

M

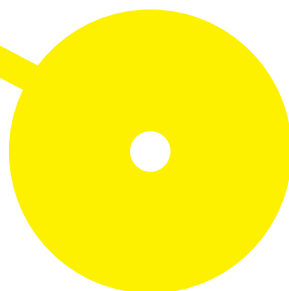
MESTRADO

HIGIENE E SEGURANÇA NAS ORGANIZAÇÕES

**QAI E AMBIENTE HOSPITALAR:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA
SOBRE EFICÁCIA DO OZONO
GASOSO COMO AGENTE
DESINFETANTE**

Rosa Maria dos Santos Araújo Lopes

10/2021





**ESCOLA
SUPERIOR
DE SAÚDE**

**QAI e Ambiente Hospitalar: uma Revisão Sistemática sobre Eficácia do Ozono Gasoso
como Agente Desinfetante**

Autor

Rosa Maria dos Santos Araújo Lopes

Orientador(es)

Professora Doutora Maria Manuela Vieira Silva, Escola Superior de Saúde do Porto

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em **Higiene e Segurança nas Organizações** pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido e filhos pela compreensão e paciência demonstradas, e por acreditarem sempre na minha capacidade para terminar com sucesso esta etapa da minha vida.

À minha orientadora Professora Doutora Manuela Vieira Silva, primeiramente pela oportunidade, confiança e ter acreditado que eu seria capaz de realizar este projeto. Agradeço também por tudo que me ensinou, pela paciência e por mostrar-se sempre disposta a ajudar-me. Obrigado pelos conselhos e por fazer parte do meu crescimento pessoal e profissional. Muito obrigado!

À Cláudia Gomes pelo apoio, disponibilidade e contributo durante o percurso deste trabalho.

À Fátima Silva pelo apoio e a boa disposição que sempre me transmitiu nestes últimos dois anos facilitando e contribuindo para o término desta etapa.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto.

"O futuro dependerá daquilo que fazemos no presente"

Mahatma Gandhi

RESUMO

A eficácia da desinfecção com ozono tem sido avaliada em vários estudos e em diferentes microrganismos. O ozono é usado na descontaminação da água para fins de consumo na Europa, incluindo a desinfecção de água engarrafada, piscinas, prevenção de incrustação de torres de arrefecimento, tratamento de águas residuais e tratamento do ar em ambientes interiores. O ozono é efetivo contra fungos filamentosos, leveduras, vírus, bactérias e protozoários, esporos bacterianos e fúngicos, devido ao seu alto poder oxidante. Assim, o principal objetivo deste estudo foi verificar a eficácia da aplicação do ozono gasoso como agente desinfetante em ambientes ocupacionais na área da saúde, através de uma revisão sistemática da literatura.

Esta revisão sistemática baseou-se em itens preferenciais das diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) e a pesquisa nas bases de dados específicas da área da saúde, nomeadamente a MEDLINE utilizando como interface a PubMed Central, LILACs, MedRix, ScienceDirect (Elsevier) e EBSCOhost.

Para a avaliação da qualidade dos estudos incluídos foi utilizada a Checklist Joanna Briggs Institute.

Foram incluídos na revisão da literatura 9 artigos científicos que utilizaram como método de desinfecção o ozono gasoso aplicável em diferentes situações experimentais, nomeadamente, concentração ozono, superfícies, microrganismos, ar, entre outros.

Pela análise dos estudos, o ozono gasoso, demonstrou ser eficaz contra diferentes agentes microbianos presentes em diferentes matrizes, dependendo da concentração utilizada, nomeadamente, em intervalos de concentrações 0,05 – 80 ppm, e tempos de exposição 15 – 600 min. A sensibilidade dos microrganismos ao ozono presentes em ambientes clínicos é diferente, pelo que devem ser estudadas diferentes formas de aplicação/atuação em espaços interiores, salvaguardando a segurança e saúde dos ocupantes e tendo como limite as concentrações indicadas pela OMS para a exposição humana.

Palavras-chave: ozono, desinfecção, eficácia, ambiente ocupacional, hospital, segurança

ABSTRACT

The efficacy of ozone disinfection has been evaluated in several studies and in different microorganisms. Ozone is used in the decontamination of water for consumer purposes in Europe, including disinfection of bottled water, swimming pools, scaling prevention in cooling towers, wastewater treatment and indoor air treatment. Ozone is effective against filamentous fungi, yeasts, viruses, bacteria and protozoa, bacterial and fungal spores, due to its high oxidizing power. Thus, the main objective of this study was to verify the effectiveness of the application of gaseous ozone as a disinfecting agent in occupational healthcare environments through a systematic review of the literature.

This systematic review was based on the *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) guidelines and the search of health-specific databases, namely MEDLINE using PubMed Central, LILACs, MedRix, ScienceDirect (Elsevier), and EBSCOhost as an interface.

The Joanna Briggs Institute Checklist was used to assess the quality of the included studies.

The literature review included 9 scientific articles that used ozone gas as a disinfection method applicable in different experimental situations, namely, ozone concentration, surfaces, microorganisms, air, among others.

From the analysis of the studies, ozone gas, has been shown to be effective against different microbial agents present in different matrices, depending on the concentration used, namely, in concentration ranges 0,05 – 80 ppm and exposure times 15 – 600 min. The sensitivity of microorganisms to ozone present in clinical environments is different, so different forms of application/action in indoor spaces should be studied, safeguarding the safety and health of the occupants and having as limit the concentrations indicated by the WHO for human exposure.

Keywords: ozone, disinfection, effectiveness, occupational environment, hospital, safety

ÍNDICE

ÍNDICE DE QUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS	X
INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
1 Qualidade do Ar Interior	14
1.1 Principais fontes de contaminação do ar interior	14
1.2 Principais poluentes do ar interior	15
1.2.1 Ambiente Físico	15
1.2.1.1 Temperatura.....	15
1.2.1.3 Ventilação.....	16
1.2.2 Agentes Químicos	16
1.2.2.1 Dióxido de Carbono	17
1.2.2.2 Ozono.....	17
1.2.2.3 Compostos Orgânicos Voláteis.....	17
1.2.2.4 Monóxido de Carbono	18
1.2.2.5 Formaldeído.....	18
1.2.2.6 Matéria Particulada.....	19
1.2.3 Agentes Biológicos.....	20
1.2.3.1 Bactérias.....	20
1.2.3.2 Fungos	21
1.2.3.3 Vírus.....	22
1.3 Principais efeitos na saúde.....	23
1.5 Referenciais Internacionais.....	27
2 QAI em ambiente hospitalar	27
2.1 Exposição a agentes biológicos.....	29
2.2 Implicações da exposição em ambiente hospitalar	29
3 O ozono	30
3.1 Desinfecção com ozono.....	31
3.2 Ação antimicrobiana.....	31
3.3 Aplicações do ozono.....	32
3.4 Limites de Segurança Ocupacional	33
CAPÍTULO II – METODOLOGIA.....	33

1 Estratégia de pesquisa e seleção dos estudos.....	34
2 Critérios de Inclusão e Exclusão.....	35
3 Extração dos dados dos estudos.....	35
4 Avaliação da qualidade dos estudos e risco de viés.....	36
CAPÍTULO III – RESULTADOS.....	36
1 Estudos selecionados e descrição.....	36
2 Avaliação da Eficácia.....	48
3 Avaliação da Qualidade dos Estudos.....	48
CAPÍTULO IV- DISCUSSÃO.....	48
CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	65
ANEXO I – Estratégia de pesquisa nas bases de dados.....	66
ANEXO 2 – Checklist para Estudos Quase-Experimentares (Estudos Experimentais Não Aleatórios) Adaptado da JBI.....	68

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1-Principais poluentes do ar interior, fontes e efeitos na saúde pública	24
Quadro 2-Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos	26
Quadro 3-Condições de referência para os poluentes microbiológico.....	26
Quadro 4-Classificação das áreas de acordo com o risco de infecção	28
Quadro 5-Principais propriedades físico-químicas do ozono.....	31
Quadro 6 - Valores limites de exposição ao ozono	34
Quadro 7 -Abordagem PICOS.....	36
Quadro 8 - Características gerais do Estudo 1 (E1)	38
Quadro 9 - Características gerais do Estudo 2(E2)	39
Quadro 10 - Características gerais do Estudo 3 (E3)	40
Quadro 11 - Características gerais do Estudo 4 (E4).....	41
Quadro 12 - Características gerais do Estudo 5 (E5)	42
Quadro 13 - Características gerais do Estudo 6 (E6)	43
Quadro 14 - Características gerais do Estudo 7 (E7).....	44
Quadro 15 - Características gerais do Estudo 8 (E8)	45
Quadro 16 - Características gerais do Estudo 9 (E9)	46
Quadro 17 - Análise dos resultados da eficácia do ozono nos estudos	49
Quadro 18 - Avaliação da Qualidade dos Estudos	52
Quadro 19 - Estratégia de pesquisa nas bases de dados.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-Fluxograma de seleção dos artigos da Revisão Sistemática.....	37
------------------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS

ABOZ – Associação Brasileira de Ozonoterapia

ACGIH- Industrial Hygiene, Environmental, Occupational Health

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

AVAC – sistemas de ventilação, aquecimento e ar condicionado

CE – Comissão Europeia

CH_2O – Formaldeído

CO – Monóxido de carbono

CO_2 – Dióxido de Carbono

COV's – Compostos Orgânicos Voláteis

DGS – Direcção-Geral da Saúde

DL – Decreto Lei

EUA – Estados Unidos da América

FDA- Food and Drug Administration

GRAS – General Recognized As Safe

HR – Humidade Relativa

IACS – Infecções Associadas aos Cuidados de Saúde

IN- Infecção Nosocomial

IOA – Internacional Ozone Association

JBI – Joanna Briggs Institute

L/min – Litros por minuto

Nm – nanômetros

NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health

nº – número

OSHA –Occupational Safety and Health Administration

O_3 – Ozono

PM – Material Particulado

ppm – partes por milhão

PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

QAI – Qualidade do Ar Interior

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

RS – revisões sistemáticas

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

SED – Síndrome do Edifício Doente

STEL – Short Time Exposure Limit

Tº – Temperatura

TWA – máxima concentração do químico no ar para um dia normal de trabalho– 8 horas por dia.

UE – União Europeia

INTRODUÇÃO

A maioria da população passa parte do seu tempo no interior de edifícios, pelo que estes espaços devem ter as condições mínimas necessárias para que não hajam potenciais efeitos negativos na saúde humana. Existem inúmeros fatores que condicionam a qualidade do ar interior, entre outros exemplos, a temperatura e a humidade relativa, revelam-se importantes na sensação térmica dos seus ocupantes.

A higiene e segurança no trabalho em Portugal é regulamentada pela Lei n.º 102/2009 de 10 de setembro, alterada pela Lei n.º 3/2014, de 28 de janeiro, com as atualizações introduzidas pelo DL n.º 88/2015, de 28/05, pela Lei n.º 146/2015, de 09/09 e pela Lei n.º 28/2016, de 23/08 que regula o regime jurídico da promoção e prevenção da segurança e da saúde no trabalho (DGERT, n.d.). Num ambiente ocupacional, os trabalhadores são diariamente expostos a diversos agentes (poeiras, gases, ruído, vibrações, temperaturas extremas) que interferem no bem-estar e saúde do trabalhador tendo impacto no desempenho global e nos resultados, com consequências negativas, quer para trabalhadores, quer para a entidade empregadora (IGAS, 2018).

