordance with statutory exposure limit values. However, the assessment and characterization of occupational risk according to the methodology described by *Direção-Geral da Saúde* (DGS) revealed that workers are under medium risk, meaning that regular checks on the effectiveness of prevention/control measures are needed and that improvements of the existing preventive action may be required. Regarding the calculation of the carcinogenic risk, only at station 5, in the washing of pieces, it gave a value slightly above acceptable ($1.25x10^{-4}$). As for the non-cancer risk, by calculating the hazard quotients, the value of 1.89 was obtained in work station 1, the value of 1.04 in station 2 and in station 5 the highest value of 2.74 was obtained, which demonstrates that the carcinogenic risk was unacceptable in these places because they are values greater than 1.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO 12
1.1. Enquadramento do Tema do Trabalho 12
1.2. Apresentação do Trabalho e da Empresa 13
1.3. Contribuições do Trabalho 13
1.4. Organização da Tese 14
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO E ESTADO DA ARTE 15
2.1. O Formaldeído 15
2.2. Efeitos do formaldeído sobre a saúde humana 16
2.3. Legislação 17
2.4. Exposição Ocupacional dos profissionais de saúde ao formaldeído 18
2.5. Avaliação do Risco 30
3. MATERIAIS E MÉTODOS 32
3.1. Padrões e Reagentes 32
3.2. Caraterização dos locais de amostragem 33
3.3. Metodologia de amostragem do ar ocupacional 34
3.4. Processamento da Amostra 35
3.5. Análise do formaldeído-DNPH por UPLC-PDA 36
3.6. Avaliação e caraterização do risco ocupacional de acordo com a metodologia descrita no Guia técnico nº2 da DGS 37
3.7. Avaliação do risco cancerígeno e não cancerígeno através do RAIS 38
3.7.1. Avaliação do risco cancerígeno 38
3.7.2. Avaliação do risco não cancerígeno 39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 40
4.1. Análise quantitativa do formaldeído-DNPH por UPLC-PDA 40
4.1.1. Monitorização do formaldeído na zona de respiração dos profissionais de saúde que operam na macroscopia e unidade de autópsias 41
4.2. Avaliação do contexto de exposição profissional ao formaldeído 42
4.2.1. Na sala de macroscopia 42
4.2.2. Na unidade de autópsias 44
4.3. Avaliação do nível de exposição profissional ao formaldeído na macroscopia e unidade de autópsias 45
4.4. Avaliação do nível do risco profissional por exposição ao formaldeído na macroscopia e unidade de autópsias 46
4.5. Cálculo do risco cancerígeno e não cancerígeno 47

5. CONCLUSÕES 49
6. APRECIAÇÃO FINAL 49
7. TRABALHOS FUTUROS 50
8. REFERÊNCIAS 51
9. ANEXOS 54
9.1. Anexo 1 – Análise do risco profissional (DGS 2018) 54
9.1.1. Matriz de avaliação do contexto de exposição profissional 54
9.1.2. Graduação do contexto de exposição profissional 54
9.1.3. Graduação do nível de exposição profissional 55
9.1.4. Graduação do nível de risco profissional 55
9.1.5. Intervenção em função do nível do risco profissional 56

NOTAÇÃO E GLOSSÁRIO

Abreviaturas

ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CHUSJ	Centro Hospitalar Universitário de São João
CMD	Carcinogens and Mutagens Directive
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
2,4-DNPH	2,4-dinitrofenilhidrazona
DGS	Direção Geral da Sáude
DSD	Diffusive Sampling Device
DVB/PDMS	Divinilbenzeno /polidimetilsiloxano
EC	Regulamento Europeu
ECHA	European Chemicals Agency
FID	Flame Ionization Detector (Detetor de ionização de chama)
GC	Gas chromatography (Cromatografia gasosa)
GHS	Sistema Globalmente Harmonizado
HPLC	High performance liquid chromatography
IARC	International Agency for Research on Cancer
IPCS	International Programme on Chemical Safety
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NLM	National Library of Medicine
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OMS	Organização Mundial da Saúde
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PDA	Detetor de fotodíodo
PFBHA	O-(2,3,4,5,6-pentafluorobenzil) hidroxilamina
PTFE	Politetrafluoroetileno
TSD	Thermionic Specific Detector (Detetor específico termiónico)
UPLC	Ultra Perfomance liquid chromatography

US EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
RAIS	Sistema de Informação de Avaliação de Risco
RNEHR	Rede Nacional de Especialidade Hospitalar e de Referenciação
SPME	Solid-phase microextraction (Microextração em fase sólida)
SYKE	Sykes Enterprises Incorporated

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do Tema do Trabalho

Em toda a Europa, as pessoas estão expostas a vários poluentes pois passam a maior parte do seu tempo a trabalhar e a viver em ambientes internos. Entre os poluentes que mais contribuem para uma má qualidade do ar interior destacam-se os compostos orgânicos voláteis (COV) que, em geral, são encontrados em maior número e em concentrações mais elevadas nos ambientes internos do que no ar externo. O formaldeído é um dos COV com emissões mais elevadas em ambientes interiores. Para uma melhor caraterização da exposição da população a substâncias químicas, é necessário haver procedimentos consolidados de avaliação qualitativa e quantitativa da exposição e de avaliação do risco (Bruinen de Bruin et al. 2008; Alves and Aciole 2012).

O formaldeído possui um amplo espetro de ação antimicrobiana tornando-o num excelente conservante e explicando assim o motivo pelo qual é utilizado em tantos produtos e em grande escala em todo o mundo. É encontrado em muitos produtos usados no quotidiano, em casa e no trabalho pois é um agente químico com aplicação em várias indústrias, como por exemplo as indústrias têxtil, tinta, madeira, vidro, cosméticos e alimentar (ATSDR 1999; Latorre, Silvestre, and Monteagudo 2011).

Na área da saúde, em muitos hospitais, laboratórios, farmácias, departamentos de autópsia, cirúrgicos e de patologia este aldeído é imensamente utilizado como antimicótico e conservante com o objetivo de preservar as amostras de tecido e conservar peças anatómicas, órgãos e cadáveres (Castro 1999; ATSDR 1999). É também utilizado em todo o mundo, em aplicações médicas, como agente esterilizante e como desinfetante em salas de cirurgia (Sayed et al. 2019). O formaldeído destrói bactérias, fungos, bolores e leveduras funcionando como um importante fungicida o que faz com que seja maioritariamente usado como desinfetante (OSHA 1992). Os profissionais de saúde, que trabalham em laboratórios de anatomia e histopatologia, podem estar expostos, diariamente, ao formaldeído, por inalação ou contato direto com a pele, correndo um maior risco de exposição comparando com outros indivíduos (Sayed et al. 2019).

Vários estudos realizados comprovam que existem alguns efeitos nefastos na saúde humana provocados pela exposição aguda e crónica, por inalação, ao formaldeído, como é o caso de problemas respiratórios, irritação dos olhos, garganta e nariz. Também há estudos que referem que níveis de formaldeído no ar superiores a 0,1 ppm podem provocar tosse, náusea, lacrimejamento, aperto no peito e reações alérgicas (Sayed et al. 2019).

A Diretiva 2004/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril de 2004 (Diretiva 2004/37/CE), tem como principal objetivo proteger os trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos no local de trabalho. Segundo esta diretiva, o valor limite de exposição profissional, ou seja, o limite de concentração média ponderada de um agente cancerígeno ou mutagénico presente na atmosfera do local de trabalho, avaliado na zona de respiração de um trabalhador, corresponde a 0,3 ppm para 8 h e a 0,6 ppm para uma exposição de curto prazo (15 min).

Todos os profissionais de saúde correm riscos ao realizarem as suas atividades no quotidiano. É fundamental prevenir os riscos profissionais e desenvolver todas as medidas necessárias com o objetivo de garantir ambientes mais seguros nos estabelecimentos de saúde e assegurar que o trabalho possa ser desenvolvido em condições mais saudáveis e mais seguras.

1.2. Apresentação do Trabalho e da Empresa

O presente projeto insere-se no âmbito da Unidade Curricular Dissertação do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

O objetivo principal desta dissertação "Análise e Avaliação do Risco de Exposição Ocupacional ao Formaldeído" foi avaliar o grau de exposição dos profissionais de saúde, do Centro Hospitalar Universitário de São João (CHUSJ) ao formaldeído e avaliar o risco profissional decorrente dessa exposição.

Esta dissertação de Mestrado foi realizada na FEUP com colaboração empresarial e dentro do protocolo do Serviço de Saúde Ocupacional do CHUSJ para monitorização do formaldeído.

1.3. Contribuições do Trabalho

O conhecimento dos níveis de exposição dos profissionais de saúde do CHUSJ ao formaldeído e a avaliação do risco permitirão avaliar as condições atuais de operação, em termos de segurança e saúde para o trabalhador, e propor eventuais medidas de proteção, caso se verifique risco de exposição. Por outro lado, os resultados desta dissertação constituem registos históricos importantes de avaliação de exposição e risco dos trabalhadores do CHUSJ ao formaldeído, conforme recomendado na Diretiva 2004/37/CE.

1.4. Organização da Tese

Este documento está organizado em sete capítulos. O capítulo 1, introdução, apresenta um breve enquadramento do tema, apresentação do trabalho e da instituição onde o estudo foi realizado, objetivos propostos e a apresentação da estrutura de organização da tese.

O capítulo 2 integra um enquadramento teórico, onde se revê o "estado da arte" dos temas envolvidos no estudo, caraterização do formaldeído a nível de aspetos gerais, das suas propriedades físico-químicas, categoria de risco, efeitos na saúde humana e a sua toxicidade. Neste capítulo, também é realizado um levantamento bibliográfico de concentrações de formaldeído medidas em atmosferas ocupacionais em vários estudos já realizados.

O capítulo 3 refere-se à descrição técnica, onde são apresentados os métodos e procedimentos adotados.

No capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados face aos objetivos definidos, e as principais conclusões são apresentadas no capítulo 5. No capítulo 6 e 7 faz-se uma apreciação global do trabalho desenvolvido e enunciam-se alguns aspetos a aprofundar em possíveis investigações futuras.

Nos anexos pode-se encontrar duas tabelas utilizadas no tratamento e discussão de resultados.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO E ESTADO DA ARTE

2.1. O Formaldeído

O formaldeído é o composto mais simples da família dos aldeídos e é também conhecido como metanal, óxido de metileno, oximetileno, metilaldeído, oxometano e aldeído fórmico. Em condições normais de pressão e temperatura, ou seja, à temperatura ambiente, o formaldeído é um gás incolor com odor pungente e irritante (Tabela 1). Decompõe-se a temperaturas acima de 150 °C, é um composto químico solúvel em água, álcoois e outros solventes polares, é altamente reativo, inflamável, sofre polimerização e pode formar misturas explosivas no ar (SYKE 2018). A forma comercial mais comum é uma solução aquosa de 30-50% de formaldeído e para reduzir a polimerização intrínseca, geralmente é adicionado metanol ou outras substâncias a estas soluções aquosas (IPCS 1989). O formaldeído é considerado um composto orgânico volátil e portanto, está incluído na classe de poluentes do ar interior (Liu and Little 2012).

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas do formaldeído

Propriedade	**Valor/Tipo**	**Referência**
Cor	Incolor	(SYKE 2018)
Odor	Forte, irritante e caraterístico, pungente	(SYKE 2018)
Estado físico	Gás	(NLM 2004)
Solubilidade	Solução solúvel em água	
Peso Molecular (g/mol)	30,03	(SYKE 2018)
Fórmula Molecular	CH_2O	
Nº CAS	50-00-0	
Ponto de Fusão (˚C)	-118/-92	(SYKE 2018)
Ponto de Ebulição (˚C)	-21/-19	
Densidade a -20 ˚C (g/mL)	0,815	
Densidade relativa de vapor	1,03	
Pressão de vapor a 25˚C (mm Hg)	3886	(OECD 2002)

A exposição ao formaldeído poderá ocorrer através de três vias: penetração através da pele (absorção dérmica), absorção através dos pulmões (inalação) e absorção pelo trato digestivo (ingestão). A via de exposição mais tóxica é a inalação, que permite a maior quantidade de absorção, seguida pela absorção dérmica e ingestão. No caso da ingestão, apenas poderá acontecer se esta for acidental ou através do consumo de alimentos com as mãos contaminadas por formaldeído, o que é pouco provável de ocorrer. A via de exposição predominante será a via

aérea, pois a maior parte do formaldeído ao qual os indivíduos estão expostos no ambiente ocupacional é proveniente do ar (ATSDR 1999; OMS 2000).

O formaldeído tem uma ampla aplicação na área da saúde, mas a sua utilização sobressai nos laboratórios de anatomia, nomeadamente como desinfetante, antisséptico e conservante para embalsamento de cadáveres. Todos os profissionais de saúde que manuseiam amostras conservadas em solução de formaldeído ou coabitam em espaços onde estas amostras são manipuladas/armazenadas, podem estar expostos a maiores quantidades deste composto e, por este motivo, constituem um potencial grupo de alto risco (ATSDR 1999).

2.2. Efeitos do formaldeído sobre a saúde humana

O formaldeído, como já referido anteriormente, é um composto químico solúvel em água (Tabela 1) e altamente reativo com macromoléculas biológicas. Estas caraterísticas explicam o facto de os efeitos sentidos pela exposição ao formaldeído, após inalação, se façam sentir sobretudo no sistema respiratório (OMS 2002).

Por ser altamente reativo, o formaldeído provoca irritação local e toxicidade aguda e crónica após contato direto com os órgãos ou tecidos afetados. Os sintomas mais comuns face à sua exposição incluem a irritação de olhos, nariz, garganta, cavidade nasal e lacrimejamento que ocorre para concentrações de formaldeído no ar na gama de 0,4–3 partes por milhão (ppm). A realização de estudos e levantamentos epidemiológicos em humanos permitiram observar a existência de irritação sensorial ao nível dos olhos e do trato respiratório. O limite de odor para a maioria das pessoas varia entre 0,5 e 1 ppm e em geral, a irritação nos olhos está associada a concentrações no ar na faixa de 0,3 a 0,5 ppm, sendo que não se torna significativa até cerca de 1 ppm e desaparece rapidamente. A irritação do nariz e da garganta ocorre em concentrações de 2 a 3 ppm. Quando é absorvido pelo organismo por inalação e, especialmente, pela exposição prolongada, pode conduzir ao aparecimento de cancro na cavidade oral, narinas, cabeça, sangue e pulmão (OMS 1989). O formaldeído causa ainda irritação da pele e quando ingerido, possui propriedades corrosivas (OECD 2002). A dermatite de contato alérgica é frequentemente crónica e é um efeito comum provocado pelo contacto com o formaldeído, existindo na Europa, 2–3% de pacientes com suspeita desta alergia de pele. Os efeitos na saúde dependem do contexto de exposição ao formaldeído: quantidade de formaldeído, duração da exposição, frequência da exposição, medidas de proteção individuais e coletivas, quadro clínico/estado de saúde do indivíduo, entre outros (ex. temperatura e humidade do ambiente ocupacional) (ATSDR 1999).

De acordo com o Regulamento Europeu (EC) Nº 1272/2008 sobre a classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, os produtos químicos podem ser classificados como cancerígenos se forem considerados indutores de tumores, aumentar a incidência de tumor e / ou malignidade ou reduzir tempo para a ocorrência do tumor (EC 2008). A carcinogenicidade está dividida em diferentes categorias de risco: Carcinogénico 1A (cancerígeno para o Homem), Carcinogénico 1B (potencialmente cancerígeno para o Homem), Carcinogénico 2 (suspeito de ser cancerígeno para o Homem) e produtos químicos não classificados quanto à carcinogenicidade (EC 2008). De acordo com a Diretiva 67/548/EEC e com o Sistema Globalmente Harmonizado (GHS), o formaldeído pertence à categoria 1B a nível da carcinogenicidade e categoria 2 a nível da mutagenicidade. É considerado um agente químico perigoso de acordo com o Artigo 2 (b) da diretiva 98/24/CE e cancerígeno ou mutagénico para humanos, de acordo com Artigo 2.º, alíneas a) e b), da Diretiva 2004/37/CE (ECHA 2012). A *International Agency for Research on Cancer* (IARC) também classificou o formaldeído como cancerígeno para humanos (grupo 1), com base em estudos desenvolvidos em animais e algumas evidências científicas de que a exposição ao formaldeído pode conduzir ao desenvolvimento de cancro nos humanos (IARC 2013).

2.3. Legislação

Com o intuito de prevenir a exposição de seres humanos a ambientes interiores com elevados níveis de concentração de formaldeído, diversas organizações e países estabeleceram valores limite legais consoante o período de tempo de exposição (8 horas ou 15 minutos). Através da análise da diretiva 2004/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho *Carcinogens and Mutagens Directive* (CMD), é possível concluir, que para todos os países da União Europeia, os valores limites legais de exposição para o formaldeído para 8 h (média ponderada) e curta duração (15 min) são de 0,3 ppm e 0,6 ppm, respetivamente. Esta diretiva diz também que o valor limite, medido ou calculado em relação a um período de referência de oito horas em média ponderada no tempo, para os setores dos cuidados de saúde, funerário e de embalsamamento, até 11 de julho de 2024, é de 0,5 ppm.

2.4. Exposição Ocupacional dos profissionais de saúde ao formaldeído

Neste capítulo foi realizada uma revisão da literatura com o auxílio do Scopus e PubMed, sobre o tema "análise e avaliação do risco de exposição ocupacional ao formaldeído". O critério de seleção dos artigos científicos para o preenchimento da Tabela 2, que compila as concentrações de formaldeído medidas no ar ocupacional, foi a escala temporal, para que os dados a analisar fossem mais recentes, e também o tipo de atividade, direcionado apenas a ambiente hospitalar por estar mais relacionado com a temática que se pretende estudar.

Foram utilizados os seguintes descritores: *occupational exposure to formaldehyde*, *air monitoring of formaldehyde in hospitals*, *occupational exposure to airborne formaldehyde in the hospital*, *formaldehyde in hospitals*, entre outros títulos equivalentes. Desta forma, foram encontrados 1652 artigos, quando introduzidas as palavras-chave acima mencionadas na plataforma Scopus, sendo um número bastante elevado. Como nem todos os artigos científicos encontrados poderiam fazer parte deste estudo, foram feitas algumas limitações referentes aos anos entre 2014-2021, ao tipo de documento (artigo) e área (saúde), resultando um total de apenas 204 artigos de maior interesse e relevância. Entre estes 204, após uma leitura e análise dos títulos e resumos, foram excluídos os artigos que não estavam diretamente ligados ao tema, os artigos de revisão, artigos que estudavam poluentes não incluídos neste estudo em particular e aqueles que eram apenas teóricos e não apresentavam resultados. Dos artigos disponíveis em texto completo, foram selecionados aqueles que possuíam uma avaliação da exposição dos profissionais de saúde ao formaldeído, incluindo a concentração média de formaldeído no ar interior ou na zona de respiração dos profissionais. Assim, resultaram um total de 16 artigos científicos (Tabela 2).

Tabela 2- Quantificação do formaldeído no ar ocupacional em ambiente hospitalar

Local do Estudo	Atividade De Trabalho	País e ano de recolha	Concentração ou gama	Tipo de Amostra	Método Analítico	Referências
Universidades Médicas	Dissecação de anatomia	Birmânia, 2020	0,09-1,22 ppm	Ar interior	Amostragem passiva: amostradores difusos DSD-DNPH; caudal de 0,0719 L/min Análise: HPLC com detetor de fotodíodo	(Aung et al. 2021)
			0,06-1,72 ppm	208 estudantes*		
			0,04-2,11 ppm	18 professores*		
Laboratórios de Patologia	Variedade de tarefas em laboratório: passagem de amostra, processamento de tecido, moldagem e corte	Irão, 2020	0,52 ppm	60 funcionários*	Método NIOSH 3500 Amostragem passiva: amostrador a 1 L/min conectado a 2 *impinger* Processamento: 20 mL de Bissulfato de Sódio (1%) Análise: espetrofotómetro UV-Vis (580 nm)	(Jalali et al. 2021)
Laboratório de Patologia	Atividades de macroscopia e histopatologia	Irão, 2016	0,93 ppm	Patologistas e cientistas de laboratórios médicos*	Método NIOSH 3500 Amostragem passiva: *Impangers* a 1 L/min Processamento: 6 mL de Ácido Sulfúrico e 1 mL de Ácido Cromotrópico (1%) Análise: espetrofotómetro UV-Vis (580 nm)	(Karami Mosafer et al. 2020)

Local do Estudo	Atividade De Trabalho	País e ano de recolha	Concentração ou gama	Tipo de Amostra	Método Analítico	Referências
Departamento de Anatomia	Atividades de macroscopia e histopatologia	Sérvia, 2019	0,01-1,39 ppm	Ar interior - sala 1: Alunos, professores e assistentes técnicos	Amostragem ativa: bomba com amostrador de ar PRO EKOS 401-x; caudal de 0,5 L/min Processamento: 6 mL de Ácido Sulfúrico e 0,1 mL de Ácido Cromotrópico (1%) Análise: espetrofotómetro UV-Vis (580 nm)	(Adamović 2020)
			0,01-0,62 ppm	Ar interior - sala 2: Alunos, professores e assistentes técnicos		
			1,04-6,60 ppm	Ar interior - sala de preparação: Assistentes técnicos		
			1,20-5,31 ppm	Ar interior - arrecadação: Assistentes técnicos		
			0,01-0,08 ppm	Ar interior - sala de descanso		
Departamento de Patologia	Dissecação de anatomia	Irão, 2019	0,664 ppm	Técnicos de laboratório*	Método NIOSH 3500 Amostragem ativa: bomba de amostragem com filtro de membrana PTFE; caudal de 0,8 L/min Processamento: 6 mL de Ácido Sulfúrico e 0,1 mL de Ácido Cromotrópico (1%) Análise: espetrofotómetro UV-Vis	(Yahyaei et al. 2020)
			0,0192-0,326 ppm	Ar no interior do laboratório		

Local do Estudo	Atividade De Trabalho	País e ano de recolha	Concentração ou gama	Tipo de Amostra	Método Analítico	Referências
Laboratório de Anatomia	Processos de embalsamento e dissecação	Canadá, 2019	0,9-1,3 ppm	Estudantes de medicina e funcionários*	Método NIOSH 2016 Amostragem ativa: cartuchos sílica gel revestida com 2,4-DNPH; caudal de 0,2 L/min Processamento: 10-15% de Metanol Análise: HPLC-UV	(Baldelli et al. 2020)
Hospital Universitário: Laboratório de patologia e salas de cirurgia	Atividades de macroscopia e dissecação de anatomia	Itália, 2019	15 min: 0,04-0,16 ppm 8 h: 0,005-0,05 ppm	Não referido	Amostragem ativa: cartuchos sílica gel revestida com 2,4-DNPH; caudal de 0,5 L/min (8h) e 1,3 L/min (15min) Processamento: 3 mL de Acetonitrilo Análise: GC-MS	(Dugheri et al. 2020)
			15 min: 0,04-0,16 ppm 8 h: 0,04-0,05 ppm		Amostragem ativa: Fibra SPME® com PFBHA Processamento: 1 mL de Água Análise: GC-MS	
			8 h: 0,01-0,04 ppm		Amostragem: amostrador ativo com sensor eletroquímico Processamento: 1 mL de Água Análise: Monitor NEMO de leitura direta	
			8 h: 0,004-0,04 ppm		Análise: Monitor GASERA de leitura direta	

Local do Estudo	Atividade De Trabalho	País e ano de recolha	Concentração ou gama	Tipo de Amostra	Método Analítico	Referências
Hospital	Trabalho em salas de cirurgia	Itália, 2019	15 min: <0,025 ppm 8 h: 0,014 ppm	Ar interior	Amostragem ativa: cartuchos sílica gel revestida com 2,4-DNPH; caudal de 0,2 a 0,9 L/min Processamento: Grande volume de Acetato de Etilo Análise: GC-FID	(Mucci et al. 2019)
	Trabalho de secretaria		15 min: <0,025 ppm 8 h: 0,014 ppm			
	Atividades em laboratórios de patologia		15 min: <0,025 ppm 8 h: 0,016-0,020 ppm			
Laboratórios de Anatomia Patológica	Exame macroscópico	Portugal e Espanha, 2019	0,08-1,39 ppm	85 trabalhadores expostos/ 87 controlos*	Amostragem: Fibra SPME® com DVB/PDMS Processamento: 50 mL de Polietileno Análise: GC-FID	(Costa et al. 2019)
Hospital	Atividades em laboratórios de histopatologia	Malásia, 2019	0,252 ± 0,105 ppm	Trabalhadores do laboratório de histopatologia e da administração*	Método NIOSH 2541 Amostragem: Bomba de amostragem e tubo de conexão; caudal 0,01 a 0,1 L/min Processamento: 50 mL de Metanol Análise: GC-FID	(Sayed et al. 2019)
	Atividades em escritórios de administração		0,076 ± 0,016 ppm			

Local do Estudo	Atividade De Trabalho	País e ano de recolha	Concentração ou gama	Tipo de Amostra	Método Analítico	Referências
Instalações de ensino e pesquisa de anatomia	Dissecação de anatomia	Holanda, 2012	8 horas: 0,1 ppm	21 trabalhadores*	Método NIOSH 5700 Amostragem ativa: cartuchos sílica gel revestida com 2,4-DNPH; caudal de 0,1 L/min Processamento: 2 mL de Acetonitrilo Análise: HPLC-UV	(Scheepers et al. 2018)
			8 horas: 0,14 ppm	5 estudantes*		
			15 min: 0,23 ppm	19 trabalhadores com tarefas de lavagem e registo*		
Instalações de ensino e pesquisa de anatomia	Dissecação de anatomia	Holanda, 2014	8 horas: 0,1 ppm	8 trabalhadores*	Método NIOSH 5700 Amostragem ativa: cartuchos sílica gel revestida com 2,4-DNPH; caudal de 0,1 L/min Processamento: 2 mL de Acetonitrilo Análise: HPLC-UV	(Scheepers et al. 2018)
			8 horas: 0,08 ppm	5 estudantes*		
			15 min: 0,22 ppm	21 trabalhadores com tarefas de lavagem e registo*		
Instalações de ensino e pesquisa de anatomia	Dissecação de anatomia	Holanda, 2017	8 horas: 0,02 ppm	6 trabalhadores*	Método NIOSH 5700 Amostragem ativa: cartuchos sílica gel revestida com 2,4-DNPH; caudal de 0,1L/min Processamento: 2 mL de Acetonitrilo Análise: HPLC-UV	(Scheepers et al. 2018)
			8 horas: 0,03 ppm	7 estudantes*		
			15 min: 0,06 ppm	12 trabalhadores com tarefas de lavagem e registo*		