A qualidade do ar interior (QAI) deve ser considerada um dos mais importantes temas a serem avaliados e monitorizados. De fato, o QAI requer uma grande atenção, para garantir que o ar interior seja saudável e de proteção para os usuários, tanto utentes/doentes, quanto trabalhadores, contra infeções adquiridas em hospitais (IACS) e doenças ocupacionais (Capolongo, 2014; Fehr et al., 2016; D'Alessandro et al., 2017).

Embora nas últimas décadas, a QAI tenha conquistado uma crescente atenção, a legislação e os regulamentos a nível europeu, relacionados com os valores-limite, continuam a ser insuficientes. Atualmente, e a título de exemplo ao nível hospitalar, apenas as áreas críticas como são as salas de bloco operatório, esterilização, laboratórios, etc., têm avaliação de valores limites e análise do risco, conforme indicado nos valores-limite de exposição ocupacional (VLEP), segundo a *American Conference of Government Industrial Hygienists* (ACGIH), ou o valor limite (TLV) do Comité Científico, sobre limites de exposição ocupacional (SCOEL EU) (Settimo, 2017). Para as outras instalações dos cuidados de saúde, os valores limites declarados pelas diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), para QAI em ambientes gerais, não são especificamente definidos.

A pandemia causada pelo novo coronavírus conduziu a mudanças rápidas e profundas no mercado de trabalho. O estado de emergência ditou o encerramento de algumas empresas, visando prevenir a disseminação do SARS CoV-2. Com o levantamento de algumas restrições, assistimos a empresas a voltar à atividade adotando medidas de prevenção na vertente da higiene e segurança no trabalho.

Considerando a emergência de saúde em relação ao novo SARS-CoV-2 / COVID-19, a higienização e desinfecção do ambiente ocupacional, dispositivos e objetos torna-se imprescindível, além da proteção individual e outras medidas de prevenção, aplicáveis a todos os sectores.

Atualmente, há necessidade de mais informação sobre a eficácia de desinfetantes comuns contra SARS-CoV-2, como é expectável para qualquer novo vírus. As aprovações regulamentares têm se apoiado na eficácia do tratamento contra outros coronavírus, bem como, em vírus com morfologia semelhante ou mais robusta do que o SARS-CoV-2 (EPA, n.d.; APA, 2020).

Neste último ano, tem havido uma atenção especial para os dispositivos que produzem ozono. Este é um gás formado por moléculas compostas por 3 átomos de oxigénio (O_3) sendo um poderoso agente oxidante. Devido a esta propriedade, tem demonstrado ser altamente eficaz em eliminar bactérias, fungos e bolores (Li et al., 2003; Habibi et al., 2009) e inativar vírus (Hudson et al., 2009; Tseng et al., 2008).

Desta forma, a aplicação do ozono gasoso como agente desinfetante em ambientes ocupacionais deverá ser estudado.

O principal objetivo deste estudo constitui na realização de uma revisão sistemática da literatura sobre a aplicação do ozono gasoso como agente desinfetante em ambientes ocupacionais na área da saúde.

Esta dissertação encontra-se integrada no Mestrado em Higiene e Segurança nas Organizações, estando dividida em quatro capítulos, sendo o Capítulo I – Revisão Bibliográfica, no qual, é feito um enquadramento teórico sobre a QAI no geral e associada ao ambiente clínico, a legislação e as principais aplicações, bem como a ação do ozono. No Capítulo II – Metodologia, encontra-se descrita a metodologia utilizada no desenvolvimento desta dissertação. No Capítulo III – Resultados, apresentam-se os resultados obtidos da análise dos artigos selecionados. No Capítulo IV – Discussão, a análise dos principais resultados obtidos.

CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 Qualidade do Ar Interior

O ar é um recurso indispensável ao ser humano. A qualidade do ar afeta quer a saúde quer a qualidade de vida das populações.

A preocupação com a QAI em edifícios tornou-se mais relevante nas últimas décadas, devido ao facto de as pessoas passarem cerca de 90% do seu tempo em espaços fechados, seja em residências, escritórios ou escolas, ficando expostas a uma variedade de poluentes existentes no interior dos espaços. A má QAI pode levar à diminuição da qualidade de vida, a problemas de saúde; e no local de trabalho, levar a absentismo e menor produtividade (IAQMG, 2019; WHO, 2010; EEA, 2013; Schirmer et al., 2011).

A definição de QAI, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), manifesta-se pela qualidade da:

“natureza física e química do ar interior que é respirado pelos ocupantes de um edifício e que produz um completo bem-estar, mental, físico e social, não podendo provocar absentismo, doenças ou debilidades.”

(IAQMG, 2003)

A OMS vem reconhecer a relevância da QAI para a saúde da população, indicando vários fatores que sustentam essa importância (WHO, 2010):

- ✓ Quantidade significativa de tempo que é passada em ambientes interiores;
- ✓ Existência de uma grande variedade de fontes de poluição interior;
- ✓ Especificidade de certas exposições em espaços interiores em termos do poluente e do nível de exposição;
- ✓ Níveis de exposição que causam efeitos adversos à saúde.

1.1 Principais fontes de contaminação do ar interior

A QAI é influenciada e avaliada segundo um conjunto de parâmetros físicos, químicos e biológicos que caracterizam o estado de poluição no interior de um determinado espaço. Estes parâmetros são afetados por fatores exteriores e por fatores interiores (Hoskins, 2003.; Quadros et al., 2009).

De um modo geral, os fatores que afetam diretamente a QAI são (APA, 2016):

- ✓ Fontes de poluição interior, como materiais de construção (aglomerados de madeira, alcatifas, papéis de parede, tintas, vernizes, colas), equipamentos (fotocopiadoras, impressoras, computadores, aspiradores), produtos de consumo e de limpeza (lixívias, detergentes), entre outros;

- ✓ Os próprios ocupantes através dos seus comportamentos e atividades que geram a disseminação aérea de várias substâncias químicas, em particular os Compostos Orgânicos Voláteis (COV's), o Ozono (O_3) e o Dióxido de Carbono (CO_2);
- ✓ Os sistemas de ventilação, aquecimento e ar condicionado (AVAC);
- ✓ As fontes de poluição exterior, como o fumo de combustão de veículos, emissões industriais, pólen e deposição de resíduos, temperatura, tipo de solo.

1.2 Principais poluentes do ar interior

Neste tópico pretende-se abordar particularmente, os poluentes mais comuns, presentes no ar interior, bem como as suas possíveis fontes de emissão. A caracterização da QAI deverá ter em conta o ambiente físico, os agentes químicos e os agentes biológicos, quer numa perspetiva isolada, quer numa interação entre eles.

1.2.1 Ambiente Físico

Para além de estarem diretamente relacionados com a sensação de conforto térmico, os parâmetros físicos, exercem influência nas concentrações de poluentes químicos e biológicos. Os parâmetros físicos (temperatura, humidade relativa e ventilação) são fatores muito importantes na medida em que podem afetar a perceção dos ocupantes sobre a QAI, podendo gerar uma situação de desconforto. Neste sentido, importa salientar que a perceção de conforto térmico varia de pessoa para pessoa, uma vez que se relaciona com as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente, dependendo das características fisiológicas dos indivíduos, (idade, da atividade metabólica), do tipo de atividade, do vestuário, da temperatura do ar, da humidade e da velocidade do ar (Rey et al., 2006).

1.2.1.1 Temperatura

A temperatura (T^o) é um fator que condiciona sobretudo o conforto dos ocupantes num edifício e também o crescimento microbiano. Para efeitos de conforto térmico, a T^o é avaliada sob dois parâmetros: a T^o do ar e a T^o radiante (T^o emitida por objetos e equipamentos). O nível de T^o em que as pessoas se sentem confortáveis dependerá dos níveis de atividade, idade e T^o corporal, que varia de indivíduo para indivíduo, bem como o tipo de vestuário, e da T^o consoante a estação do ano. De salientar, que o frio ou o calor em excesso, ou uma mudança brusca de um ambiente quente para um ambiente frio e vice-versa, são prejudiciais para a saúde (IAQMG, 2019).

No entanto, e de acordo com o Decreto-Lei nº243/86 de 20 de agosto, a T^o dos locais de trabalho deve, se possível, oscilar entre 18°C e 22°C, salvo em determinadas condições climatéricas em que poderá atingir os 25°C.

1.2.1.2 Humidade Relativa

A Humidade Relativa (HR) é um fator, que influencia tal como a T^o, o conforto térmico e o crescimento microbiano. A HR é expressa em percentagem e representa a quantidade de água presente no ar, em relação ao seu valor máximo (100%) (Piteira, 2007). Segundo o Decreto-Lei 243/86 de 20 de agosto, sobre as condições nos locais de trabalho, os valores de HR devem estar compreendidos entre os 50% e os 70%.

Na presença de baixos valores de HR (<25%) associam-se sintomas de desconforto e secura de pele e mucosas, podendo também verificar-se o aumento da eletricidade estática, dificultando o uso de computadores e outros equipamentos. Por outro lado, com níveis elevados de HR, surge um aumento do risco da condensação nas paredes e nas janelas, que pode danificar os edifícios, e originar o desenvolvimento de microrganismos (fungos, etc.) (APA, 2009; CCOHS, 2004).

1.2.1.3 Ventilação

A ventilação é uma das formas de controlar o ar ambiente, e de controlar níveis de odor e de dióxido de carbono. Os principais objetivos da ventilação de prédios ou salas, são garantir a saúde, o conforto térmico e a produtividade dos ocupantes, removendo ou diluindo as cargas emitidas quer, pelos ocupantes, quer pelos materiais de construção e/ou pelas atividades desenvolvidas nesses espaços (Piteira, 2007). O fluxo de ar necessário para garantir a melhoria da qualidade do ar interior é variável, e depende das seguintes características (APA, 2009):

- ✓ Volume dos espaços;
- ✓ Dos vários tipos de atividades desenvolvidas no interior dos espaços fechados, como atividades físicas, processos de limpeza, preparação de alimentos, atividades de lazer;
- ✓ Existência ou não de processos industriais, como o armazenamento de produtos químicos, utilização de impressoras, entre outros.

As normas de ventilação são definidas em termos de volume de ar por minuto por ocupante. A Portaria n.º 353-A, estabelece valores mínimos compreendidos entre 4 e 27 L/s por pessoa, em função da taxa de metabolismos dos ocupantes.

1.2.2 Agentes Químicos

A variedade de poluentes químicos em ambientes interiores pode ser diversificada e está diretamente relacionada as atividades desenvolvidas no espaço. Para avaliar a QAI, os poluentes químicos normalmente avaliados são: dióxido de carbono (CO₂), Monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), Compostos Orgânicos Voláteis (COV's), Formaldeído (CH₂O) e Material Particulado (PM).

A seguir estão descritas as principais fontes de emissão e os efeitos adversos à saúde humana, resultantes da exposição a estes poluentes.

1.2.2.1 Dióxido de Carbono

O CO₂ trata-se de um gás incolor e inodoro, expelido naturalmente como subproduto da respiração humana, sendo esta a fonte primária de poluição em ambientes fechados. Uma pessoa produz cerca de 0,3 Litros por minuto (L/min) de CO₂ a realizar tarefas consideradas leves. Os níveis encontrados num ambiente interior variam com a taxa de ocupação e estão entre 600 e 800 partes por milhão (ppm), revelando-se mais elevados ao final da manhã e ao final do dia (APA, 2009; Piteira, 2007).

No entanto, uma exposição excessiva a este poluente pode provocar um aumento da frequência cardíaca (taquicardia), dores de cabeça, irritação dos olhos e garganta, tonturas, fadiga muscular, lentificação, sonolência e zumbido nos ouvidos (Quadros et al., 2009; APA, 2009).