Local do Estudo	Atividade De Trabalho	País e ano de recolha	Concentração ou gama	Tipo de Amostra	Método Analítico	Referências
Departamento de Anatomia Patológica	Salas Operação	Itália, 2017	Pequenas biópsias: 15 min: 0,05 ppm 8 h: 0,016 ppm Grandes biópsias: 15 min: 0,419 ppm 8 h: 0,101 ppm	Ar interior	Amostragem ativa: cartuchos sílica gel revestida com 2,4-DNPH; caudal de 0,3 L/min (8h) e 1,2 L/min (15min) Processamento: Difenilamina Análise: GC-TSD	(Dugheri et al. 2018)
	Atividades em secretarias		15 min: 0,19/0,29 ppm 8 h: 0,071/0,084 ppm			
	Laboratórios de Patologia		15 min:0,04-0,385 ppm 8 h: 0,032-0,196 ppm			
Departamento de Anatomia Patológica	Salas Operação	Itália, 2017	Pequenas biópsias: 15 min: 0,04 ppm 8 h: 0,019 ppm Grandes biópsias: 15 min: 0,59 ppm 8 h: 0,089 ppm	Ar interior	Amostragem passiva: Fibra SPME® com DVB/PDMS Processamento: 1 mL de PFBHA em água por 60 s no headspace Análise: GC-TSD	(Dugheri et al. 2018)
	Atividades em secretarias		15 min: 0,18/0,21 ppm 8 h: 0,055/0,077 ppm			
	Laboratórios de Patologia		15 min:0,05-0,431 ppm 8 h: 0,038-0,215 ppm			

Local do Estudo	Atividade De Trabalho	País e ano de recolha	Concentração ou gama	Tipo de Amostra	Método Analítico	Referências
Laboratório de Anatomia Macroscópica	Aulas de dissecação	Tailândia, 2017	0,0093-0,0176 ppm	Instrutores de laboratório e estudantes*	Amostragem: cartuchos sílica gel revestida com 2,4-DNPH; caudal de 0,2 a 0,9 L/min Processamento: 2mL de Acetonitrilo Análise: HPLC-UV	(Homwutthiway; and Ongwandee 2017)
	Aulas não letivas		0,0055 ppm			
	Limpeza do laboratório		3,1 ppm			
Laboratório de Anatomia	Dissecação de anatomia	Tailândia, 2014	0,126-0,770 ppm	36 estudantes*	Método NIOSH 2016 Amostragem ativa: cartuchos sílica gel revestida com 2,4-DNPH; caudal de 0,2 L/min por 3h Processamento: 10 mL de Acetonitrilo Análise: HPLC-UV	(Saowakon et al. 2015)
			0,216-1,176 ppm	4 instrutores*		
			0,117-0,415 ppm	Ar no interior do laboratório		
Instituições de cuidados de saúde	Trabalho no laboratório	Colômbia, 2013	2,32 ppm	38 assistentes de laboratório*	Método NIOSH 2016 Amostragem ativa: cartuchos sílica gel revestida com 2,4-DNPH Análise: HPLC-UV	(Casas Duarte 2015)
Universidades	Dissecação de anatomia		5,03 ppm	10 professores e estudantes*		

Local do Estudo	Atividade De Trabalho	País e ano de recolha	Concentração ou gama	Tipo de Amostra	Método Analítico	Referências
Faculdade de Medicina	Sala de armazenamento de cadáveres	Índia, 2014	0,09-0,87 ppm	Instrutor e 12 alunos*	Método 316 Amostragem passiva: amostrador de gás portátil conectado a 4 impangers; caudal de 0,8 a 1 L/min Processamento: 2,5 mL de Pararosanilina Análise: HPLC-UV	(Gahukar et al. 2014)
	Laboratório de anatomia macroscópica		0,05-0,91 ppm			

* Ar na zona de respiração

Em geral, na maior parte dos artigos analisados (Tabela 2), as concentrações de formaldeído obtidas foram superiores, pelo menos em algum momento, aos limites legais estabelecidos na diretiva 2004/37/CE do Parlamento Europeu, com o valor de 0,3 ppm para 8 horas e 0,6 ppm para exposições de curta duração (15 minutos). Em todos eles, foi também possível concluir que os locais tipicamente mais contaminados pelo formaldeído são os laboratórios de anatomia, histopatologia e macroscopia, em particular durante as tarefas de análise, lavagem, registo de peças anatómicas e órgãos e realização de biópsias. Aquando concentrações de exposição muito elevadas, foram introduzidas, em alguns estudos, medidas de mitigação que ajudaram a reduzir esses níveis, tornando assim o local mais propício ao desenvolvimento das suas funções em maior segurança, a nível da saúde (Scheepers et al. 2018). Em alguns casos os limites legais das concentrações para a exposição ao formaldeído não foram ultrapassados, como é o caso dos estudos de Dugheri e colaboradores (2020), Mucci e colaboradores (2019) e Scheepers e colaboradores (2018). A seguir vai ser realizada uma descrição mais detalhada dos artigos considerados mais relevantes por apresentarem valores de concentração de formaldeído muito acima dos limites legais e também será feita a análise de dois artigos cujos resultados obtidos estão dentro dos limites legais: o artigo de Mucci e colaboradores (2019) e o artigo de Scheepers e colaboradores (2018) que demonstra o benefício da adoção de medidas de mitigação.

O estudo do artigo científico de Aung et al. (2021) foi efetuado em universidades médicas na Birmânia, com o objetivo de: (i) examinar as concentrações de formaldeído no ar interior de salas de dissecação de anatomia e salas de aula e (ii) verificar quais os níveis de exposição pessoal ao formaldeído e respetivos sintomas clínicos, através da quantificação de formaldeído na zona de respiração de estudantes de medicina e professores. Neste estudo, participaram 208 estudantes de medicina e 18 instrutores. A concentração média de formaldeído no ar interior de quatro salas de dissecação foi de 0,43 ppm, sendo que todas as salas de dissecação apresentavam concentrações máximas de formaldeído (0,09 a 1,22 ppm) acima dos limites de exposição ocupacional. Os valores obtidos de exposição pessoal ao formaldeído foram superiores às concentrações de formaldeído no ar interior, sendo que os professores, devido a atividades realizadas no quotidiano, estavam expostos a concentrações de formaldeído na faixa de 0,04 a 2,11 ppm, apresentando uma maior exposição comparando com os estudantes de medicina (0,06 a 1,72 ppm). Estes resultados demonstram também que a concentração máxima de formaldeído, medida na zona de respiração de professores e estudantes, foi superior aos valores limites legais.

No artigo científico de Adamović (2020), a quantificação de formaldeído com o intuito de avaliar o nível de exposição de alunos e funcionários foi efetuada em cinco locais no

Departamento de Anatomia. A amostragem do ar, com a duração de 8 horas, foi realizada em: duas salas de aula (sala 1 e sala 2), uma sala de armazenamento (arrecadação), uma sala de preparação e uma sala de descanso. Para a sala de aula 1, a concentração de formaldeído medida no ar interior, onde trabalham alunos, professores e assistentes técnicos variou entre 0,01 e 1,39 ppm. Na sala de aula 2, para o mesmo tipo de amostra, a faixa de concentração variou entre 0,01 a 0,62, registando concentrações menores do que a sala 1. As concentrações de formaldeído obtidas indicam que alguns dos alunos, professores e assistentes técnicos estavam expostos a níveis de concentração acima do valor de VLE-MP (8 h). Os assistentes técnicos estavam expostos a um impacto significativamente maior de formaldeído na sala de preparação (1,04 a 6,60 ppm) e na arrecadação (1,20 a 5,31 ppm). Estes valores detetados estão claramente acima do valor limite legal. Na sala de descanso foram obtidos os valores mais baixos das concentrações de formaldeído (0,01 a 0,08 ppm), estando abaixo do valor limite legal.

O artigo científico de Yahyaei et al. (2020) descreve um estudo realizado nos departamentos de patologia, no Irão. Para cinco hospitais com departamentos de patologia, as concentrações de formaldeído, no ar interior de cada laboratório, durante a realização das tarefas, variaram entre 0,0192 e 0,326 ppm. Com estes resultados, é possível observar que a concentração máxima de formaldeído foi ligeiramente superior ao valor limite de exposição (VLE-MP) de 8 h legislado de 0,3 ppm. O maior índice de exposição semanal foi observado para os técnicos de laboratório (0,664 ppm), valor que ultrapassa o limite legal e que pode ser explicado pela maior carga horária e inadequada ventilação do local.

O artigo científico de Baldelli et al. (2020) reporta valores médios de exposição pessoal ao formaldeído de 0,9 e 1,3 ppm, durante os processos de embalsamamento e dissecação, respetivamente, que são superiores ao valor limite legal (0,3 ppm). Dados em tempo real, para os mesmos processos, mostraram concentrações máximas de cerca de 3,5 ppm o que significa que a monitorização em tempo real pode mostrar valores de formaldeído que excedem o limite legal de exposição a curto prazo (0,6 ppm).

O artigo científico de Mucci et al. (2019) apresenta um estudo focado na avaliação de formaldeído em hospitais, onde a concentração deste composto foi investigada em três cenários típicos: salas de operação, secretaria e laboratórios de patologia. Para amostragem de 15 min, as concentrações de formaldeído foram inferiores a 0,0025 ppm em todos os locais. Para amostragem de 8 h, os laboratórios de patologia foram o local com concentrações de formaldeído maiores, entre 0,016 e 0,020 ppm. Nas salas de operação e na secretaria, para amostragem de 8 h, foram obtidas concentrações de formaldeído de 0,014 ppm. A análise deste estudo

demonstrou que as concentrações de formaldeído medidas estão abaixo das concentrações limite legais para 15 min (0,6 ppm) e 8 h (0,3 ppm).

O artigo científico de Costa et al. (2019) apresenta um estudo com o objetivo de avaliar a exposição ocupacional ao formaldeído numa abordagem em múltiplos estágios relacionando a exposição com diferentes biomarcadores (dose e efeito) e a suscetibilidade individual. Foi realizada a monitorização de formaldeído na zona de respiração dos ocupantes das salas para estimar o nível de exposição ao formaldeído durante o turno de trabalho. Neste estudo, testaram-se 85 trabalhadores de laboratórios de anatomia patológica e 87 trabalhadores não expostos (grupo de controlo). A exposição dos trabalhadores ao formaldeído foi de 0,08-1,39 ppm. O pico de emissão de formaldeído ocorreu durante o exame macroscópico de amostras preservadas em formaldeído (0,3 a 3,2 ppm) e descarte de amostras e resíduos (0,3 a 2,8 ppm). Este pico de emissão pode ser explicado pelo uso inadequado de máscaras faciais de proteção contra vapores de formaldeído. Os dados obtidos mostram que os profissionais estudados estiveram expostos a níveis de concentração de formaldeído acima do valor VLE-MP 8 h (0,3 ppm), de acordo com a diretiva 2004/37/CE.

No artigo de Scheepers et al. (2018), vários trabalhadores participaram no desenvolvimento de melhores práticas de trabalho, tanto técnicas como soluções organizacionais. Foram introduzidas, durante 6 anos, medidas de mitigação, incluindo a melhoria de um sistema de ventilação de fluxo descendente, introdução de ventilação de exaustão local, coleta de líquido de drenagem das amostras exibidas em recipientes fechados e prevenção de vazamentos. Além disso, algumas mudanças organizacionais foram feitas para reduzir o número de exposições ao formaldeído. A amostragem de ar estacionário e pessoal foi realizada em três campanhas diferentes para avaliar o efeito destas novas práticas de trabalho na exposição ao formaldeído. Ao longo de um turno de trabalho (8 h), foram obtidas, em 2012, concentrações médias de formaldeído de 0,1 e 0,14 ppm para 21 trabalhadores e 5 estudantes, respetivamente. Em 2014, ao longo de um turno de trabalho (8 h), foram obtidas concentrações médias de 0,1 e 0,08 ppm para 8 trabalhadores e 5 estudantes, respetivamente. Esta exposição foi reduzida, em 2017, para uma média de 0,02 e 0,03 ppm para 6 trabalhadores e 7 estudantes, respetivamente, que pode ser explicada pela adoção das medidas de mitigação já referidas. Para as medições de 15 minutos, realizadas durante a execução de algumas tarefas, foram obtidas concentrações médias de formaldeído de 0,23 ppm (n=19) em 2012 e 0,22 ppm (n=21) em 2014. Esta exposição foi reduzida para uma média de 0,06 ppm (n=12) em 2017. Todos os resultados obtidos estão dentro dos valores limites legais. Este estudo é importante pois demonstra como mudanças a

nível de medidas de mitigação se traduzem numa redução de níveis de exposições de trabalhadores e estudantes ao formaldeído ao longo de 6 anos.

O estudo de Casas Duarte (2015) inclui a recolha de amostras pessoais tiradas em diferentes instituições do setor da saúde e do ensino superior, na Colômbia. A amostragem foi realizada em 48 trabalhadores com as seguintes atividades: lavagem e registo de peças anatómicas ou órgãos (tarefa realizada com maior frequência - 31,3%), preparação de misturas de formaldeído (18,2%), cortes de peças anatómicas ou órgãos (14,7%) e realização da descrição macroscópica (12,1%). Foram obtidas concentrações de formaldeído de 2,32 e 5,03 ppm em 38 assistentes de laboratório e em 10 professores e estudantes, respetivamente. Estas concentrações elevadas são explicadas pelas atividades que os ocupantes executaram: dissecação corporal e cortes de peças anatómicas e órgãos. Com estes resultados, é possível observar que a concentração de formaldeído foi muito superior aos valores limites de exposição (VLE-MP) de 8 h legais.

2.5. Avaliação do Risco

A avaliação do risco é a base para a prevenção de acidentes e doenças profissionais. Esta deverá ser efetuada de forma cuidada e adequada à realidade de cada empresa, garantindo que todos os riscos relevantes são identificados e medidas de prevenção são adotadas. Para o cálculo da avaliação do risco de exposição ao formaldeído existe uma variedade de métodos.

Foram encontrados 16 artigos científicos sobre a quantificação do formaldeído no ar ocupacional em ambiente hospitalar (seção 2.4), mas só em cinco deles avaliaram o risco decorrente dessa exposição. A metodologia mais utilizada pelos autores para a análise do risco por exposição ao formaldeído é da US EPA e encontra-se devidamente descrita na seção 3.7.

A Organização Mundial da Saúde considera risco cancerígeno “aceitável” na faixa entre 10^{-6} e 10^{-5} (WHO 2000). A US EPA considera que um nível de risco de 10^{-4} corresponde ao limite superior da faixa de risco e recomenda um risco cancerígeno ao longo da vida inferior a 10^{-6}, sendo que considera “risco aceitável” na faixa entre 10^{-6} a 10^{-4} (USEPA 2020). De acordo com outros estudos, se o risco de desenvolver cancro for superior a 10^{-4} pode ser considerado como um "risco definitivo", na faixa de 10^{-5} e 10^{-4} como um "risco provável" e na faixa de 10^{-6} e 10^{-5} como um "risco possível" (Sexton et al. 2007; Ramírez et al. 2012). Segundo outro estudo realizado, os riscos cancerígenos são considerados inaceitáveis quando acima de 10^{-5}. Os riscos não cancerígenos, através do cálculo dos quocientes de perigo, são considerados inaceitáveis quando maiores que 1 (Druszcz, Metzger, and Feilstrecker 2020).

No artigo de Jalali et al. (2021), os resultados obtidos mostraram que a média do risco cancerígeno dos funcionários era de $3{,}45\times10^{-4}$, tendo-se obtido o valor mais elevado para os trabalhadores de laboratório ($4{,}44\times10^{-4}$) e o valor mais baixo para os trabalhadores do serviço de limpeza ($6{,}16\times10^{-5}$), o que significa que há um risco provável destes profissionais desenvolverem cancro devido à exposição ao formaldeído. Por outro lado, verificou-se que, 33,3% dos funcionários estavam sujeitos a um risco não cancerígeno inaceitável (Jalali et al. 2021).

No artigo científico de Yahyaei et al. (2020), os valores obtidos para o risco cancerígeno variaram entre $1{,}0851\times10^{-6}$ a $4{,}7889\times10^{-4}$, concluindo-se que os trabalhadores de laboratório também apresentavam maior risco de desenvolver cancro que os funcionários de limpeza.

No artigo científico de Karami Mosafer et al. (2020), a avaliação do risco foi realizada em 4 hospitais distintos (A, B, C e D). Com os resultados das investigações foi possível concluir que o intervalo de risco cancerígeno foi de 3×10^{-6} a $3{,}07\times10^{-4}$, tendo-se registado o maior valor para os cientistas de laboratório médico no hospital B e D. O maior risco não cancerígeno foi obtido para os patologistas e cientistas de laboratório médico, independentemente do hospital.

No artigo científico de Sayed et al. (2019), os resultados obtidos demonstraram que os trabalhadores do laboratório e do escritório apresentam um risco muito baixo ou insignificante de desenvolver cancro como resultado da exposição prolongada ao formaldeído, porque todos os valores de risco obtidos foram inferiores ao risco de cancro aceitável de 10^{-4} definido pela US EPA. O mesmo foi concluído no estudo Homwutthiway and Ongwandee (2017), uma vez que o risco cancerígeno para dois instrutores de anatomia macroscópica e para outro instrutor não envolvido nesta atividade foi inferior a 10^{-4}.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo desenvolvido centrou-se na questão da exposição profissional ao formaldeído em laboratórios hospitalares de anatomia patológica, em salas de macroscopia e na unidade de autópsias, onde os trabalhadores estão em contacto com o composto químico em questão.

Numa primeira fase, fase conceptual, foi estabelecida a problemática geral do estudo, onde se procedeu à revisão da literatura pertinente e delinearam-se os objetivos e as questões de investigação.

Na segunda fase, fase metodológica, foi realizada a definição da população-alvo e, consequentemente, da amostra a considerar. Foram, ainda, selecionadas as variáveis a estudar bem como os métodos de recolha e de análise dos dados mais adequados. Foi necessário analisar em quantos pontos iriam ser feitas as medições, tendo em conta o número de técnicos existentes, os pontos críticos a nível de concentração de formaldeído (ex. depósito de resíduos) e ter acesso à planta do local de estudo.

Por último, realizou-se a recolha de dados no terreno segundo os métodos definidos, procedeu-se à organização e tratamento estatístico dos dados, a sua interpretação e discussão, de forma a responder às questões de investigação previamente formuladas.

O estudo delineado pode considerar-se um estudo analítico e avaliação do risco, com intervenção, na medida em que o principal objetivo é verificar se os trabalhadores expostos ao formaldeído se encontram em situação de risco ou em níveis de exposição adequados.

3.1. Padrões e Reagentes

A solução de formaldeído-2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) (CRM47177) utilizada é da marca TraceCERT® e apresenta uma concentração de 100 µg/mL em acetonitrilo. Para a realização da amostragem de ar, foram utilizados tubos de adsorção da marca *ORBO-555* com 2 seções, contendo 150/300 mg de sílica gel impregnada com DNPH (Ref: 54020-U (Supelco)). Os solventes utilizados para preparação da fase móvel e dissolução das amostras foram o acetonitrilo (grau HPLC) e o 2-propanol (grau HPLC) da marca *Fisher Chemical* e com grau de pureza ≥ 99,9 %. Também foi utilizada água ultra-pura (Purelab flex).

3.2. Caraterização dos locais de amostragem

A Anatomia Patológica é a especialidade médica responsável pela análise morfológica e molecular de órgãos, tecidos e células, com o objetivo de determinar ou contribuir decisivamente para o diagnóstico de lesões, com implicações no tratamento e prognóstico das doenças, bem como na sua prevenção e deteção precoce (RNEHR 2017).

A atividade de diagnóstico da anatomia patológica integra diversas áreas das quais a macroscopia e a unidade de autópsias, locais do Centro Hospitalar Universitário de São João escolhidos para a realização da amostragem pelo facto dos trabalhadores utilizarem o formaldeído em elevadas concentrações para a conservação de cadáveres, de órgãos, materiais para biópsias e para esterilização de artigos como catéteres, drenos e tubos.

O exame macroscópico tem como principais objetivos descrever o tipo de material (composição, tamanho, peso, cor, consistência, assim como outras características macroscópicas relevantes), seccionar as peças e acondicioná-las devidamente identificadas, para poderem seguir para as fases posteriores do processo histológico. Na sala de macroscopia, os patologistas têm um primeiro contato com o material retirado de um paciente analisando, a olho nu, as caraterísticas dos órgãos colhidos. Nesta sala (Figura 1), a amostragem foi feita em dois postos de trabalho, envolvendo quatro técnicos. Também se amostrou a sala de receção das amostras, em particular o posto 3, onde operam três profissionais de saúde.

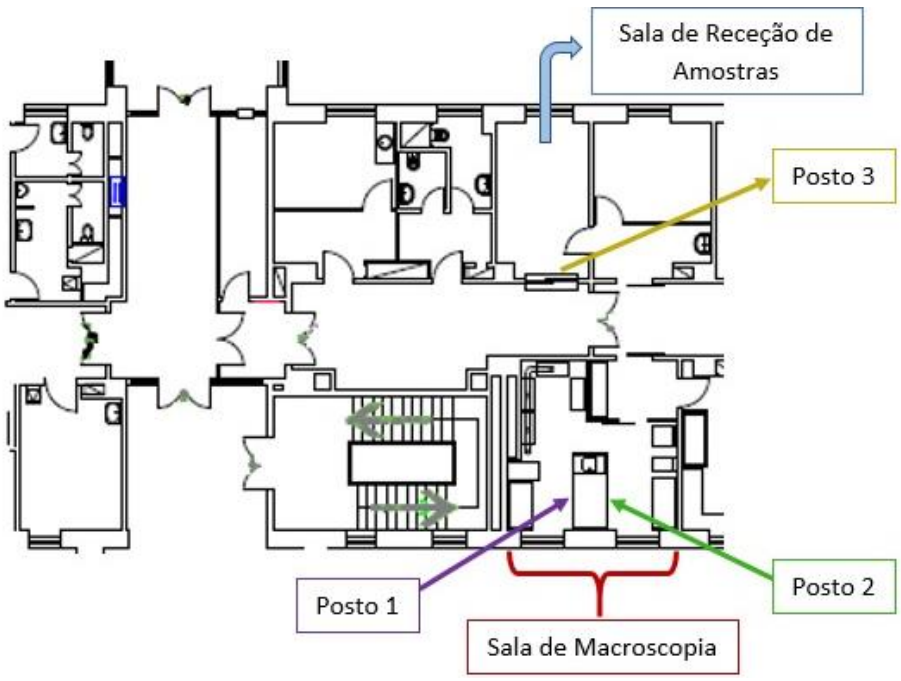


Figura 1 – Planta representativa da sala de macroscopia do departamento de anatomia patológica do CHUSJ onde foram realizadas as amostragens

Na unidade de autópsias (Figura 2), a amostragem foi realizada no local de lavagem de peças e no registo por serem as zonas mais críticas de manipulação com o formaldeído. Estas envolvem 4 técnicos, 1 técnico na zona de lavagem (posto 5) e 3 técnicos na zona de registo (posto 4).

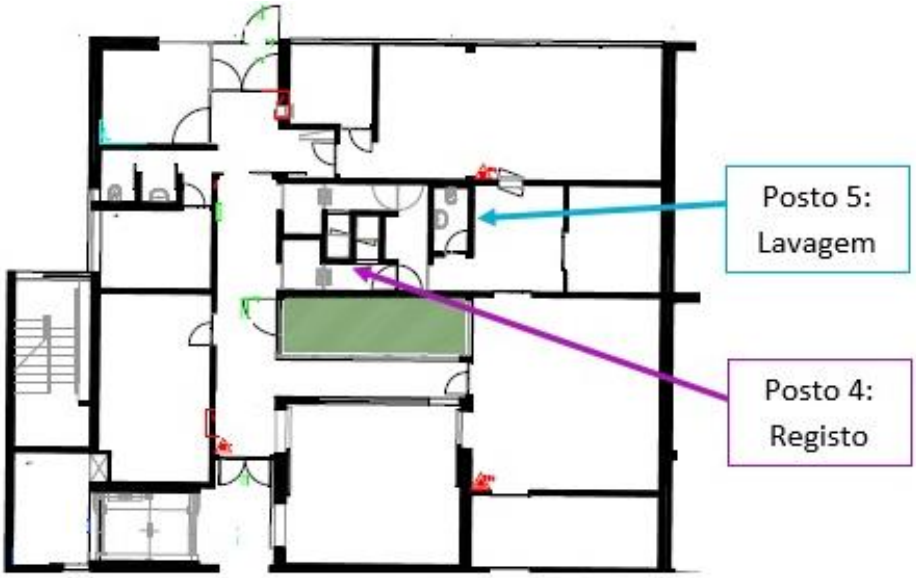


Figura 2 – Planta representativa da unidade de autópsias do CHUSJ onde foram realizadas as amostragens

3.3. Metodologia de amostragem do ar ocupacional

O método utilizado para o doseamento do formaldeído no ar ocupacional foi o NIOSH 2016. Neste método, a amostragem do ar ocupacional é feita com recurso a uma bomba (amostragem ativa) que força o ar a passar através de um meio de colheita/adsorvente que é composto por sílica gel impregnada com DNPH. A bomba de amostragem de ar utilizada nesta dissertação foi uma Pocket Pump TOUCH, que permite amostrar gases e vapores a baixos fluxos (de 20 a 500 mL/min), com uma autonomia de 20 h. O formaldeído presente no ar combina-se com DNPH dando origem a compostos secundários carbonil-hidrazonas que são extraídos posteriormente com acetonitrilo (mais detalhes na seção 3.4).