1.2.2.2 Ozono

O O₃ é um gás incolor, extremamente oxidante, reativo e com um odor metálico quando presente em excesso na troposfera (Vermont Department of Health, n.d.).

Este gás existe em diferentes camadas da atmosfera. Na estratosfera funciona como um escudo de proteção às radiações ultravioletas, revelando-se vital para a existência de vida na Terra, mas por outro lado, o O₃ atua como um gás de efeito de estufa (Kampa et al., 2008; Piteira, 2007).

Os níveis de concentração de O₃ no ambiente interior, normalmente são menores do que no exterior, e, desde que não exista uma fonte de emissão no interior. As fontes emissoras de O₃ mais comuns, em ambientes interiores são: os motores elétricos, as máquinas fotocopiadoras, os purificadores de ar e as impressoras a laser. No entanto, o O₃ proveniente do exterior é a principal fonte poluição no interior (APA, 2009; IAQMG, 2019).

A exposição a baixas concentrações deste gás, pode causar reações alérgicas, tosse, dores no peito, fadiga, taquicardia e irritação na garganta, que persistem após o contato (APA, 2009; Vermont Department of Health, n.d.).

1.2.2.3 Compostos Orgânicos Voláteis

Os COV's são componentes químicos que se caracterizam por serem constituídos, na sua maioria, por carbono, hidrogénio e oxigénio, e por possuírem uma elevada pressão de vapor, sendo que à temperatura ambiente, são gasosos, incolores e tóxicos. Embora exista uma grande variedade de COV's, os mais frequentes são o benzeno, o tolueno, o etilbenzeno, o xileno, o formaldeído e o acetaldeído que, isolados, raramente se encontram acima dos limites de toxicidade (50 µg.m⁻³) (Godish et al., 2014). Estes poluentes

são emitidos por diferentes fontes, podendo ter origem no exterior de um edifício, através da combustão de combustíveis fósseis dos veículos automóveis, onde posteriormente entram pelo sistema de ventilação do edifício (Quadros et al., 2009).

No entanto, as fontes internas revelam-se mais importantes, sendo as principais fontes emissoras de COV's: os materiais de construção, acabamento, decoração, mobiliário, processos de combustão, processos metabólicos, produtos de limpeza e de consumo (Wolkoff et al., 2001). Uma deficiente ventilação do ar interior está geralmente associada a concentrações mais elevadas de COV's. Estes têm uma relação muito próxima com o Síndrome do Edifício Doente (SED), sendo que os sintomas resultantes à sua exposição são: alergia, vertigens, falta de concentração, fadiga, dores de cabeça, irritação dos olhos e garganta, secura das mucosas do nariz e garganta, e problemas respiratórios (IAQMG, 2003; Wang et al., 2007).

Muitos dos COV's são conhecidos pela sua toxicidade e são considerados carcinogénicos (como por exemplo benzeno e o formaldeído), podendo causar leucemia (Hoskins, 2003).

1.2.2.4 Monóxido de Carbono

O CO é um gás tóxico incolor, praticamente inodoro e insípido, emitido durante a combustão incompleta de combustíveis fósseis ou biocombustíveis. Trata-se de um gás com uma densidade muito parecida à do ar presente na atmosfera, difundindo-se facilmente em qualquer ambiente (APA, 2009; European Commission, 2005). Em espaços interiores, o CO pode ser emitido através de fontes de combustão de combustíveis fósseis (cofeção de alimentos e aquecimento) e também ser proveniente da infiltração do ar exterior (WHO, 2006; CCOHS, 2004).

O CO tem uma grande afinidade com a hemoglobina, formando-se um composto designado de carboxihemoglobina, que reduz o transporte do oxigénio para as células do corpo humano. A exposição a este gás conduz a sintomas como: dores de cabeça, diminuição da concentração, sintomas gripais, náuseas, fadiga, respiração rápida, dores no peito, confusão, letargia, convulsões, bradicardia e hipotensão, podendo até causar a morte (APA, 2009; Lebre et al., 2017).

1.2.2.5 Formaldeído

O CH_2O pertence à família dos COV's e é um gás tóxico incolor, com um odor metálico, extremamente reativo e inflamável à temperatura e pressão ambiente. Devido ao seu odor irritante, a perceção da sua presença ocorre a concentrações superiores a 0,2 ppm (APA, 2009; European Commission, 2005). Trata-se de um importante produto químico industrial, usado para fazer outros produtos químicos, materiais de construção e de limpeza. Os níveis de concentração de CH_2O dependem das fontes presentes, da ventilação, da T° e da HR, podendo haver variações ao longo do dia e da estação do ano (IAQMG, 2003).

As principais fontes de CH_2O são os materiais dos edifícios, como materiais de isolamento térmico e acústico, os contraplacados, colas de madeira, os têxteis, materiais de decoração, produtos de limpeza, adesivos, tintas, cosméticos e materiais de embalagem (Quadros et al., 2009).

Os sintomas predominantes da exposição a concentrações de 0,1 ppm deste poluente são irritação dos olhos, nariz e garganta, diminuição da concentração, lacrimejo ocular, espirros, tosse, náuseas e dificuldade respiratória. Uma exposição prolongada pode levar à morte. Este químico é considerado um elemento com potencial cancerígeno, quando há uma exposição a níveis elevados e por longos períodos (European Commission, 2005).

1.2.2.6 Matéria Particulada

A PM é geralmente designada como um conjunto de mistura de partículas (sólidas e líquidas), suspensas no ar com uma vasta gama de tamanhos, composições químicas e origens. O tamanho das partículas pode variar de 0,005 a 10 micrómetros (μm) (APA, 2009). As partículas são classificadas granulometricamente de acordo com o seu diâmetro, por partículas grossas quando o seu Diâmetro Aerodinâmico Equivalente (DAE) é superior a $2,5\mu\text{m}$, por partículas finas para um DAE entre $0,1\mu\text{m}$ e $2,5\mu\text{m}$ e por partículas ultrafinas para um DAE inferior a $0,1\mu\text{m}$. As partículas podem ser ainda distinguidas entre partículas primárias (diretamente emitidas para a atmosfera) e partículas secundárias (formadas a partir de reações) (EPA, 2012). A composição das partículas varia na medida em que estas interagem quimicamente com inúmeros poluentes. No entanto, a sua composição compreende uma mistura de substâncias orgânicas e inorgânicas como metais, compostos orgânicos, material biológico, iões, gases reativos, entre outros (Kampa et al., 2008).

As PM 2,5 são consideradas as mais preocupantes para a saúde, pois penetram mais profundamente no sistema respiratório, enquanto que as partículas de maior diâmetro, ficam retidas no sistema respiratório superior (nariz e garganta) (WHO, 2013; Pope et al., 2012; EPA, 2012; Lebre et al., 2017). As partículas têm origem em fenómenos naturais ou em atividades antropogénicas, podendo ser originadas por fontes exteriores ao edifício e/ou no interior (Kampa et al., 2008). As fontes interiores, com maior incidência, são atividades como a queima de combustíveis ou as de fumo de tabaco (EPA, 1991).

Também, a própria atividade humana, influencia a concentração de partículas presentes no interior, uma vez que no seu movimento provoca a sua suspensão (Rutala et al., 2004). Concentrações altas de partículas podem causar a morte prematura em pessoas com doenças cardíacas ou respiratórias. Podem causar ainda: reações alérgicas, tais como, secura ocular, irritação do nariz e da pele, tosse, espirros e dificuldade respiratória. Os efeitos da exposição às partículas do fumo do tabaco, vão desde: dores de cabeça, a irritações de curta duração, dos olhos, nariz e garganta, às doenças do foro respiratório e cardíaco, sobretudo nos grupos alvo mais sensíveis, como as crianças e as pessoas idosas (APA, 2009; EPA, 2013).

1.2.3 Agentes Biológicos

Segundo o decreto-lei nº 84/97, de 16 de abril, entende-se por agente biológico todos os microrganismos, incluindo os geneticamente modificados, as culturas celulares e os endoparasitas humanos, suscetíveis de provocar infeções, alergias ou intoxicações. Sendo estes, classificados conforme o seu nível de risco infeccioso:

- ✓ Agente biológico do grupo 1 – probabilidade de causar doenças no ser humano é baixa;
- ✓ Agente biológico do grupo 2 – pode causar doenças no ser humano e constituir um perigo para os trabalhadores; em regra, existem meios eficazes de profilaxia ou tratamento, sendo escassa a probabilidade de se propagar coletivamente;
- ✓ Agente biológico do grupo 3 – pode causar doenças graves no ser humano e constituir um risco grave para os trabalhadores, mesmo que existam meios eficazes de profilaxia ou de tratamento é suscetível de se propagar na coletividade;
- ✓ Agente biológico do grupo 4 – causa doenças graves no ser humano e constitui um risco grave para os trabalhadores, não existindo, em regra, meios eficazes de profilaxia ou de tratamento, apresentando um elevado nível de suscetibilidade para a propagação na coletividade.

Os agentes biológicos relevantes para a saúde humana são bastante heterogêneos, variando de pólenes e esporos de plantas (maioritariamente do exterior), a bactérias, fungos, vírus, algas e protozoários emitidos no interior ou no exterior (Lignell, 2008).

1.2.3.1 Bactérias

As bactérias são microrganismos unicelulares procariontes, que podem ser encontradas no ar, água, solo e inclusive no corpo humano. Muitas podem ser prejudiciais à saúde humana, sendo agentes causadores de diversas doenças (patogénicas), contudo, nem todas as bactérias são patogénicas (comensais) e algumas podem ser essenciais, inclusive para os seres humanos. Quanto à morfologia, as bactérias podem ser esféricas (cocos), espiraladas (espirilos) ou cilíndricas (bacilos) e o seu tamanho pode variar geralmente de 0,25 a 8 μm , e podem ser encontradas de forma isolada ou em colónias (Yoo et al., 2017). São classificadas em dois grupos, de acordo com a estrutura da sua parede celular em resposta à coloração de Gram. Bactérias Gram-positivo tingem-se na cor púrpura ou azul quando expostas ao teste de coloração de Gram, e são as mais abundantes no ar interior, não apresentando um risco para a saúde humana. Bactérias Gram-negativo são visualizadas em coloração vermelha, e apesar de serem menos abundantes no ar interior, apresentam enorme potencial para causar doenças infecciosas, como são exemplo as *Pseudomonas spp.*, *Enterobacteriaceas* e *Legionella pneumophila* (Awad et al., 2018; Frankel et al., 2012; Kim et al., 2018).

A presença de endotoxinas e lipopolissacarídeos associados à membrana externa nas bactérias Gram-negativo, constitui um grande problema ambiental e ocupacional, uma vez que podem causar

diversos efeitos na saúde humana, como: febre, tremores, doenças pulmonares, inflamação nas vias aéreas, alergias e dispneia (Eckel et al., 2016; Kim et al., 2018; Swain et al., 2008).

1.2.3.2 Fungos

Os fungos estão entre os poluentes do ar interior mais importantes e menos compreendidos, sendo a sua presença frequente nos ambientes urbanos (Quadros et al., 2009; Nabarro et al., 2020). São organismos heterotróficos, apresentam um diâmetro aerodinâmico compreendido entre 1 a 30 μm . Existem dois tipos morfológicos de fungos: fungos filamentosos e fungos leveduriformes (leveduras). Das espécies de fungos destacam-se a *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Stachybotrys chartarum* e o *Cryptococcus neoformans*, que estão relacionados a reações alérgicas. Durante o metabolismo secundário, alguns fungos podem produzir micotoxinas, sendo que as espécies de maior relevância para a produção de micotoxinas são as do género *Aspergillus* e *Penicillium* (Kumari et al., 2016; Sepahvand et al., 2013; Tong et al., 2017).

A exposição, ocorre com maior frequência por meio da ingestão, inalação de esporos e contacto direto com a pele, por meio de substratos infetados por fungos (Kumari et al., 2016).

O *Aspergillus* spp. e *Candida* spp. são responsáveis por uma taxa elevada de infeções oportunistas adquiridas em ambientes hospitalares (Viegas et al., 2019). Os efeitos na saúde humana, resultante da exposição a micotoxinas, incluem: irritação nas mucosas das membranas, erupção cutânea, náusea, depressão do sistema imunológico, danos no sistema nervoso central, efeitos endócrinos e cancro (Kim et al., 2018).

Outro aspeto, a destacar nos fungos, é a presença de um polímero conhecido como (1,3) - β -D glucanos, que corresponde a 60% do peso da parede celular. Quando inalados, estes polímeros podem causar alergias, inflamação nas vias aéreas e afetar o sistema imunológico (Kim et al., 2018; Portnoy et al., 2004). A diversidade de fungos é o principal fator para o aumento do risco na saúde humana, uma vez, que para além dos quadros alérgicos muitos fungos patogénicos podem estar omnipresentes no ar (Nabarro et al., 2020).

As condições do ambiente interferem na proliferação destes microrganismos, onde a sua abundância está relacionada com ambientes húmidos (Sautour et al., 2009; Yu et al., 2013). Os fungos são importantes agentes decompositores da biosfera e durante este processo libertam CO_2 (Gutarowska et al., 2018). Além disso, durante o processo de metabolismo libertam COV's, tais como aldeídos, cetonas, álcoois, fenóis e derivados. Estes compostos, podem causar irritação das mucosas, odores, alergias e alterações metabólicas no hospedeiro (Lignell, 2008; Portnoy et al., 2004).

1.2.3.3 Vírus

Os vírus, são agentes infecciosos de pequeno porte e composição simples, não vivem isoladamente, ou seja, eles não podem reproduzir-se e realizar processos metabólicos sem uma célula hospedeira (Wagner et al., 2020).

Todos os vírus contêm ácido nucleico, ácido desoxirribonucleico (DNA) ou ácido ribonucleico (RNA), e proteínas que estão envolvidos por uma cápsula proteica (capsídeo) e outros têm ainda uma membrana de lipoproteína, derivada da membrana da célula hospedeira. Os constituintes da proteína e do ácido nucleico apresentam propriedades únicas para cada classe de vírus; quando conexos, eles determinam o tamanho e a forma do vírus para cada classe específica. Desta forma, são classificados com base no teor de ácido nucleico, tamanho, forma dos capsídeos proteicos e a presença de um envelope de lipoproteína circundante (Wagner et al., 2020; Sousa et al., 2001). A maioria dos vírus varia de diâmetro entre 18 nanômetros (nm) e 250–400 nm, sendo que, apenas os maiores e mais complexos podem ser observados sob o microscópio de luz na resolução mais alta. As formas dos vírus são, predominantemente, de dois tipos: hastes ou filamentos, (por causa da matriz linear do ácido nucleico e das subunidades proteicas), e esferas, [que na verdade são polígonos de 20 lados (icosaedro)] (Wagner et al., 2020; Sousa et al., 2001).

Dos vírus que causam doenças, temos infecções virais agudas (curto prazo) e infecções virais crônicas (longo prazo). Nas doenças agudas há uma recuperação bastante rápida, embora o vírus persista nos tecidos, apesar da presença de anticorpos circulantes no sangue e tecidos. Contudo, podem permanecer em estado de latência, “dormentes”, por longos períodos de tempo, sendo capazes de se tornarem ativos novamente, trazendo doenças graves décadas depois. As infecções virais agudas são de dois tipos, locais e sistêmicas, ambas geralmente resultantes do efeito direto do vírus invasor nas células do tecido hospedeiro. As infecções locais agudas, geralmente ocorrem no local da infecção viral (Wagner et al., 2020; Sousa et al., 2001). Entre os vírus persistentes, temos: adenovírus, vírus do sarampo e, em particular, muitos tipos de herpes vírus. Esses vírus latentes podem ser ativados por muitos fatores, como: trauma, stress emocional, alterações hormonais, exposição excessiva à luz solar ou outras infecções e doenças (Wagner et al., 2020).

A disseminação de muitas doenças virais pode ser prevenida com a satisfação de vários fatores higiênicos, como instalações sanitárias eficientes, água limpa e higiene pessoal. Neste sentido, a imunização ativa por meio de vacinas (preparações contendo antígenos que provocam a síntese de anticorpos e, portanto, imunidade) tem-se verificado útil na prevenção de epidemias causadas por vírus infecciosos, onde os antibióticos são ineficazes contra estes (Wagner et al., 2020). As doenças víricas afetam, principalmente, o trato respiratório, o trato gastrointestinal, o epitélio, as mucosas, o revestimento endotelial da pele, boca e genitais, o tecido linfático, o fígado, o sistema nervoso central e outros órgãos. Ainda assim, as infecções assintomáticas são consideradas fontes importantes de contágio (Sousa et al., 2001).

1.3 Principais efeitos na saúde

Segundo a Organização Mundial de Saúde, estudos recentes revelam que a QAI é o oitavo fator de risco mais importante para a saúde humana, sendo responsável por mais de 1,6 milhões de mortes e cerca de 3% dos casos de doenças no mundo (WHO, 2006). Neste contexto, os sintomas e doenças relacionados com edifícios que sustentam um ar poluído, podem ser classificados, respetivamente, em Doenças Relacionadas com Edifícios (DRE) (Gioda et al., 2003).

O termo SED, traduzido do inglês "*Sick Building Syndrome*" (SBS), é usado para descrever casos de desconforto e/ou de sintomas inespecíficos referidos pelos ocupantes de determinados edifícios, sem que uma doença ou causa específica possa ser identificada. Neste sentido, é associado a situações de desconforto laboral e/ou problemas agudos de saúde, nomeadamente: irritações ao nível das mucosas, sintomas ao nível do sistema nervoso central, rigidez do tronco, alergias e problemas de pele (Gioda et al., 2003; Bernstein et al., 2008; Schirmer et al., 2008).

Geralmente, estes sintomas agravam-se ao longo do dia, quando a permanência dos indivíduos nos edifícios é prolongada, diminuindo à noite e também aos fins-de semana ou ainda quando as condições de ventilação dos locais são melhoradas. Como se pode constatar, o SED é um conceito de definição difícil, e como tal, não é identificada uma causa única que explique este fenómeno (Bernstein et al., 2008). Apesar disto, existem fatores incontestáveis associados ao SED, que são a ventilação inadequada, a carência de manutenção do edifício, o aumento da concentração de partículas, os COVs (ex. móveis novos, fotocopiadoras), bioaerossóis, endotoxinas e contaminação por fungos (Rey et al., 2006; Bernstein et al., 2008).

Relativamente às DRE, é um termo utilizado para designar os sintomas de uma doença específica, quando estes estão relacionados com um determinado edifício e são atribuídos a eventuais contaminantes ambientais. A DRE é uma fase avançada do SED, pois características de uma manutenção deficiente num edifício como a sujidade, a poeira e a humidade provocam o SED, ficando assim, o edifício, suscetível para o desenvolvimento das bactérias causadoras de DRE. Para além disso, há que ter em conta as alterações na saúde dos ocupantes, devendo estar os sintomas clinicamente definidos e com as suas causas identificadas (EPA, 1991).

Uma deficiente QAI pode conduzir a inúmeros sintomas, no Quadro 1 estão sintetizados os principais poluentes, fontes e efeitos na saúde.

1.4 Legislação Nacional e Europeia

A QAI, em Portugal e nos restantes países europeus, começou por ser uma preocupação no âmbito da Segurança e Higiene no Trabalho em ambientes industriais, no entanto, início de 2002, o Ministério do Ambiente deteve a iniciativa de implementar a primeira legislação referente à QAI nos edifícios não-industriais, a Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002.

Quadro 1-Principais poluentes do ar interior, fontes e efeitos na saúde pública *Fonte: Adaptado da APA, 2009)*

POLUENTES	PRINCIPAIS FONTES	PRINCIPAIS EFEITOS NA SAÚDE
Formaldeído (CH₂O)	Desinfetantes, isolantes, pinturas, adesivos, tecidos, cola, carpetes, mobiliário...	Irritação dos olhos, das mucosas e problemas respiratórios, dores de cabeça, enjoos e fadiga.
Monóxido de carbono (CO)	Emissões dos veículos; contaminação exterior, combustão incompleta sem exaustão, fumo de tabaco; ventilação deficiente, extração inadequada.	Tonturas e vertigens; dores de cabeça, dificuldades de concentração; efeitos no sistema nervoso central e cardiovascular. Pode levar à morte quando em concentrações elevadas.
Compostos Orgânicos voláteis (COV's)	Tintas, produtos de limpeza, impressoras, computadores, solventes impermeabilizantes e isolantes derivados de silicone, carpetes, mobiliário, adesivos, inseticidas, herbicidas, produtos de combustão, fumo de tabaco, cosméticos e outros produtos de uso pessoal. Emissões dos veículos; emissões industriais.	Irritação dos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, perda de coordenação, fadiga, lesões no fígado, rins e cérebro, vários tipos de cancro.
Radão (gás radioativo) (Rn)	Libertação através da permeabilidade e porosidade dos solos e rochas (como por exemplo, as zonas graníticas). Materiais de construção. É influenciado por condições meteorológicas, como a pressão atmosférica, humidade e temperatura.	Aumento do risco de cancro do Pulmão.
Ozono (O₃)	Contaminação exterior, fotocopiadoras; impressoras; ambientadores.	Envelhecimento precoce; diminuição da resistência a infeções; irritação dos olhos, nariz e garganta; problemas respiratórios (ex. asma, rinite e bronquite)
Partículas em Suspensão no ar	Contaminação exterior, combustão, filtros do sistema de AVAC, fumo (ex. tabaco), papel; limpezas; entradas de ar; carpetes; isolamento de tubagens e resíduos de água.	Irritação dos olhos, nariz e garganta, agravamento da asma e bronquite, cancro do pulmão, doenças cardiovasculares, morte prematura.
Dióxido Carbono (CO₂)	Contaminação exterior, produto da respiração dos ocupantes (devido a taxas de ocupação elevadas), fumo (ex. ^o tabaco); sistema de aquecimento a gás; ventilação deficiente.	Afeta o sistema nervoso central, sistema cardiovascular, fadiga; sonolência; falta de concentração; dores de cabeça.
Microrganismos: Bactérias, fungos, Vírus	Água estagnada em sistemas AVAC, materiais molhados e húmidos, desumidificadores, materiais de construção e decoração, alcatifa, ocupantes.	Reações alérgicas, sintomas de asma, irritação dos olhos e da garganta, febre (do humidificador), gripe e outras doenças infecciosas.

Esta diretiva instituiu, que os estados membros da União Europeia (EU), precisavam de implementar um sistema de certificação energética, de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, no momento da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, incluindo igualmente, todos os grandes edifícios públicos e edifícios frequentemente visitados pelo público.

Contudo, essa regulamentação permaneceu inativa até 2006, sendo transposta para a legislação nacional através da publicação de três diplomas, a fim, de salvaguardar a saúde pública, no que respeita à qualidade do ar em espaços interiores:

- ✓ Decreto-Lei (DL) n.º 78/2006, de 4 de abril, que aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE);
- ✓ DL n.º 79/2006, de 4 de abril, que aprovou o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios;
- ✓ DL n.º 80/2006, de 4 de abril, que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.