A amostragem ativa foi realizada na zona de respiração dos profissionais de saúde, com a duração de 15 min e com um fluxo de ar máximo de 0,5 L/min durante o processo de amostragem. O procedimento técnico de calibração da bomba de amostragem foi realizado antes e depois da recolha de amostras, com recurso a um calibrador modelo Defender-510 M com fluxo de 50 a 5000 mL/min. Por cada local de amostragem, foram feitos dois brancos. O branco assegura a não existência de contaminações durante todo o processo, pois é um material de retenção que sofre

as mesmas manipulações que o utilizado para as colheitas, transporte e conservação, com a exceção de não ter sido exposto ao formaldeído por não ser colocado nas bombas de amostragem. As amostras e os brancos foram, posteriormente, processadas (extração com ACN) e sujeitas a análise por cromatografia líquida de alta pressão, um sistema Waters Acquity UPLC com detetor de fotodíodos (PDA). O sistema foi controlado pelo software de cromatografia Empower da Waters (mais detalhes na seção 3.5).

A Figura 3 representa o sistema de amostragem utilizado para a medição da concentração de formaldeído nas salas de anatomia patológica do CHUSJ.

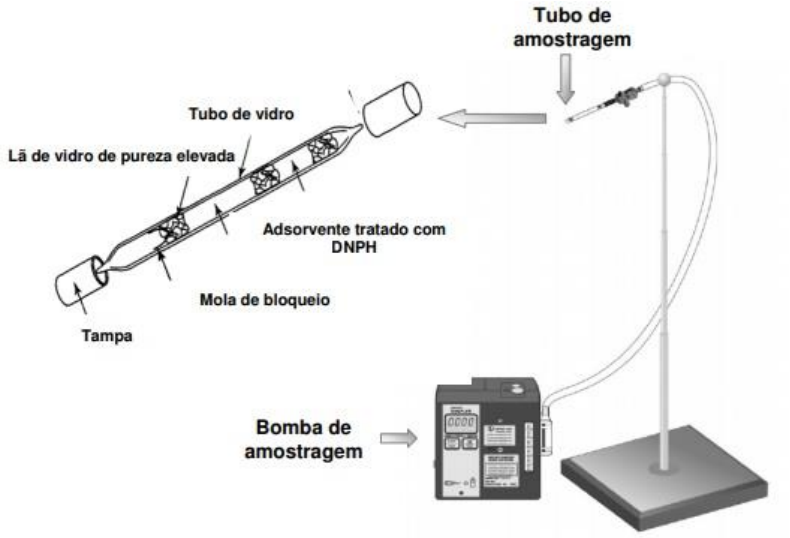


Figura 3 –Sistema de amostragem para tubos adsorventes [Fonte: EPA, 2004 (Method IP-6A)]

3.4. Processamento da Amostra

Depois de realizada a amostragem, procedeu-se ao processamento da amostra, isto é, à extração do formaldeído-DNPH do meio de colheita. Para tal, começou-se por transferir o meio de colheita, contendo o formaldeído-DNPH, do interior do tubo de amostragem para um tubo eppendorf. De seguida, adicionou-se 5 mL de acetonitrilo e agitou-se a mistura em vortex. A extração de formaldeído-DNPH foi efetuada com o auxílio do Sistema de Sonicação Diagenode Bioruptor UCD-200, durante 30 min. O bioruptor é um ultrassom potente que usa um banho de água para gerar ondas de sonicação indireta, com o objetivo de promover a transferência do meio de colheita para o solvente (acetonitrilo). Após retirar os tubos eppendorf do bioruptor, transferiram-se os extratos para vials, para posterior análise por UPLC-PDA.

3.5. Análise do formaldeído-DNPH por UPLC-PDA

A análise do formaldeído-DNPH foi realizada por cromatografia líquida de alta pressão com absorção no ultravioleta, a 360 nm. Na Tabela 3 estão compiladas as condições de análise do formaldeído-DNPH por UPLC-PDA.

Tabela 3 - Parâmetros do método de análise do formaldeído-DNPH em acetonitrilo por UPLC-PDA

Parâmetros do Método	Descrição
Técnica	UPLC-PDA
Equipamento	Waters Acquity UPLC H-class
Coluna	Waters ACQUITY UPLC BEH Phenyl (2,1x100 mm, 1,7 µm) - fase reversa
Modo	Isocrático (fase móvel A + fase móvel B (60:40))
Fluxo (mL/min)	0,4
λ (nm)	360
Volume de Injeção (µL)	10
Temperatura da amostra (˚C)	20
Temperatura da coluna (˚C)	35
Tempo de corrida (min)	3
Tempo de retenção do formaldeído-DNPH (min)	1,874 ± 0,002
Fase móvel A	H_2O/2-propanol (90:10)
Fase móvel B	100% Acetonitrilo

Depois de obtidos os resultados por UPLC-PDA, foi possível traçar uma reta de calibração com 10 pontos, correspondentes a concentrações de formaldeído-DNPH de 40 a 400 µg/L. A curva de calibração foi traçada tendo em conta a relação entre o sinal medido (área do pico do formaldeído-DNPH) em função da concentração do formaldeído-DNPH. De seguida, determinou-se o limite de quantificação e deteção através da reta de calibração. Estes dois parâmetros foram determinados pelo método baseado em parâmetros da curva analítica. O limite de deteção (LD) foi obtido com o auxílio da equação (1):

$$C_{LD}(\mu g/L) = 3 \times \frac{s_b}{a} \qquad (1)$$

Onde, s_b corresponde ao desvio padrão relativo à ordenada na origem e a corresponde ao declive da reta de calibração.

Ao longo do tratamento dos resultados obtidos, foi necessário realizar a conversão da concentração de formaldeído-DNPH para formaldeído. Isto foi conseguido dividindo a massa molar de formaldeído (30,03 g/mol) pela massa molar de formaldeído-DNPH (210,15 g/mol) obtendo-se o fator de conversão de 0,1429. Multiplicando os valores da massa de formaldeído-DNPH pelo valor obtido, obtiveram-se os valores em massa de formaldeído. Através do volume de ar colhido, obtido a partir das calibrações efetuadas, calculou-se a concentração de formaldeído no ar, multiplicando a massa de formaldeído pelo volume de ar colhido. Seguidamente, converteu-se a concentração de formaldeído de $\mu g/dm^3$ para $\mu g/m^3$, multiplicando por 10^{-3} e depois para mg/m^3, multiplicando por 1000. Para obter a concentração de formaldeído em ppm (massa volume) foi necessário utilizar a equação (2):

$$\text{ppm} = mg/m^3 \times \frac{24{,}45}{MM} \qquad (2)$$

Onde, 24,45 corresponde ao volume ocupado por uma molécula de gás, a 25˚C e 1 atm e MM corresponde à massa molecular do formaldeído (30,03 g/mol).

3.6. Avaliação e caraterização do risco ocupacional de acordo com a metodologia descrita no Guia técnico nº2 da DGS

A avaliação e caraterização do risco ocupacional será feita de acordo com o guia técnico nº2 da Direção Geral da Saúde: Vigilância dos trabalhadores expostos a agentes químicos cancerígenos, mutagénicos ou tóxicos para a reprodução (DGS 2018).

Numa primeira fase, foi efetuada uma avaliação dos contextos de exposição, tendo em conta as propriedades físico químicas do formaldeído, a sua classificação e a identificação dos trabalhadores expostos incluindo as principais tarefas executadas envolvendo a utilização/manuseamento/exposição ao formaldeído.

A avaliação do contexto de exposição profissional pode ser realizada através do preenchimento de uma matriz que atribui pontuações (escala de 1 a 5 pontos) a cada parâmetro que condiciona esta exposição: quantidade utilizada de formaldeído, propriedades físico-

químicas deste agente químico, as condições de trabalho, a frequência e a duração da sua utilização (anexo 9.1.1). Após pontuar cada categoria e através do somatório dos pontos, será obtida a graduação do contexto de exposição profissional, que poderá variar entre nível "Baixo" (quando o somatório das 5 categorias varia entre 5 a 10 pontos) e nível "Muito elevado" (quando o somatório varia entre 21 a 25 pontos).

A etapa seguinte passa por comparar o contexto de exposição profissional com o valor de referência que se encontra estabelecido para o formaldeído – cálculo do nível de exposição profissional do trabalhador (anexo 9.1.3). Os "valores de referência" utilizados foram os valores limites legais de exposição ao formaldeído para 8 h (média ponderada) e curta duração (15 min) de 0,3 ppm e 0,6 ppm, respetivamente, presentes na diretiva 2004/37/CE. Numa primeira abordagem, a comparação dos resultados obtidos foi feita com o valor 0,3 ppm correspondente à média ponderada. No caso de os resultados serem superiores ao limite legal, foi utilizada a comparação com o valor de 0,6 ppm correspondente à exposição de curta duração.

De seguida, procede-se à avaliação integral do risco profissional (anexo 9.1.4). A categoria da classe de perigo do agente químico corresponde à opção a adotar no Quadro 8, sendo que o formaldeído pertence à categoria 1B a nível da carcinogenicidade e categoria 2 a nível da mutagenicidade em células germinativas. Por fim, basta intervir em função do nível do risco profissional ser aceitável ou inaceitável (anexo 9.1.5).

3.7. Avaliação do risco cancerígeno e não cancerígeno através do RAIS

A avaliação do risco cancerígeno e não cancerígeno do formaldeído foi estimada de acordo com o Sistema de Informação de Avaliação de Risco (RAIS) de acordo com o método US EPA (EPA 2020).

3.7.1. Avaliação do risco cancerígeno

A avaliação do risco cancerígeno com o intuito de determinar o excesso de probabilidade de cancro ao longo da vida, devido à exposição a agentes químicos cancerígenos, pode ser efetuada com o auxílio da equação (3):

$$CDI_{iw-air-ca}\left(\frac{\mu g}{m^3}\right) = \frac{C_{air}\left(\frac{\mu g}{m^3}\right) \times EF_{iw}\left(\frac{250\ days}{years}\right) \times ED_{iw}(25\ years) \times ET_{iw}\left(\frac{8\ h}{day}\right) \times \left(\frac{1\ day}{24\ h}\right)}{AT_{iw}\left(\frac{365\ days}{year} \times LT(70\ years)\right)} \qquad (3)$$

Onde $CDI_{iw\ -\ air\ -\ ca}$ = ingestão diária crónica para o risco cancerígeno (µg/m^3); C_{air} =concentração no ar ambiente (µg/m^3); EF, ED, ET = frequência, duração (anos) e tempo (h/dia) de exposição, respetivamente; AT_{iw} = tempo médio (igual a 365 dias/ano); LT = vida do trabalhador (igual a 70 anos).

Depois de determinar o CDI, utiliza-se a equação (4) para calcular o risco cancerígeno (IR):

$$IR = CDI \times IUR \qquad (4)$$

Onde IUR = Risco de unidade de inalação (1,3x10^{-5} m^3/µg para formaldeído) (Eames A and Hill. 2017).

3.7.2. Avaliação do risco não cancerígeno

A avaliação do risco não cancerígeno pode ser efetuada com o auxílio da equação (5):

$$CDI_{iw-air-nc}\,(mg/m^3) = \frac{C_{air}\left(\frac{\mu g}{m^3}\right) \times EF_{iw}\left(\frac{250\ days}{years}\right) \times ED(25\ years) \times ET_{iw}\left(\frac{8\ h}{day}\right) \times \left(\frac{1\ day}{24\ h}\right)}{AT_{iw-a}\left(\frac{365\ days}{year} \times ED_{iw}(25\ years)\right) \times \left(\frac{1000\ \mu g}{1\ mg}\right)} \qquad (5)$$

Para riscos à saúde não relacionados com cancro, calcula-se o quociente de risco (HQ) com o auxílio da equação (6):

$$HQ = \frac{CDI}{RfC} \qquad (6)$$

Onde, HQ = quociente de risco; CDI = ingestão diária crônica para o risco não cancerígeno (mg/m^3) e RfC = nível de exposição de referência de inalação para efeitos crónicos não cancerígenos do formaldeído na saúde para a população em geral (9,8x10^{-3} mg/m^3) (Eames A and Hill. 2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise quantitativa do formaldeído-DNPH por UPLC-PDA

Com o intuito de validar o método de análise de formaldeído-DNPH por UPLC-PDA, obtiveram-se alguns parâmetros: equação da reta de calibração, gama de linearidade e limites de deteção e quantificação.

A reta de calibração obtida para o formaldeído-DNPH (Figura 4) foi a seguinte: Área= (936 ± 12) x C (µg/L) +(-14313±2799). Esta reta contem 10 pontos, apresenta linearidade, coeficiente de correlação acima de 0,995 e erro de declive inferior a 5%. A linearidade do método foi observada na gama de concentrações de formaldeído-DNPH, entre 40 e 400 µg/L, diferindo, portanto, de um fator mínimo de 10. Com base no tratamento estatístico dos dados, foram efetuados os cálculos do limite de deteção e quantificação (LQ), obtendo-se um valor de 9 µg/L e 30 µg/L, respetivamente, para o formaldeído-DNPH. Calculou-se também o limite de deteção equivalente para o formaldeído obtendo-se o valor de 0,002 ppm. O LD corresponde à menor quantidade de analito que pode ser detetada numa amostra, mas não necessariamente quantificada como valor exato. Por outro lado, o LQ corresponde à menor concentração medida a partir da qual é possível quantificar a presença de analito, com uma dada precisão e exatidão (as definidas no método).

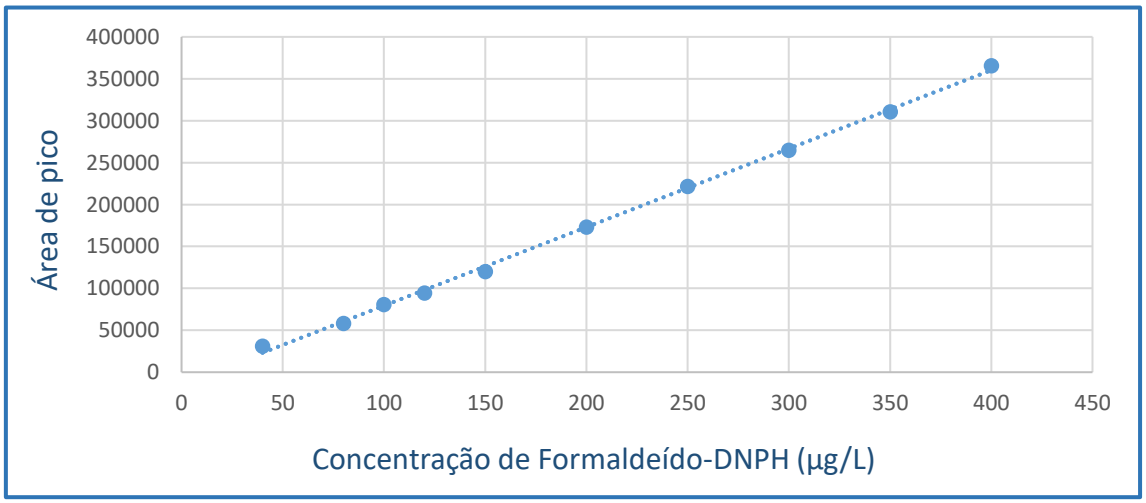


Figura 4 - Reta de calibração para análise de formaldeído-DNPH por UPLC-PDA

4.1.1. Monitorização do formaldeído na zona de respiração dos profissionais de saúde que operam na macroscopia e unidade de autópsias

A medição da concentração de formaldeído, na zona de respiração dos profissionais de saúde do CHUSJ, foi realizada na sala de macroscopia e na unidade de autópsias. A Tabela 4 compila as concentrações de formaldeído medidas durante a execução das tarefas descritas (o valor apresentado é a média de duas análises independentes), assim como os valores-limite legais.

Tabela 4 - Quantificação do formaldeído nas tarefas realizadas na sala de macroscopia e unidade de autópsias e valores limites legais

	Tarefa	Concentração média de formaldeído medido (ppm)	Valores limites legais de exposição	Comparação com a legislação
Sala de macroscopia	Posto 1: Exame macroscópico de peças de maior dimensão	0,066	15 min: 0,6 ppm 8 h: 0,3 ppm	Inferior aos valores limites legais
	Posto 2: Exame macroscópico de peças de menor dimensão	0,036		
	Posto 3: Sala de receção de amostras	0,010		
Unidade de autópsias	Posto 4: Registo de peças lavadas	0,014		
	Posto 5: Lavagem de peças	0,096		

Na sala de macroscopia, no posto 1 e posto 2, a concentração média de formaldeído obtida foi de 0,066 ppm e 0,036 ppm, respetivamente. Na sala de receção de amostras (posto 3), a concentração de formaldeído medida foi de 0,010 ppm. Através da análise destes resultados, é possível concluir que todos os profissionais de saúde da sala de macroscopia estão a trabalhar de acordo com os valores limites de exposição legais. Na sala de unidade de autópsias, no posto 4 (zona de registo) e posto 5 (zona de lavagem), a concentração média de formaldeído obtida foi de 0,014 ppm e 0,096 ppm, respetivamente. Através da análise destes resultados, é possível

concluir que todos os profissionais de saúde da unidade de autópsias estão a trabalhar de acordo com os valores limites de exposição legais.

O maior valor obtido para a concentração de formaldeído corresponde à unidade de autópsias, na lavagem de peças, o que faz algum sentido tendo em conta que as peças estão conservadas em formaldeído, existe manipulação com o formaldeído e por isso o funcionário está exposto ao composto. O menor valor foi obtido na sala de receção de amostras (posto 3), o que relata bem a realidade tendo em conta que neste local não existe qualquer manipulação do formaldeído, apenas é um local de receção de amostras e estas encontram-se devidamente isoladas.

Comparando os resultados obtidos neste estudo com os resultados encontrados na revisão do estado da arte, na seção 2.4, pode-se concluir que os níveis de exposição a que os profissionais do CHUSJ estão sujeitos são muito inferiores aos encontrados na literatura.

4.2. Avaliação do contexto de exposição profissional ao formaldeído

Para a realização da avaliação do risco foi utilizada a matriz de avaliação do contexto de exposição profissional presente no anexo 9.1.1. A pressão de vapor do formaldeído, a 25˚C corresponde a 3886 mm Hg que é aproximadamente igual a 5181 hPa, portanto, na categoria B, será sempre utilizado a coluna respetiva a 5 pontos. Todas as outras categorias vão variar de acordo com o local de manipulação e o tipo de tarefa. A cada somatório obtido da pontuação das 5 categorias corresponde um intervalo de graduação do contexto de exposição profissional (anexo 9.1.2: graduação do contexto de exposição profissional).

4.2.1. Na sala de macroscopia

Na sala de macroscopia, a avaliação da exposição ocupacional ao formaldeído foi realizada em três contextos diferentes de exposição: no posto 1, com a realização de exame macroscópico de peças de maior dimensão, no posto 2, com a realização de exame macroscópico de peças de menor dimensão e no posto 3, no local de receção de amostras.

Na Tabela 5, foi realizada uma matriz de avaliação do contexto de exposição profissional ao formaldeído. A realização de exame macroscópico envolvendo peças de maior dimensão, no posto 1, envolve apenas um profissional de saúde que usa uma máscara BLS, ao passo que os

restantes trabalhadores usam máscaras cirúrgicas. A realização de exame macroscópico envolvendo peças de menor dimensão envolve um profissional de saúde no posto 1 e dois trabalhadores no posto 2. Em todos os postos, tanto na categoria D (frequência de utilização) como na categoria E (duração da utilização de formaldeído, em um dia) foi atribuída a pontuação de 5 pontos pois é uma tarefa realizada de forma contínua durante todo o tempo laboral. Em relação à quantidade utilizada de formaldeído (categoria A), no posto 1 foi atribuída uma pontuação de 4 pontos, por se utilizar uma quantidade de formaldeído relativamente grande (entre 10 a 100 L). Na mesma categoria, no posto 2, foi atribuída uma pontuação de 3 pontos, pelo facto de ser utilizada uma quantidade de formaldeído média (entre 1 a 10 L), o que faz sentido pois as peças analisadas são de menor dimensão comparando com o posto 1. No posto 3, foi atribuída a pontuação de 2 pontos na categoria A, porque apesar de neste local ser feita a receção de amostras que estão em frascos devidamente isolados e fechados, as amostras chegam em formaldeído e dependendo do tamanho da amostra o volume pode ser até 1 L. No posto 1 e 2, foi atribuída uma pontuação de 4 pontos na categoria C (condições de trabalho) pois existe uma média probabilidade de contacto direto com a pele e exposição por inalação. No posto 3, na mesma categoria, foi atribuída uma pontuação de 2 pontos tendo em conta que todas as amostras que chegam a esta sala estão devidamente isoladas e por esta razão existe baixa possibilidade de inalação e contacto direto com a pele.

Tabela 5 - Matriz de avaliação do contexto de exposição profissional ao formaldeído, na sala de macroscopia

Manuseamento de formaldeído na sala de macroscopia e na sala de receção de amostras			
Tarefa	Pontuação atribuída à categoria (1-5 pontos)	Total de pontos	Graduação correspondente
Posto 1: Exame macroscópico de peças de maior dimensão	A. 4	23	Muito elevado
	B. 5		
	C. 4		
	D. 5		
	E. 5		
Posto 2: Exame macroscópico de peças de menor dimensão	A. 3	22	Muito elevado
	B. 5		
	C. 4		
	D. 5		
	E. 5		
Posto 3: Sala de receção de amostras	A. 2	19	Elevado
	B. 5		
	C. 2		
	D. 5		
	E. 5		

4.2.2. Na unidade de autópsias

Na unidade de autópsias, a avaliação da exposição ocupacional ao formaldeído foi realizada em dois contextos de exposição diferentes: no posto 4, com a atividade de registo das peças lavadas e no posto 5, com a atividade de lavagem de peças conservadas em formaldeído (ex.: lavagem de placentas).

Na Tabela 6, foi realizada uma matriz de avaliação do contexto de exposição profissional ao formaldeído. O registo de peças lavadas, no posto 4, envolve três funcionários e consiste numa tarefa realizada várias vezes ao dia e, portanto, foi atribuída uma pontuação de 4 pontos à categoria D (frequência de utilização). Na categoria E, relativa à duração da utilização de formaldeído, em um dia, foi atribuída a pontuação de 5 pontos pois é uma tarefa realizada de forma contínua durante o tempo laboral. Como existem algumas peças que não são lavadas, na categoria A (quantidade utilizada de formaldeído), foi atribuída uma pontuação de 3 pontos.

A lavagem de peças conservadas em formaldeído, executada no posto 5, exige apenas um trabalhador. Segundo informações do trabalhador, esta tarefa é executada, aproximadamente, 1 hora por dia e, portanto, foi atribuído a pontuação de 3 pontos à categoria D. Na categoria E, foi atribuída a pontuação de 3 pontos pois foi considerada uma média utilização variável entre 1 a 2 horas. Em relação à categoria A, foi atribuída uma pontuação de 4 pontos tendo em conta que algumas peças analisadas são grandes (ex.: placenta de gémeos) e por esse motivo, chegam ao local de lavagem em baldes conservadas em formaldeído.

Em relação às condições de trabalho (categoria C), foi atribuída uma pontuação de 3 pontos, em ambos os postos, pois o sistema é considerado semifechado ou sistema aberto com ventilação automática.

Tabela 6- Matriz de avaliação do contexto de exposição profissional ao formaldeído, na unidade de autópsias

Manuseamento de formaldeído na unidade de autópsias			
Tarefa	Pontuação atribuída à categoria (1-5 pontos)	Total de pontos	Graduação correspondente
Posto 4: Registo de peças lavadas	A. 3	20	Elevado
	B. 5		
	C. 3		
	D. 4		
	E. 5		
Posto 5: Lavagem de peças conservadas em formaldeído	A. 4	18	Elevado
	B. 5		
	C. 3		
	D. 3		
	E. 3		

4.3. Avaliação do nível de exposição profissional ao formaldeído na macroscopia e unidade de autópsias

Para avaliar o nível de exposição profissional ao formaldeído é necessário combinar três informações (Tabela 7): as concentrações de formaldeído medidas na zona de respiração dos trabalhadores em diferentes contextos de exposição (seção 4.1.1); o resultado obtido para os diferentes contextos profissionais (seção 4.2.) e os valores de referência para exposição ao formaldeído em ambientes internos (0,3 ppm para exposição de 8 horas e 0,6 ppm para 15 min).

Tabela 7 – Combinação de três parâmetros para obtenção do resultado final referente ao nível de exposição profissional ao formaldeído na macroscopia e unidade de autópsias

	Tarefa	Concentração de formaldeído medido (ppm)	Contexto de exposição	Valor de referência	Resultado final
Sala de macroscopia	Posto 1: Exame macroscópico de peças de maior dimensão	0,066	Muito elevado	0,6 ppm para exposições de curta duração (15 min)	Exposição média
	Posto 2: Exame macroscópico de peças de menor dimensão	0,036	Muito elevado		
	Posto 3: Sala de receção de amostras	0,010	Elevado		
Unidade de autópsias	Posto 4: Registo de peças lavadas	0,014	Elevado		
	Posto 5: Lavagem de peças	0,096	Elevado		

Tanto na sala de macroscopia como na unidade de autópsias, a graduação correspondente ao contexto de exposição profissional deu elevado ou muito elevado. Em ambos os locais, como já analisado na seção 4.1.1, podemos concluir que todos os profissionais de saúde estão a trabalhar de acordo com os valores limites de exposição legais de 0,3 ppm para exposição de 8 horas e 0,6 ppm para exposição de curta duração (15 min), o que significa que na Figura 5, vamos

analisar tendo em conta valores inferiores ao valor de referência. Abaixo do nível de referência e considerando o contexto de exposição profissional elevado ou muito elevado, obteve-se uma exposição média.