Devido à necessidade de conciliar a eficiência energética com o conforto e promoção da saúde em espaços interiores, no ano de 2013, surge o DL n.º 118/2013 de 20 de agosto, da qual emerge a revisão da legislação nacional e passa a incluir num único diploma o Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), com o intuito de simplificar a produção legislativa de carácter técnico. agosto

É de referenciar, que o DL n.º 118/2013, de 20 de agosto sofreu quatro alterações:

- ✓ DL n.º 68-A/2015, de 30 de abril;
- ✓ DL n.º 194/2015, de 14 de setembro;
- ✓ DL 251/2015, de 25 de novembro;
- ✓ DL n.º 28/2016, de 23 de junho.

No sentido de:

- ✓ Desenvolver a transposição da Diretiva n.º 2010/31/EU, de 19 de maio, do Parlamento Europeu e do Conselho, esclarecendo dúvidas entretanto suscitadas pela Comissão Europeia (CE);
- ✓ Harmonizar o regime jurídico nacional com as orientações e a prática europeia no que se refere ao desempenho energético dos edifícios, por forma a elevar o nível de exigência em termos de eficiência energética, essencial ao cumprimento dos objetivos fixados para 2020.

De acordo com o definido no n.º 3 do artigo 12.º do DL n.º 79/2006, de 4 de abril (RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios), o SCE (DL n.º 78/2006, de 4 de abril), estabelece a Nota Técnica NTSCE-02 com a metodologia de auditoria à QAI, a qual está em vigor desde de 2009.

Ao abrigo do disposto no artigo 36º do DL n.º 118/2013, de 20 de agosto, foi elaborada a Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro que estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem

como os limiares de proteção para os principais poluentes físico-químicos (Quadro 2), parâmetros microbiológicos (Quadro 3), condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços, e a metodologia de avaliação

Quadro 2–Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos Fonte: Adaptado da Portaria n.º 353-A/2013.

Poluentes	Unidade	Limiar de proteção	Margem de tolerância (MT)[%]
Partículas em suspensão (fração PM_{10})	$(\mu g.m^{-3})$	50	100
Partículas em suspensão (fração $PM_{2.5}$)	$(\mu g.m^{-3})$	25	100
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVs)	$(\mu g.m^{-3})$	600	100
Monóxido de carbono (CO)	$(mg.m^{-3})$ ppmv	10 9	-
Formaldeído (CH_2O)	$(\mu g.m^{-3})$ ppmv	100 0.08	-
Dióxido de carbono (CO_2)	$(mg.m^{-3})$ ppmv	2250 1250	30
Radão	$(Bq.m^{-3})$	400	-

Quadro 3–Condições de referência para os poluentes microbiológico Fonte: Adaptado da Portaria n.º 353-A/2013

	Matriz	Unidade	Condições de referência
Bactérias	Ar	$UFC.m^{-3}$	Concentração de bactérias totais no interior inferior à concentração no exterior, acrescida de $350UFC.m^{-3}$
<i>Legionella spp</i>	Água	$UFC.L^{-1}$	Concentração inferior a $100 UFC.L^{-1}$, exceto no caso da pesquisa em tanques de torres de arrefecimento em que se deve verificar uma concentração inferior a $1000 UFC.L^{-1}$. Ausência de <i>Legionella pneumophila</i> .
Fungos	Ar	$UFC.m^{-3}$	Concentração de fungos no interior inferior à detetada no exterior.

Em que:

- As concentrações em $\mu g.m^{-3}$ e $mg.m^{-3}$, referem-se à T° de $20^\circ C$ e à pressão de 1 atm (101,325 kPa);
- Os limiares de proteção indicados dizem respeito a uma média de 8 horas;
- As margens de tolerância previstas são aplicáveis a edifícios existentes e edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação.

Segundo o mesmo documento, a fiscalização da QAI em grandes edifícios de comércio e serviços, deve ser realizada pela Inspeção Geral do Ambiente e Ordenamento do Território (IGAMAOT), de acordo com metodologia a estabelecer pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e pela Direcção-Geral da Saúde (DGS).

1.5 Referenciais Internacionais

As organizações *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*, a *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* e a *ACGIH* estabelecem práticas e orientações dos poluentes direcionadas para o contexto ocupacional, como por exemplo, Agentes biológicos e doenças relacionadas com o trabalho (*"EU-OSHA Biological agents and prevention of work-related diseases: a review"*), Guia de bolso para riscos químicos (*"NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards"*), limites de exposição ocupacional (*"ACGIH TLVs e BEIs 2021"*), etc.

Em 2005, a OMS, produziu um relatório, que continha referenciais para PM (PM 10 e PM 2.5). Mais tarde, em 2009, foram publicadas diretrizes para a QAI referente à humidade e aos bolores (*WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould*) e em 2010, no relatório *Selected Pollutants –WHO Guidelines for Indoor Air Quality*, são apresentados valores de referência para novos poluentes.

2 QAI em ambiente hospitalar

Há mais de 150 anos, Florence Nightingale escreveu num dos seus estudos que as janelas abertas eram a marca de um hospital saudável, acreditando que a gestão do ambiente, prevenia o ressurgimento das doenças (Lopes et al., 2015).

Historicamente, a ventilação natural era benéfica nas enfermarias dos hospitais e fazia parte do controlo de infeções. Entretanto, com o advento de prédios altos e da temperatura controlada, muitos hospitais passaram a utilizar ventilação mecânica e sistemas de filtração como forma de controlo de QAI (Kembel et al., 2012). Apesar do crescente desenvolvimento tecnológico aplicado na área hospitalar, continuamos a viver numa era em que muitos edifícios apresentam riscos significativos para a saúde. Estes riscos, não limitados ao SED, incluem a exposição a poluentes e a infeções adquiridas em ambientes hospitalares, sendo que estas infeções permanecem entre as principais causas de morte nos países desenvolvidos (Tham, 2016).

O ambiente hospitalar, constitui um ambiente particular, apesar da hospitalização e dos procedimentos médicos serem concebidos de forma a promover a saúde, existem diversos fatores de risco químicos, físicos, biológicos e/ou psicossociais – capazes de provocar, inadvertidamente, efeitos nocivos à saúde, não só dos utentes/doentes, mas também dos profissionais de saúde. Estes contaminantes podem ser produzidos no seu interior, assim como podem ser influenciados pelo ar exterior (Camacho, 2010).

São vários os "ambientes" que podem ser encontrados dentro dos hospitais, como são: salas de espera, salas de cirurgia, unidade de recuperação pós-operatória, unidades de cuidados intensivos, salas de radiologia, urgência, laboratórios, salas de esterilização, entre outros. É nesta diversidade de espaços, serviços e ocupantes que faz com que um hospital possua um ambiente muito peculiar e característico, diferente de qualquer edifício comercial ou industrial. Assim, o ambiente hospitalar, torna-se bastante

complexo sob o ponto de vista de gestão da QAI (Leung, 2006). Apesar de ser reconhecida a importância da QAI nos hospitais, verifica-se que, em Portugal, continuam a existir graves lacunas neste campo, devido à arquitetura dos edifícios e aos equipamentos instalados, à falta de monitorização da QAI, aos hábitos dos ocupantes e a graves restrições económicas que põem em causa a sustentabilidade hospitalar. Os edifícios hospitalares são habitualmente antigos, muitas vezes apresentam sistemas AVAC inadequados e em algumas zonas dos edifícios não se verifica a sua existência (Piteira, 2007).

Segundo a ANVISA (n.d.), as áreas hospitalares são classificadas em áreas críticas, semicríticas e não críticas (Quadro 4), de acordo com a sua potencialidade de transmissão de infeções entre utentes/doentes.

Quadro 4–Classificação das áreas de acordo com o risco de infeção *Fonte: Adaptado de Arquitetura Na Prevenção de Infecção Hospitalar (ANVISA, n.d.)*

Hospital		
Áreas críticas	Áreas semicríticas	Áreas não críticas
Salas de cirurgia/ procedimentos invasivos; quartos de isolamento; urgência; cuidados neonatais; unidade de recuperação pós-operatório; unidades de queimados.	Enfermarias; consultórios; esterilização; lavandaria.	Vestiários; corredores; zonas administrativas.

Nas áreas para as quais os requisitos de QAI são muito exigentes, os hospitais têm vindo a investir todo o seu esforço na aquisição e atualização de equipamentos, como os sistemas AVAC. No entanto, nas áreas semicríticas a ventilação é usualmente inadequada e, conseqüentemente, não só a existência de desconforto térmico é comum, como também a acumulação de poluentes químicos e microbiológicos está na origem de infeções hospitalares e doenças ocupacionais. As áreas não críticas, dizem respeito a todos os locais que não sejam ocupados por utentes/doentes, sendo menos exigentes do ponto de vista da QAI (ANVISA,n.d.).

Assim, com exceção das áreas críticas, e apesar das exigências regulamentares, não são efetuadas análises da QAI de uma forma sistemática nos hospitais, existindo um desconhecimento por parte dos gestores hospitalares quanto aos parâmetros químicos, microbiológicos e de conforto existentes na generalidade da instituição. Este desconhecimento por parte deste grupo profissional, não permite o estabelecimento de relações inequívocas entre a QAI, as Infeções Associadas aos Cuidados de Saúde (IACS) e outro tipo de sintomas e doenças. Por outro lado, limita o desenvolvimento de ações de melhoria, perfeitamente focalizadas nos problemas existentes. Para além disso, os restantes profissionais de saúde não só continuam desinformados, quanto à importância da QAI, como também não se encontram habilitados para a melhoria contínua de boas práticas diárias (ANVISA,n.d. ; Piteira, 2007).

2.1 Exposição a agentes biológicos

A Diretiva 2000/54 / CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de setembro de 2000, sobre proteção dos trabalhadores contra riscos relacionados à exposição a agentes biológicos no trabalho, define “agentes biológicos” como: microrganismos, incluindo aqueles que foram geneticamente modificados, culturas de células e endoparasitas humanos, que podem provocar qualquer infecção, alergia ou toxicidade. É uma diretiva específica, que tem como premissa, minimizar os riscos para a saúde decorrentes dos agentes biológicos no local de trabalho e complementa os requisitos gerais estabelecidos na Diretiva 89/391 / CEE, conhecido como a Diretiva-Quadro.

Segundo a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EU-OSHA, 2019), a exposição a agentes biológicos no ambiente ocupacional, está associada a uma ampla gama de efeitos na saúde, incluindo doenças infecciosas, efeitos tóxicos agudos, carcinogênicos e alergias. No entanto, não existe um método para estimar a exposição a agentes biológicos no local de trabalho, pois ainda é muito limitado o número de doenças reconhecidas e relacionadas com a exposição a agentes biológicos no âmbito ocupacional.

As unidades de saúde são reconhecidas pelo alto nível de implementação da regulamentação e medidas de controle. Em geral, os profissionais de saúde estão mais conscientes dos riscos que estão expostos e melhor preparados para aplicação e cumprimento das medidas de segurança e proteção individual e coletiva (EU-OSHA, 2019).

2.2 Implicações da exposição em ambiente hospitalar

Num hospital são vários os tipos de serviços e espaços existentes. Cada unidade tem as suas funções e o dia-a-dia de cada uma pode ser muito diferente umas das outras. Os três grandes grupos de ocupantes diários de um hospital são os utentes/doentes, profissionais de saúde e visitantes; têm sistemas imunitários diferentes e que, por isso, apresentam suscetibilidades também diferentes quando expostos a um ar contaminado (Leung et al., 2006).

Os utentes/doentes são o grupo de ocupantes que apresentam o sistema imunitário mais debilitado, mostrando-se mais suscetíveis de contrair uma infecção. Os colaboradores do hospital, para além, da exposição a poluentes microbiológicos, estão também expostos a muitos agentes químicos provenientes de gases anestésicos, desinfetantes e esterilizantes. Por outro lado, é sabido que uma boa QAI está geralmente associada a uma sensação de bem-estar e de conforto, este aspeto é muito importante, uma vez que muitas das tarefas realizadas em hospitais são exigentes e qualquer erro pode ter graves consequências (Hellgren et al., 2006). Neste contexto, a gestão da QAI desempenha um papel fundamental na prevenção das infeções hospitalares e na proteção, tanto dos profissionais de saúde, como dos utentes/doentes, especialmente dos imunodeprimidos, que são altamente suscetíveis aos efeitos adversos dos diversos parâmetros químicos e microbiológicos do ar. Num hospital, uma QAI

deficiente, tanto pode estar na origem do SED, como também, de infeções nosocomiais e doenças ocupacionais (Leung et al., 2006; Wan et al., 2011).

Em relação as áreas críticas hospitalares, é pertinente abordar as IACS, visto que, a transmissão de infeções no seio hospitalar mostra uma relação próxima com uma QAI reduzida.

A OMS (2002) define, Infeção Nosocomial (IN), também designada de IACS, como:

“Uma infeção adquirida no hospital, por um paciente que foi admitido por outra razão que não a infeção. (...) infeção que ocorre num paciente internado num hospital ou noutra instituição de saúde, a qual não estava presente ou em incubação aquando a sua admissão. Incluem-se as infeções adquiridas no hospital que se detetam após a alta, bem como as infeções ocupacionais nos profissionais de saúde.”

Este tipo de infeção está entre as principais causas de morte e aumento de morbilidade em utentes/doentes hospitalizados, especialmente os que apresentam um sistema imunitário mais vulnerável. A OMS define, como fatores que promovem infeções entre doente/utente hospitalizado: a diminuição do sistema imunitário dos doentes, o aumento da variedade dos procedimentos médicos e das técnicas invasivas que criam fontes de infeção, e o aumento da resistência bacteriana a antibióticos (WHO, 2008). Para além disso, fatores como a densidade de ocupação e os sistemas AVAC constituem um risco potencial de transmissão de infeções. A transmissão de IACS depende do equilíbrio entre 3 elementos: fonte de infeção, hospedeiro suscetível e meios de transmissão. As fontes de infeção são geralmente provenientes de utentes/doentes, colaboradores e por vezes de visitantes. Outros potenciais fontes são os objetos inanimados e superfícies do ambiente hospitalar (incluindo equipamentos e medicamentos). O meio como os microrganismos se propagam pode concretizar-se através de vários meios: por contacto, por gotículas, por via aérea, por veículo comum ou por vetores (ANVISA, n.d.; ANVS, 2006; Brink et al., 2006). As infeções associadas a cuidados de saúde e o aumento da resistência dos microrganismos aos antimicrobianos são problemas de crescente importância à escala mundial, sendo que nenhum país e nenhuma unidade de saúde pode ignorar as implicações destas infeções e o seu impacto nos utentes, nas unidades de saúde e na comunidade (como por exemplo: o aumento da morbilidade e a mortalidade, prolongamento do tempo de internamento e aumento de custos em saúde) (Lebre et al., 2017).

3 O ozono

O ozono é uma molécula composta por três átomos de oxigênio, é um gás instável, parcialmente solúvel em água, de odor metálico e penetrante. É facilmente detetado à temperatura ambiente, em concentrações baixíssimas (0,01 a 0,05 mg/L) e apresenta-se como um gás incolor (Saini, 2011). Em concentrações mais elevadas, passa a ter uma coloração azulada. No Quadro 5, estão representadas as principais propriedades físico-químicas do ozono (Seydim et al., 2004; Vidal, 2003).

Quadro 5–Principais propriedades físico-químicas do ozono *Fonte: Adaptado de Seydim et al., 2004; Vidal, 2003.*

Propriedades físico-químicas	
Massa molar	48 Da
Massa específica (0°C e 101,3 kPa)	2,154 kg/m ³
Ponto de ebulição	-111,9 ± 0,3 °C
Ponto de fusão	-192,5 ± 0,3 °C
Solubilidade em água a 0°C	20 g/m ³
Solubilidade em água a 30°C	1,5 g/m ³
Temperatura crítica	-12,1 °C
Pressão crítica	5,53 MPa

Comparativamente a outros agentes oxidantes, o ozono é o segundo mais potente, devido ao seu alto potencial de oxidação (2,07 mV) (Seydim et al., 2004). Em solução aquosa (água destilada), o ozono é parcialmente instável e apresenta semivida que varia de 20 a 30 minutos a 20°C, contudo, alguns estudos mencionam uma semivida de 165 minutos. Na fase gasosa, o ozono além de ser mais estável, possui uma semivida de 12 horas ao ar atmosférico, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) (Vidal, 2003).

3.1 Desinfecção com ozono

A desinfecção é considerada como o principal mecanismo para a inativação/destruição de microrganismos patogénicos para evitar a propagação de doenças. O ozono é um oxidante muito forte. Os mecanismos de desinfecção com ozono incluem: oxidação/destruição direta da parede celular; reações com subprodutos radicais da decomposição do ozono; deterioração nos constituintes do núcleo de ácidos (purinas e pirimidinas) e interrupção de ligações carbono-nitrogénio, que conduzem para a despolimerização (EPA, 1999). O ozono tem sido usado há anos na descontaminação da água, para fins de consumo na Europa. Uma série de outros usos comerciais foram encontrados para o ozono, incluindo a desinfecção da água engarrafada, piscinas, prevenção da incrustação nas torres de arrefecimento e tratamento de águas residuais (Seydim et al., 2004).

A eficácia da desinfecção depende da suscetibilidade dos microrganismos, o tempo de contacto, e a concentração do ozono (EPA, 1999).

3.2 Ação antimicrobiana

Os efeitos antimicrobianos do ozono foram estudados e documentados numa ampla variedade de organismos, incluindo bactérias Gram positivas e Gram negativos bem como esporos e células vegetativas (Seydim et al., 2004). O ozono apresenta uma atividade antimicrobiana contra fungos filamentosos,

leveduras, vírus, bactérias e protozoários, além de esporos bacterianos e fúngicos, devido ao seu alto poder oxidante (Bialoszewski et al., 2010; Nagayoshi et al., 2004; Sadatullah et al., 2014).

A inativação de microrganismos pelo ozono, é um processo complexo, pois atinge vários constituintes celulares: proteínas, lípidos insaturados, enzimas respiratórias, peptidoglicanos e ácidos nucleicos (Linetskiy et al., 2008; Zhang et al., 2011). A ação do ozono sobre os microrganismos, ocorre pela oxidação de glicopeptídeos, glicoproteínas e aminoácidos da parede celular, alterando a permeabilidade e causando rapidamente a lise. Ao entrar no interior da célula, o O_3 recombina-se com elementos citoplasmáticos, provocando a oxidação dos aminoácidos e dos ácidos nucleicos, causando a clivagem e consequente morte celular. O O_3 atua também nos grupos sulfidrilo de enzimas, causando o colapso da atividade enzimática celular. Além disto, altera as bases purínicas e pirimidínicas dos ácidos nucleicos, como acontece com determinados vírus, onde é destruído seu RNA e ainda altera as cadeias polipeptídicas do capsídeo proteico (Martins et al., 2015; Tormin et al., 2016).

Existem alguns fatores que podem influenciar a atividade antimicrobiana, como: concentração do ozono, tempo de exposição e a espécie microbiana (Lüddecke et al., 2015).

3.3 Aplicações do ozono

A primeira aplicação do ozono, em grande escala, ocorreu em 1893, no tratamento de água em Oudshoorn, na Holanda. Em 1897, o químico Marius Paul Otto criou a primeira companhia especializada na construção e instalação de equipamentos de ozonização, para este fim. A partir desse momento, foram construídas estruturas de tratamento de água em Paris, Nice e Chartres na França; Wiesbaden e Paderborn na Alemanha; Niágara, no estado de Nova York nos Estados Unidos; São Petersburgo, na antiga União Soviética e Madrid, na Espanha. Logo, toda a Europa, adotou pelo uso do ozono no tratamento de água para abastecimento público (Seydim et al., 2004; Vidal, 2003). Em 1982, a Food and Drug Administration (FDA) certifica o ozono como um produto seguro ("General Recognized As Safe" – GRAS) para o tratamento de água engarrafada. Na década de 90, o ozono foi assegurado como uma substância GRAS em produtos alimentícios pelos Estados Unidos (EUA), promovendo um crescimento dessa aplicação no processamento de alimentos (Seydim et al., 2004).

Em 2006, foi fundada a Associação Brasileira de Ozonoterapia (ABOZ). A Ozonoterapia, consiste em um método onde o ozono-oxigênio é aplicado como agente terapêutico, numa grande variedade de patologias. A ABOZ trabalha para que esta prática seja realizada de forma legal, consciente, responsável e ética (ABOZ, 2017).

Segundo a *Internacional Ozone Association* (IOA, n.d.), o ozono pode ser aplicado em qualquer caso onde uma ação oxidante efetiva é necessária, quer em substâncias naturais, orgânicas, inorgânicas, minerais, biológicas, gasosas, líquidas ou sólidas. Assim, a sua utilização tem aplicabilidade na:

- ✓ Purificação de água: água potável, água engarrafada, piscinas, torres de arrefecimento, águas residuais industriais, remediação de águas subterrâneas, reutilização de águas residuais.

- ✓ Purificação do ar: emissões de gases da indústria, sistema de ar condicionado.
- ✓ Branqueamento de celulose para produção de papel sem cloro.
- ✓ Síntese orgânica.
- ✓ Aquicultura e piscicultura.
- ✓ Processamento de alimentos: água de enxague, preservação de alimentos.
- ✓ Tratamento de superfícies: fabricação de semicondutores, produção de inorgânicos.
- ✓ Medicina e estética: ozonoterapia, cirurgia, odontologia, ótica, fabrico de fármacos e produtos de beleza.

A FDA reconhece a eficácia do ozono na esterilização de dispositivos médicos permanentes ou descartáveis em câmaras de pequeno porte. As durações dos ciclos de esterilização variam entre 4 horas a 15 minutos na faixa de temperatura de 30 a 35° C. O processo é compatível com uma série de materiais, incluindo: aço inoxidável, titânio, alumínio anodizado, cerâmica, vidro, sílica, policloreto de vinil (PVC), teflon, silicone, polipropileno, polietileno e acrílico (Rutala et al., 2019).

3.4 Limites de Segurança Ocupacional

Segundo a EU-OSHA (2019), os limites de exposição profissional (LEP) são valores regulamentares que indicam níveis de exposição considerados seguros (baseados na saúde) a uma substância química presente no ar de um local de trabalho. A definição de limites à exposição a uma substância específica ajuda os empregadores a proteger a saúde dos trabalhadores contra possíveis riscos, ao utilizarem produtos químicos no trabalho, e a limitar a exposição dos trabalhadores a produtos químicos perigosos (ECHA, n.d.). No Quadro 6, apresenta-se os limites de exposição no local de trabalho para o ozono, conforme referenciais internacionais e Diretivas da União Europeia (UE).