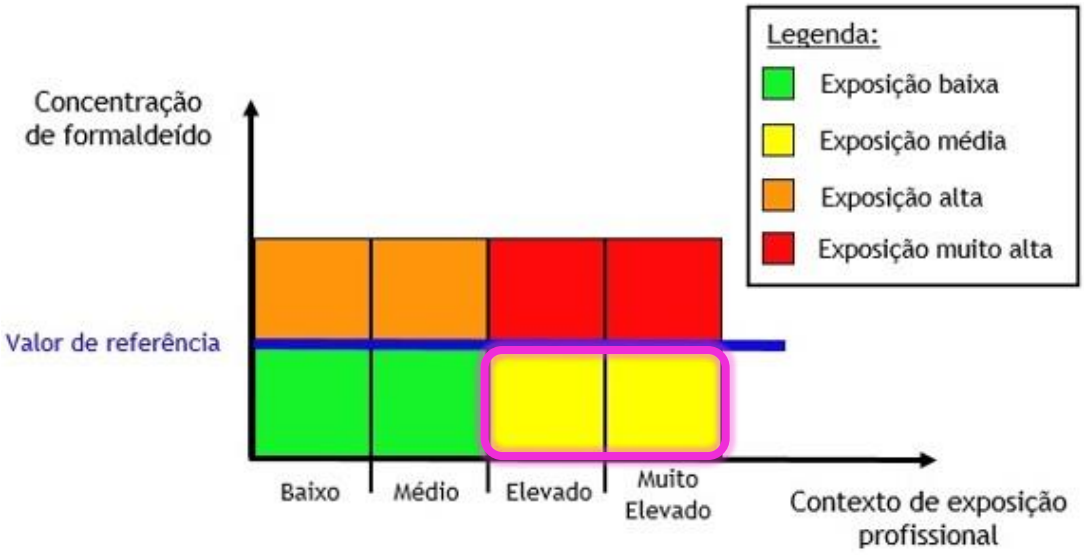


Figura 5 - Graduação do nível de exposição profissional

4.4. Avaliação do nível do risco profissional por exposição ao formaldeído na macroscopia e unidade de autópsias

O formaldeído pertence à categoria 1B a nível da carcinogenicidade e à categoria 2 a nível da mutagenicidade e com o auxílio do quadro presente no anexo 9.1.4, é possível realizar a avaliação integral do risco profissional. Quando o produto utilizado apresenta na sua classificação mais do que uma classe de perigo, opta-se pela categoria mais elevada e gravosa na aplicação da graduação do nível do risco profissional, ou seja, foi utilizada a categoria 1B do quadro 8 pois é uma classificação mais elevada do que a categoria 2, obtendo-se assim um risco médio para a graduação do nível do risco profissional quando se cruza a categoria com o resultado do nível de exposição profissional (Figura 6).

		Toxicologia/Efeitos para a saúde
		Categoria 1B
Nível de exposição profissional	Baixa	Risco Baixo
	Média	Risco Médio
	Alta	Risco Alto
	Muito alta	Risco Alto

Figura 6 - Graduação do nível de risco profissional

De acordo com o guia técnico da DGS, considera-se que o "risco profissional baixo" está associado a um risco aceitável e um "risco profissional alto ou muito alto" está associado a um risco não aceitável que exige medidas corretivas. Em função do nível do risco profissional existe uma intervenção associada e no caso de o nível de risco profissional ser médio, a ação preventiva passa por ser necessário recorrer a verificações periódicas de modo a assegurar que se mantem a eficácia das medidas de prevenção/controlo. Contudo, a avaliação do risco profissional deve ser repetida/atualizada periodicamente, sempre que se verifiquem alterações significativas que possam desatualizar a avaliação, quando houver alterações das condições de trabalho suscetíveis de afetar a exposição dos trabalhadores a agentes carcinogénicos e mutagénicos, sempre que seja ultrapassado o valor limite de exposição profissional obrigatório e quando o resultado da vigilância da saúde justificar a necessidade de nova avaliação.

4.5. Cálculo do risco cancerígeno e não cancerígeno

A avaliação do risco cancerígeno e não cancerígeno foi efetuada com o auxílio das equações presentes na seção 3.7 e de acordo com o método US EPA. A cada contexto de exposição foi calculado o risco cancerígeno e não cancerígeno. Como todas as amostragens foram feitas em duplicado, para uma maior reprodutibilidade dos resultados, nos cálculos, foi utilizado a média do formaldeído, em $\mu g/m^3$, para cada posto de trabalho. Na Tabela 8, estão apresentados os resultados obtidos no cálculo do risco cancerígeno e não cancerígeno.

A US EPA considera que o risco cancerígeno é "aceitável" na faixa entre 10^{-6} a 10^{-4}, concluindo-se assim que o risco cancerígeno obtido, para todos os contextos de exposição está num nível aceitável, exceto no posto 5, na lavagem de peças, cujo valor obtido foi de $1{,}25 \times 10^{-4}$, um valor ligeiramente acima do aceitável.

Os riscos não cancerígenos, através do cálculo dos quocientes de perigo, são considerados inaceitáveis quando maiores que 1. No posto 3 e 4, foram obtidos quocientes inferiores a 1, o que significa que em ambos os postos de trabalho, o risco não cancerígeno é aceitável. No posto 1, 2 e 5, foram obtidos valores superiores a 1, o que significa que nestas tarefas o risco não cancerígeno é inaceitável, principalmente no posto 5 cujo valor obtido foi de 2,74, muito acima de 1.

Tabela 8 - Resultados obtidos para o risco cancerígeno e não cancerígeno

	Tarefa	Risco cancerígeno	Risco não cancerígeno
Sala de macroscopia	Posto 1: Exame macroscópico de peças de maior dimensão	$8{,}60 \times 10^{-5}$	1,89
	Posto 2: Exame macroscópico de peças de menor dimensão	$4{,}73 \times 10^{-5}$	1,04
	Posto 3: Sala de receção de amostras	$1{,}25 \times 10^{-5}$	0,28
Unidade de autópsias	Posto 4: Registo de peças lavadas	$1{,}87 \times 10^{-5}$	0,41
	Posto 5: Lavagem de peças	$1{,}25 \times 10^{-4}$	2,74

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi avaliada a exposição ocupacional ao formaldeído de um grupo de profissionais de saúde dos Serviços de Anatomia Patológica do Centro Hospitalar de São João, nomeadamente os profissionais da sala de macroscopia e da unidade de autópsias.

Foi possível constatar que os profissionais estão expostos a níveis reduzidos de formaldeído, inferiores aos valores limite estabelecidos pela diretiva 2004/37/CE do Parlamento Europeu e do CMD, para todos os países da União Europeia. Este acontecimento pode ser explicado por algumas caraterísticas dos locais onde foram realizadas as amostragens, medidas organizacionais e também ao uso de equipamentos de proteção individual e coletiva para minimizar os efeitos nocivos relativos à exposição ao formaldeído: sistema de ventilação de fluxo descendente, introdução de ventilação de exaustão local e prevenção de vazamentos.

A avaliação e caracterização do risco ocupacional de acordo com a metodologia descrita pela DGS revelou que os trabalhadores estão sob médio risco, pelo que são necessárias verificações regulares da eficácia das medidas de prevenção/controlo e poderão ser necessárias melhorias nas ações preventivas existentes.

Relativamente ao cálculo do risco cancerígeno, apenas no posto 5, na lavagem de peças, deu um valor ligeiramente acima do aceitável. Quanto ao risco não cancerígeno, para os postos de trabalho 1, 2 e 5, através do cálculo dos quocientes de perigo, foram obtidos valores superiores a 1, portanto nestes locais o risco não cancerígeno deu inaceitável.

6. APRECIAÇÃO FINAL

Após 6 meses exaustivos de trabalho e dedicação exclusiva à dissertação de mestrado, os objetivos foram cumpridos em grande parte, embora não tenha sido possível realizar a amostragem de 8 horas, por questões de incómodo e ruído provocado pela bomba de amostragem de baixo fluxo aos profissionais de saúde.

Este trabalho foi um bom ponto de partida na área da investigação e conhecimento de instrumentos de pesquisa.

7. TRABALHOS FUTUROS

De seguida, apresentam-se alguns aspetos a ter em consideração para trabalhos futuros:

- ✓ Realizar amostragem de 8 horas pois é mais completa e permite uma avaliação mais pormenorizada;
- ✓ Realizar a amostragem em 2 meses distintos para haver um termo de comparação e ser possível verificar a influência ou não da temperatura e da humidade nos resultados;
- ✓ Realizar um estudo de avaliação da exposição ao formaldeído que envolva a aplicação de vários biomarcadores bem como um aumento do número de indivíduos estudados. Assim, os resultados obtidos refletiriam melhor os efeitos adversos provocados pela exposição ocupacional a este agente químico na saúde dos profissionais e contribuiriam seguramente para a prevenção dos mesmos.

8. REFERÊNCIAS

Adamović, D. 2020. 'Occupational safety in the medical laboratory and formaldehyde exposure. [Zaštita na radu u medicinskom laboratoriju i izloženost formaldehidu] Sigurnost, 62(2), 105-114. doi:10.31306/s.62.2.7'.

Alves, Célia A., and Sullamy Dayse Gomes Aciole. 2012. 'Formaldeído em escolas: uma revisão', *Química Nova*, 35: 2025-39.

ATSDR. 1999. 'Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1999. Toxicological Profile for Formaldehyde. Atlanta, GA:Agency for Toxic Substances and Disease Registry. '. https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp111.pdf.

Aung, Win, Hironari Sakamoto, Ayana Sato, Ei-Ei-Pan-Nu Yi, Zaw-Lin Thein, Myint-San Nwe, Nanda Shein, Htin Linn, Shigehisa Uchiyama, Naoki Kunugita, Tin-Tin Win-Shwe, and Ohn Mar. 2021. 'Indoor Formaldehyde Concentration, Personal Formaldehyde Exposure and Clinical Symptoms during Anatomy Dissection Sessions, University of Medicine 1, Yangon', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18: 712.

Baldelli, Alberto, Matthew Jeronimo, Matthew Tinney, and Karen Bartlett. 2020. 'Real-time measurements of formaldehyde emissions in a gross anatomy laboratory', *SN Applied Sciences*, 2: 769.

Bruinen de Bruin, Y., K. Koistinen, S. Kephalopoulos, O. Geiss, S. Tirendi, and D. Kotzias. 2008. 'Characterisation of urban inhalation exposures to benzene, formaldehyde and acetaldehyde in the European Union: comparison of measured and modelled exposure data', *Environ Sci Pollut Res Int*, 15: 417-30.

Casas Duarte, Jenny. 2015. 'Caracterización de la exposición ocupacional a formaldehído en trabajadores del sector salud y educación en Colombia 2004-2013.'.

Castro, M. D. L.; Gamiz-Gracia. L. 1999. 'Determination of formaldehyde in liquid, solid and semisolid pharmaceuticals and cosmetics by flow injection-pervaporation. '.

Costa, S., C. Costa, J. Madureira, V. Valdiglesias, A. Teixeira-Gomes, P. Guedes de Pinho, B. Laffon, and J. P. Teixeira. 2019. 'Occupational exposure to formaldehyde and early biomarkers of cancer risk, immunotoxicity and susceptibility', *Environ Res*, 179: 108740.

DGS. 2018. 'Guia técnico nº 2: Vigilância dos trabalhadores expostos a agentes químicos cancerígenos, mutagénicos ou tóxicos para a reprodução'. https://www.dgs.pt/saude-ocupacional/referenciais-tecnicos-e-normativos/guias-tecnicos/guia-tecnico-n-2-pdf1.aspx.

Druszcz, Mariana, Jörg Metzger, and Marielle Feilstrecker. 2020. 'Aplicação de ferramentas de avaliação de risco à saúde humana a águas subterrâneas contaminadas com organoclorados', *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 17: 4-4.

Dugheri, S., D. Massi, N. Mucci, N. Berti, G. Cappelli, and G. Arcangeli. 2020. 'How improvements in monitoring and safety practices lowered airborne formaldehyde concentrations at an Italian university hospital: a summary of 20 years of experience', *Arh Hig Rada Toksikol*, 71: 178-89.

Dugheri, Stefano, Alessandro Bonari, Ilenia Pompilio, Marco Colpo, Nicola Mucci, and Giulio Arcangeli. 2018. 'An Integrated Air Monitoring Approach for Assessment of Formaldehyde in the Workplace', *Safety and Health at Work*, 9: 479-85.

Eames A, Wen M, Yuangfu Y, et al. University of, and North Carolina at Chapel Hill. 2017. 'Formaldehyde and Other Air Toxics: Risk and Exposure Assessment'. http://lar.wsu.edu/images/reu_projects/2017eames_poster.pdf.

EC. 2008. 'Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending

Regulation (EC) No 1907/2006'. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272&from=PT.

ECHA. 2012. 'RAC (Committee for Risk Assessment) Opinion proposing harmonised classification and labelling at EU level of formaldehyde. Adopted 30 November 2012. ed. Helsinki: European Chemicals Agency (ECHA). '. https://echa.europa.eu/documents/10162/b8dfa022-9544-72e8-dcaa-7491dff3c0d5.

EPA. 2020. 'RAIS Chemical Risk Calculator User's Guide'. https://rais.ornl.gov/tools/rais_chemical_risk_guide.html.