CAPÍTULO II – METODOLOGIA

Na presente dissertação, foi efetuada uma revisão sistemática da literatura por ser um método preciso e fiável, que permite sintetizar um conjunto substancial de informação com evidência científica. Teve como finalidade realizar um levantamento dos estudos existentes entre 2010 e julho de 2021, de modo, a compreender a eficácia da desinfecção por ozono gasoso em ambientes ocupacionais na área da saúde e responder ao objetivo inicialmente proposto.

Esta revisão sistemática da literatura foi realizada tendo por base a metodologia *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), que tem como objetivo assegurar que as revisões sistemáticas (RS) e meta-análises sejam realizadas de forma completa, clara e precisa de acordo com Page et al., 2021.

Quadro 6 – Valores limites de exposição ao ozono

Valores Limites de Exposição Ocupacional						
Referenciais	TWA		STEL		Documento / Publicação	Ano/ Consulta
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³		
WHO	0,1	0,2	-	-	WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide Global update 2005 Summary of risk assessment	2005
NIOSH	-	-	0,1	0,2	Valores de Limite Internacionais Do GESTIS. https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index-2.jsp	Consulta em: 20/06/2021
ACGIH	Trabalho pesado 0.05	Trabalho pesado 0,1	Trabalhos pesados, moderados e leves < 2 h 0.2	Trabalhos pesados, moderados e leves < 2 h 0.4	Niosh Pocket Guide To Chemical Hazards	2007
	Trabalho moderado 0.08	Trabalho moderado 0.16				
	Trabalho leve 0.1	Trabalho leve 0.2				
OSHA	0,1	0,2	-	-	Valores de Limite Internacionais Do GESTIS https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index-2.jsp	Consulta em: 20/06/2021
UE	0,12	0,24	-	-	Limites de exposição profissional https://echa.europa.eu/pt/oel	Consulta em 25/05/2021

1 Estratégia de pesquisa e seleção dos estudos

A pesquisa e revisão da literatura providenciam a “matéria-prima” de uma RS. O desenvolvimento de uma estratégia de pesquisa abrangente pode ser considerada uma competência específica e, por isso, todas as equipas de revisão devem incluir ou consultar um perito em documentação e informação para que esta etapa seja desenvolvida de forma precisa e eficaz. A pesquisa deve abranger as fontes de literatura em três áreas fundamentais: pesquisa em bases de dados eletrónicas, pesquisa manual e cruzamento de referências bibliográficas (Pollock et al., 2017; Page et al., 2021).

A pesquisa de literatura do presente estudo foi efetuada formalmente nas principais bases de dados científicas, como a base de dados específicas da área da saúde, nomeadamente a MEDLINE utilizando como interface a PubMed Central, LILACs, MedRix, ScienceDirect (Elsevier) e EBSCOhost. A última pesquisa nestas bases de dados foi realizada no dia 31 de julho de 2021, pelo que os dados referidos em seguida se referem apenas a esta data.

Para a pesquisa das palavras-chave foi utilizado o *Medical Subject Headings* (MeSH) e, para agrupar as palavras foram utilizados os termos booleanos "AND", "OR" e "*", de modo, a desenvolver uma estratégia de pesquisa, através da combinação das várias palavras. Os termos usados para a procura dos artigos foram "effectiveness", "disinfection", "ozone", "environment", "Hospital", "occupational" "safety" e "safe", nas diferentes bases de dados científicas referidas anteriormente. Em cada uma delas foram aplicados filtros e limites adicionais de forma a aproximar o mais possível do número real de artigos relevantes a incluir na amostra. A estratégia de pesquisa, bem como as combinações dos termos para cada base de dados, encontra-se no ANEXO I.

Após a pesquisa nas bases de dados, os artigos foram inseridos no software de criação de referências *Mendeley Desktop*, versão 1.19.8, sendo removidos os artigos duplicados. Na segunda fase desta análise, os dois revisores (RL; CG) avaliaram todos os artigos, na íntegra e de forma independente, que haviam sido selecionados para integrar a amostra. Nos casos ocasionais de desacordo entre os revisores relativamente à inclusão ou exclusão de estudos na amostra foram resolvidos através de discussão até atingir um consenso.

2 Critérios de Inclusão e Exclusão

O presente estudo contemplou todos os artigos científicos obtidos através da pesquisa em bases de dados eletrónicas, e que cumpriram os critérios de elegibilidade definidos. Os critérios de elegibilidade têm como objetivo especificar as características dos estudos a incluir, através da abordagem PICOS (*Participants, Interventions, Comparators, Outcomes and Study design*) e as características dos artigos. No quadro seguinte (Quadro 7) é feita a descrição da abordagem PICOS para este estudo.

Na seleção dos artigos foram tidos ainda em conta determinados critérios de inclusão:

- ✓ Data de publicação – incluir artigos publicados entre o período de janeiro de 2010 e julho de 2021;
- ✓ Idioma – incluir os artigos publicados nos idiomas: inglês, português ou espanhol.

3 Extração dos dados dos estudos

Após seleção dos estudos na síntese qualitativa, foram recolhidos os dados pertinentes. Para as características gerais dos estudos incluídos foram reunidos dados sobre a identificação da publicação (autores, título, periódico, ano, país de origem) e dados da experiência, referentes a: objetivo do estudo; tipo de investigação; procedimentos metodológicos; resultados; conclusões, considerações e conflitos de interesse.

Quadro 7 – Abordagem PICOS

Crítérios de seleção	Crítérios de inclusão	Crítérios de exclusão
Participants (P)	Ozono gasoso como agente desinfetante do ar e superfícies em ambientes ocupacionais na área da saúde	Aplicação de ozono como agente desinfetante em ambientes não ocupacionais e de outras áreas (“food”, “water”, “wastewater”, “ambiental”).
Interventions (I)	Intervenção da ozonização como desinfetante do ar e superfícies	Intervenção da ozonização combinada com outros métodos.
Comparisons (C)	Estudos que comparem a aplicação da ozonização em diversos microrganismos.	
Outcomes (O)	Eficácia e segurança da aplicação da ozonização no ar e nas superfícies em ambientes ocupacionais na área da saúde	
Study design (S)	Estudos experimentais com e sem grupos de controlo centralizados na temática da avaliação da eficácia de programas de ozonização em ambientes ocupacionais na área da saúde	Estudos descritivos, revisões de literatura narrativa, revisões sistemática, com e sem meta análise, de opinião, relatórios. Estudos sem que seja possível consultar todos os dados publicados.

4 Avaliação da qualidade dos estudos e risco de viés

A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada, independentemente, por dois investigadores (RL,CG), tendo a colaboração de um terceiro investigador (MS) para avaliar em caso de desacordo entre os mesmos, de modo, a minimizar o viés no estudo. A avaliação foi baseada no preenchimento da “checklist” para estudos quase-experimentais (estudos não randomizados)” de *Joanna Briggs Institute (JBI)*. Todas as revisões sistemáticas incorporam um processo de crítica ou avaliação das evidências de pesquisa. O objetivo desta avaliação é avaliar a qualidade metodológica de um estudo e determinar até que ponto um estudo abordou a possibilidade de viés em seu desenho, condução e análise. Todos os artigos selecionados para inclusão na revisão sistemática (ou seja, aqueles que atendem aos critérios de inclusão descritos anteriormente) foram submetidos à avaliação rigorosa de dois avaliadores críticos. Os resultados desta avaliação, serão usados para informar a síntese e interpretação dos resultados do estudo.

CAPÍTULO III – RESULTADOS

1 Estudos selecionados e descrição

Após a aplicação das equações de pesquisa, foram identificados 2592 artigos de estudos publicados, entre 2010 e 2021 (Figura 1). Após a remoção dos duplicados, obtiveram-se 1046 artigos, resultantes da pesquisa nas bases de dados, PubMed Central, LILACs, ScienceDirect (Elsevier), MedRxiv, EBSCOhost, sendo rastreados os 1046 artigos.

Após verificar o conteúdo do resumo de cada artigo, foram selecionados 9 artigos, em texto completo para elegibilidade. Estes, foram incluídos na síntese qualitativa e os restantes foram excluídos com justificação. Os motivos mais comuns para a exclusão foram: artigos que utilizaram outros métodos de desinfecção, que integrassem no título “water”, “food”, “wastewater” e “ambiental”, assim como artigos cujo o estudo se debruçasse sobre ambientes não ocupacionais e de outras áreas e a combinação de outros métodos de desinfecção com a ozonização.

A informação contida nos artigos selecionados para a amostra foi recolhida e sistematizada de acordo com os objetivos do estudo e os critérios de elegibilidade definidos anteriormente.

No final desta segunda fase, foram selecionados os 9 artigos que integram a amostra. Todos os resultados apurados dizem respeito à análise desses 9 artigos.

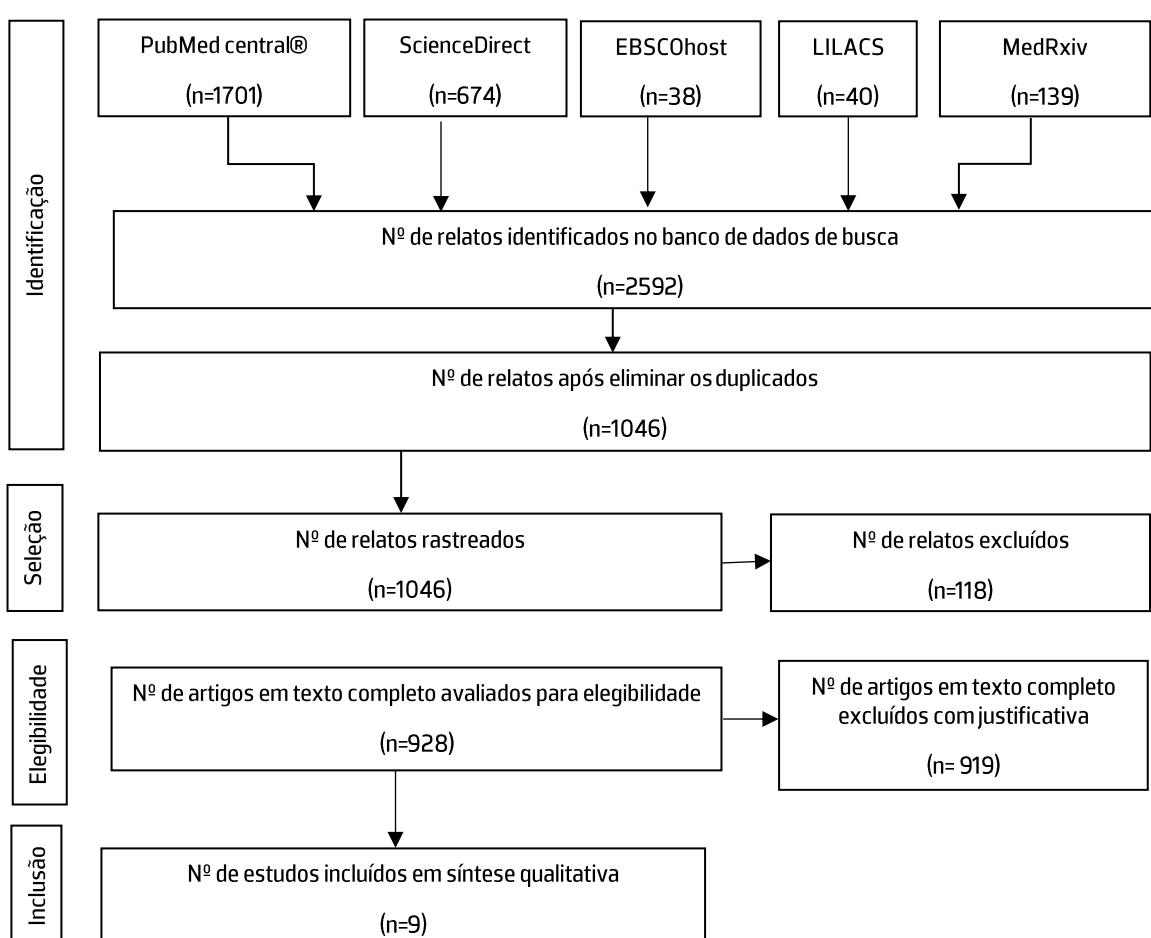


Figura 1-Fluxograma de seleção dos artigos da Revisão Sistemática

Nos Quadros de 8 a 16, apresentam-se as características gerais dos 9 artigos incluídos.