Gahukar, Shailesh, Ujwala Ramteke, Deepanjan Majumdar, Raman Malviya, Dinkar Patil, Jitendra Trivedi, C. V. Chalapati Rao, and Ashok Kale. 2014. 'Prevalence of formaldehyde in indoor air of gross anatomy laboratory and cadaver storage room of a medical college', *Journal of Environmental and Occupational Science*, 3: 1.

Homwutthiway;, and Ongwandee. 2017. 'Investigation of Formaldehyde in Gross Anatomy Laboratory: Area-Based and Exposure Levels, Ventilation, Health Risk and Clinical Symptoms. Applied Environmental Research. 39, 3 (Nov. 2017), 77-90. DOI:https://doi.org/10.35762/AER.2017.39.3.8.'.

IARC. 2013. 'Lista de agentes cancerígenos (grupo 1) da Agência Internacional para a Investigação do Cancro, considerada na elaboração da LINACH'. https://www.normaslegais.com.br/legislacao/anexo-port-mps-mte-ms-9-2014.pdf.

IPCS. 1989. 'Formaldehyde. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety'. http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc89.htm.

Jalali, Mahdi, Somayeh Rahimi Moghadam, Mansour Baziar, Ghasem Hesam, Zahra Moradpour, and Hamid Reza Zakeri. 2021. 'Occupational exposure to formaldehyde, lifetime cancer probability, and hazard quotient in pathology lab employees in Iran: a quantitative risk assessment', *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 1878-88.

Karami Mosafer, Azam, Elnaz Taheri, Abdulrahman Bahrami, Seyed Mohammad Zolhavarieh, and Mohammad Javad Assari. 2020. 'Comparing formaldehyde risk assessment in histopathology laboratory staff using three methods based on US EPA approaches in the west of Iran', *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*: 1-11.

Latorre, N., J. F. Silvestre, and A. F. Monteagudo. 2011. 'Allergic Contact Dermatitis Caused by Formaldehyde and Formaldehyde Releasers', *Actas Dermo-Sifiliográficas (English Edition)*, 102: 86-97.

Liu, Z., and J. C. Little. 2012. '4 - Materials responsible for formaldehyde and volatile organic compound (VOC) emissions.' in F. Pacheco-Torgal, S. Jalali and A. Fucic (eds.), *Toxicity of Building Materials* (Woodhead Publishing).

Mucci, Nicola, Stefano Dugheri, Venerando Rapisarda, Marcello Campagna, Giacomo Garzaro, Andrea Farioli, Giovanni Cappelli, and Giulio Arcangeli. 2019. 'Occupational exposure to airborne formaldehyde in hospital: setting an automatic sampling system, comparing different monitoring methods and applying them to assess exposure', *La Medicina del Lavoro | Work, Environment and Health*, 110: 446-58.

NLM. 2004. 'National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2004-. PubChem Compound Summary for CID 712, Formaldehyde'. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/712.

OECD. 2002. 'Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)- Monitoring Database '. https://hpvchemicals.oecd.org/ui/handler.axd?id=5525377e-1442-43d0-8c76-f8cacfadf8bb.

OMS. 1989. 'ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. Critérios de Saúde Ambiental para formaldeído. Volume 89. Organização Mundial da Saúde, Genebra, Suíça. 1989.'.

OMS. 2000. 'SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS PERIGOSAS À SAÚDE E AO AMBIENTE'. file:///C:/Users/Utilizador/Downloads/subs_quimicas.pdf.

OMS. 2002. 'Formaldehyde'. https://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad40.pdf.

OSHA. 1992. 'Occupational Exposure to Formaldehyde. 29 CFR Part 1910. Vol.57, No.102/ Rules and Regulations'. https://www.osha.gov/FedReg_osha_pdf/FED19920527.pdf.

Ramírez, N., A. Cuadras, E. Rovira, F. Borrull, and R. M. Marcé. 2012. 'Chronic risk assessment of exposure to volatile organic compounds in the atmosphere near the largest Mediterranean industrial site', *Environ Int*, 39: 200-9.

RNEHR. 2017. 'Rede Nacional de Especialidade Hospitalar e de Referenciação: Anatomia Patológica'.https://www.sns.gov.pt/wp-content/uploads/2017/03/2017-01-20_RNEHR_AnatPat_vs-2-0.pdf.

Saowakon, N., P. Ngernsoungnern, P. Watcharavitoon, A. Ngernsoungnern, and R. Kosanlavit. 2015. 'Formaldehyde exposure in gross anatomy laboratory of Suranaree University of Technology: a comparison of area and personal sampling', *Environ Sci Pollut Res Int*, 22: 19002-12.

Sayed, Sharifah, Wan Nurul Farah Wan Azmi, Yuvaneswary Veloo, and Rafiza Shaharudin. 2019. 'Formaldehyde Exposure, Health Symptoms and Risk Assessment among Hospital Workers in Malaysia', *Journal of Environmental Protection*, 10: 861-79.

Scheepers, Paul T. J., Martien H. F. Graumans, Gwendolyn Beckmann, Maurice Van Dael, Rob B. M. Anzion, Maarten Melissen, Nicole Pinckaers, Luuk Van Wel, Laurie M. A. De Werdt, Vera Gelsing, and Albert Van Linge. 2018. 'Changes in Work Practices for Safe Use of Formaldehyde in a University-Based Anatomy Teaching and Research Facility', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15.

Sexton, K., S. H. Linder, D. Marko, H. Bethel, and P. J. Lupo. 2007. 'Comparative assessment of air pollution-related health risks in Houston', *Environ Health Perspect*, 115: 1388-93.

SYKE. 2018. 'Data bank of environmental properties of chemicals: Formaldehyde (CASRN: 50-00-0)'.http://wwwp.ymparisto.fi/scripts/Kemrek/Kemrek_uk.asp?Method=MAKECHEMdetailsform&txtChemId=188.

USEPA. 2020. 'Risk Assessment: Regional Removal Management Levels (RMLs) User's Guide'. https://www.epa.gov/risk/regional-removal-management-levels-rmls-users-guide.

WHO. 2000. 'IPCS. Environmental Health criteria, Human Exposure Assessment, Volume 214. '. http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc214.htm.

Yahyaei, Elham, Behzad Majlesi, Mohammad Naimi joubani, Yasaman Pourbakhshi, Samira Ghiyasi, Mehdi Jamshidi Rastani, and Mahmoud Heidari. 2020. 'Occupational Exposure and Risk Assessment of Formaldehyde in the Pathology Departments of Hospitals', *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 21: 1303-09.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1 – Análise do risco profissional (DGS 2018)

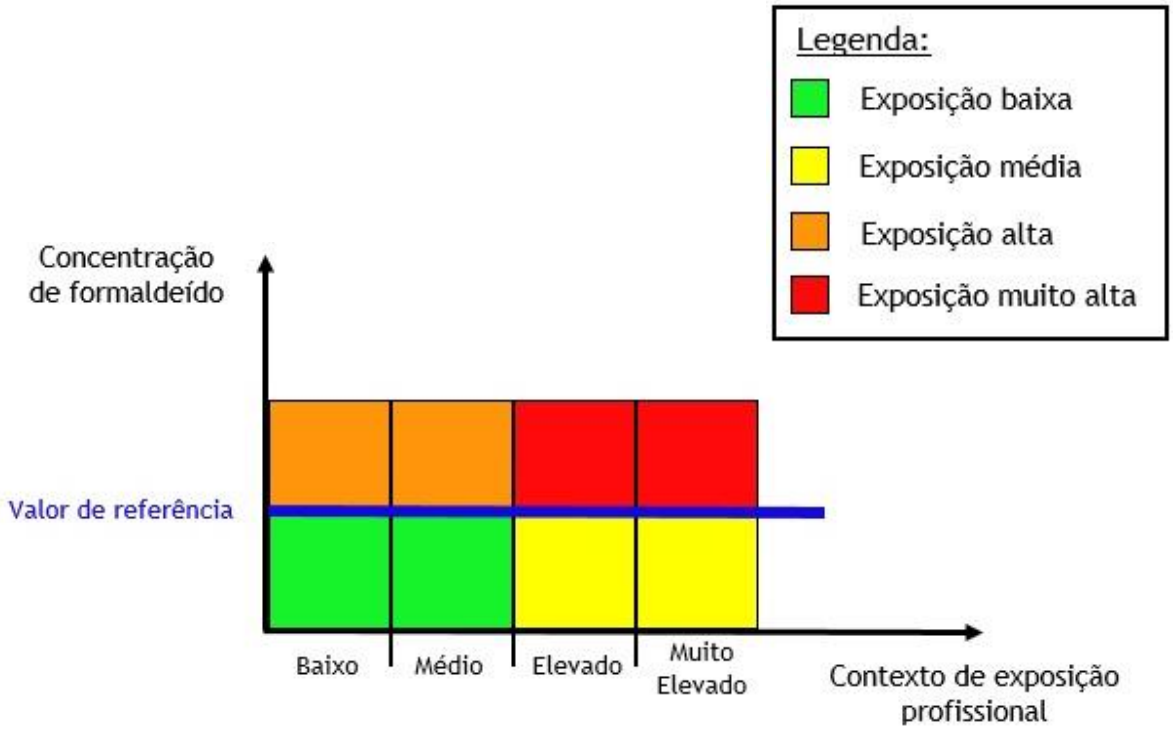
9.1.1. Matriz de avaliação do contexto de exposição profissional

		PONTUAÇÃO ATRIBUÍDA À CATEGORIA				
		1 ponto	2 pontos	3 pontos	4 pontos	5 pontos
CATEGORIAS	**A.** Quantidade utilizada	Muito pequena	Pequena: menos de 1 kg ou litro (L)	Média: entre 1-10 kg (ou L)	Grande: + de 10 kg (ou L) e – de 100 kg (ou L)	Muito grande: + de 100 kg (ou L)
	B. Propriedades físicas do vapor que podem afetar a exposição do trabalhador	Pressão de vapor < 2 hPa	Pressão de vapor entre 2-10 hPa	Pressão de vapor entre 10-50 hPa	Pressão de vapor entre 50-250 hPa	Pressão de vapor acima de 250 hPa
	C. Condições de trabalho/ do processo	Sistema totalmente fechado (sem possibilidade de contacto direto com a pele e exposição por inalação)	Baixa possibilidade de contacto direto com a pele e exposição por inalação	Alguma possibilidade de contacto direto com a pele e exposição por inalação	Média hipótese de contacto direto com a pele e exposição por inalação	Sistema aberto (Elevada hipótese de contacto direto com a pele e exposição por inalação)
	D. Frequência da utilização	Raro; algumas vezes por ano	1 vez por mês	Frequente; 1 vez por dia; várias vezes por semana	Muito frequente; várias vezes ao dia	Processo contínuo
	E. Duração da utilização (num dia)	Muito pequena; minutos	Pequena; inferior a 1 h	Média; 1-2 h	Utilização por mais de 2 h	Processo contínuo

9.1.2. Graduação do contexto de exposição profissional

Somatório	Graduação correspondente
5 a 10 pontos	Baixo
11 a 15 pontos	Médio
16 a 20 pontos	Elevado
21 a 25 pontos	Muito elevado

9.1.3. Graduação do nível de exposição profissional



9.1.4. Graduação do nível de risco profissional

		Toxicologia/Efeitos para a Saúde			
		Categoria 2	Categoria 1B	Categoria 1A	Mais do que uma categoria 1A ou 1B
Nível de Exposição profissional	Baixa	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Médio	Risco Médio
	Média	Risco Baixo	Risco Médio	Risco Alto	Risco Alto
	Alta	Risco Médio	Risco Alto	Risco Alto	Risco Muito Alto
	Muito Alta	Risco Médio	Risco Alto	Risco Muito Alto	Risco Muito Alto

9.1.5. Intervenção em função do nível do risco profissional

Nível Risco Profissional		Ação	Prioridade de Intervenção
Baixo	Risco aceitável	Não requer ação específica.	Recomenda-se a monitorização habitual das condições do trabalho.
Médio		É necessário recorrer a verificações periódicas de modo a assegurar que se mantem a eficácia das medidas de prevenção/controlo. Poderá exigir a melhoria da ação preventiva existente.	Justifica, logo que possível, a verificação das medidas corretivas/medidas especiais.
Alta	Risco não aceitável	Deve ser estabelecido um plano com medidas para reduzir o risco profissional, o qual deverá determinar as alterações necessárias e o período de tempo para estas medidas serem implementadas.	Justifica, obrigatoriamente a implementação e avaliação de medidas corretivas/medidas especiais.
Muito Alto		O trabalho não deve ser iniciado nem continuado até que o risco profissional seja reduzido. Pode ser necessário recursos consideráveis para o controlo do risco. Quando o trabalho corresponda a um trabalho que está a ser realizado, deve-se resolver o problema urgentemente e dar formação e informação acrescida ao trabalhador sobre os riscos profissionais a que está exposto. Se não for possível reduzir o risco profissional, deve-se proibir esse trabalho.	Requer intervenção imediata para o seu controlo e desenvolvimento de programas de prevenção sustentáveis. Pode justificar o encerramento imediato do setor até se obter a sua eliminação/controlo.