Quadro 8 – Características gerais do Estudo 1 (E1) Fonte: Percivalle et al., 2021

Título: E1- SARS-CoV-2 viability on different surfaces after gaseous ozone treatment: a preliminary evaluation.	
Autores: E. Percivalle, M. Clerici, I. Cassaniti, E. Vecchio Nepita, P. Marchese, D. Olivati, C. Catelli, A. Berri, F. Baldanti, P. Marone, R. Bruno, A. Triarico, P. Lago	
Data: 2021	Pais: Itália
Publicação: Journal of Hospital Infection	
Objetivo:	Avaliação a eficácia do ozono gasoso na eliminação do SARS-CoV-2 em diferentes superfícies.
Desenho de estudo	Quase experimental com grupo controlo
Questão metodológica	Qual a eficácia do Ozono na eliminação do SARS-CoV-2 em diferentes tipos de superfícies?
Procedimentos metodológicos	Foram colocadas gotículas de 50 µL (E-MEM 1% penicilina / estreptomicina / glutamina adicionadas com 5 µL / ml de tripsina) de SARS-CoV-2 (isoladas de um paciente COVID-19), foram espalhadas em oito superfícies diferentes: aço inoxidável, alumínio pintado e não pintado, acrílico, vidro, plástico, material de máscara FFP2 e bata cirúrgica, numa área de 3 x 8 cm em cada elemento de testagem. Essas superfícies e equipamentos foram submetidas a aplicação de diferentes concentrações de ozono gasoso 0,5 ppm, 1 ppm e 2 ppm. Tendo sido avaliado também em diferentes intervalos de tempo de exposição, aos 40 min e aos 60 min. Em simultâneo o grupo controlo foi alvo das mesmas condições ambientais, mas sem a aplicação de ozono.
Resultados	Resultados revelam que ozono gasoso nas três concentrações testadas de 0,5 ppm, 1 ppm e 2 ppm reduziram significativamente a viabilidade de SARS-CoV-2 após 40 min de ozonização em todas as superfícies avaliadas, incluindo FFP2 máscara e bata cirúrgica. Em todas as amostras foi evidente a diminuição percentual e redução da viabilidade do SARS CoV 2. Em 6 das 8 amostras ao fim de 40 min, existia uma redução de 80% da viabilidade do vírus, as exceções, foram na superfície de acrílico e na superfície das máscaras FFP2, que com a concentração de 0.5ppm de ozono apresentavam respetivamente, 50% e 30% de redução da inviabilidade do vírus. Mas ao final dos 60 min de exposição em todas as concentrações de ozonização utilizadas, foram obtidos resultados superiores a 80 % de inviabilidade do vírus, e na superfície das luvas e máscara atingiu praticamente os 100 de inviabilidade do vírus. A eficácia viricida do ozono não parece ser diretamente proporcional à sua concentração e não era dependente de tipo de superfície. O ozono pode reagir com os vírus por meio de interação diretas das suas moléculas e / ou indiretamente por meio de espécies reativas ao oxigênio (ROS), produzido como resultado da decomposição do ozono. Todas as amostras foram realizadas em humidade relativa e constante de (55%) e temperatura (24%).
Conclusões	Essas descobertas são importantes, devido às implicações na redução do risco de contaminação para profissionais de saúde associados à gestão de EPI e em aumentar sua disponibilidade em hospitais e enfermarias, assim como diminuir o impacto financeiro das instituições e dos resíduos. Embora a maioria dos EPIs seja designada para uso único, durante a pandemia de COVID-19, a reutilização de EPI foi considerada, requerendo um tratamento eficaz e rápido. Portanto, o ozono gasoso pode ser útil, e constituir um método amplamente acessível para reduzir significativamente as doenças infecciosas SARS-CoV-2, de quase todos os equipamentos médicos e superfícies, não suscetível à corrosão, na área da saúde, instalações e em superfícies críticas de difícil acesso.
Considerações	Estudo limitado aos materiais e microrganismos estudados. Não foi desenvolvido em contexto ocupacional, não aplicada a ozonização em limites de exposição às concentrações de ozono permitidos pelos referenciais. Apresentação dos resultados foi elaborada através de gráficos e com uma análise descritiva do mesmo, não tendo sido feita uma análise estatística. Os autores declararam não haver de conflito de interesse.

Quadro 9 – Características gerais do Estudo 2(E2) Fonte: Murata et al., 2021

Título: E2- Reduction of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 infectivity by admissible concentration of ozone gas and water	
Autores: Takayuki Murata, Satoshi Komoto, Satoko Iwahori, Jun Sasaki, Hironori Nishitsuji, Terumitsu Hasebe, Kiyotaka Hoshinaga, Yukio Yuzawa	
Data: 2020	País: Japão
Publicação: Journal Microbiol and immunology	
Objetivo:	Avaliar a atuação do ozono gasoso e da água ozonizada no controlo e concentração de SARS CoV - 2
Desenho de estudo	Quase experimental com grupo controlo
Questão metodológica	Qual o efeito do Ozono no SARS CoV - 2?
Procedimentos metodológicos	<p>Células VeroE6 / TMRSS2 foram cultivadas em meio Eagle modificado por Dulbecco (DMEM; Nacalai - Tesque), suplementado com 5% soro bovino (FBS) e penicilina-estreptomicina (Sigma-Aldrich). O SARS - CoV - 2, foi isolado da orofaringe de um doente. O vírus amplificado e titulado usando Células VeroE6 / TMRSS2.</p> <p>A ozonização é realizada através de um gerador de gás de ozono e uma sonda termo-higrómica colocados num recipiente, foi utilizado um reservatório de água para humidificar o ar no mesmo. O sistema de controlo faz a monitorização da concentração de gás constante a utilizar, sendo ligado e desligado pelo mesmo.</p> <p>Solução de vírus foi colocada e espalhada nas placas, e secas em ar ambiente. As placas foram colocadas no recipiente e o gás ozono foi administrado.</p> <p>Na utilização do ozono gasoso, o tempo de concentração (CT) foi definido como [Concentração O_3 (ppm) x Tempo (min)]. As amostras CT 60 foram colhidas após a incubação em recipiente de tratamento de ozono 10 e 20 horas, para o 0,1 e 0,05 ppm de gás de ozono, respetivamente.</p> <p>Em CT 0 as amostras foram incubadas no recipiente de controlo durante 10 e 20 horas, para as condições de 0,1 e 0,05 ppm de gás de ozono, respetivamente.</p> <p>Para as amostras CT 24, o SARS-CoV-2 foi incubado no recipiente de gás de ozono durante 4 e 8 horas, para 0,1 e 0,05 ppm, respetivamente, e depois transferida o recipiente de controlo para o resto da experiência.</p> <p>Do mesmo modo, as amostras CT 42 foram incubadas com gás de ozono durante 7 e 14 horas, durante 0,1 e 0,05 ppm, respetivamente, e, em seguida, instalados no contentor de controlo para o resto do tempo.</p>
Resultados	<p>Com a administração de ozono gasoso a 0,1 ppm, que é a concentração permissível para humanos definida pelo Japão, e com humidade do ar de 75% (mínimo para início da experiência). A humidade média era de cerca de 80%. Quando o valor CT atingiu 24 (4 horas), a viabilidade do SARS - CoV - 2 diminuiu em 73,2% em comparação com o controle. O vírus foi inativado por 86,7% e 95,4% no CT 42 e 60, respetivamente.</p> <p>Em seguida avaliou-se a 0,05ppm de ozono gasoso, o máximo tolerado concentração de acordo com a <i>United States Food and Administração (FDA)</i>, em condições húmidas, desta forma obteve-se 60,9%, 82,4% e 94,3% de reduções no título SARS - CoV - 2 em CT 24, 42 e 60, respetivamente. Na humidade ambiente (55%), 0,1 ppm de gás ozono não diminuiu significativamente a infecciosidade, em 68,4% no CT 60. Portanto, a humidade é importante para reduzir infecciosidade SARS CoV - 2 usando ozono gasoso.</p>
Conclusões	Sabe-se que, mesmo em baixas doses de ozono é eficaz contra SARS-CoV-2, assim como álcool, ultravioleta (UV), detergentes e hipoclorito de sódio. No entanto alguns destes agentes não podem ser usados contra vírus transportados pelo ar. UV pode eliminar o vírus no ar e em superfícies, contudo, luz ultravioleta não pode penetrar em objetos complexos, sendo menos eficaz.
Considerações	<p>Estudo limitado aos microrganismos estudados e ao ar ambiente. Não foi desenvolvido em contexto ocupacional.</p> <p>Apresentação dos resultados foi elaborada através de tabelas e com uma análise descritiva do mesmo, não tendo sido especificado o método da análise estatística.</p> <p>Demonstrou-se a eficácia e segurança de gás ozono em baixa dosagem para SARS CoV-2, mas o seu modo de ação não é específico para SARS-CoV-2, assim, as utilidades do ozono gasoso devem continuar a ser investigados.</p> <p>A empresa Tamura TECO Co. Ltd disponibilizou o equipamento para a pesquisa, mas o mesmo não teve nenhum papel na execução, interpretação ou redação do estudo.</p>

Quadro 10 – Características gerais do Estudo 3 (E3) Fonte: Criscuolo et al., 2021

Título: E3– Fast inactivation of SARS–CoV–2 by UV–C and ozone exposure on different materials	
Autores: Elena Criscuolo, Roberta A. Diotti, Roberto Ferrarese, Cesare Alippi, Gabriele, Viscardi, Carlo Signorelli, Nicasio Mancini, Massimo Clementi & Nicola Clementi	
Data: 2020	País: Itália
Publicação: Emerging Microbes & Infections	
Objetivo:	Estudar a eficácia de sistemas de desinfecção com UV e Ozono no controlo de SARS CoV–2 em diferentes materiais
Desenho de estudo	Quase experimental com grupo controlo
Questão metodológica	Qual a eficácia na inativação no SARS–CoV–2 com luz ultravioleta e do ozono gasoso, em diferentes materiais?
Procedimentos metodológicos	<p>Um Ensaio utilizando vírus isolado (hCoV–19) e propagado em células Vero E6. A amostra viral foi determinada por 50% de cultura de tecido infetante (TCID50) e ensaio de placas (formação de placas– unidades, PFU).</p> <p>As células Vero E6 (4 × 10⁵ células/mL) foram semeadas em placas de 96 reservatórios e infetadas com 10 diluições de base do meio recolhido. Foram selecionados seis tipos de materiais de uso comum: vidro, plástico, gaze, madeira, feltro e lã.</p> <p>O Ozonext Defender 10 (Cea S.A., Lecco, Itália) foi o sistema utilizado para a produção do ozono.</p> <p>Para monitorizar a concentração de gás (ppm) ao longo de todas as sessões. os 6 materiais foram colocados em uma placa de 24 reservatórios e testados utilizando 0,2 e 0,4 ppm de concentração do gás ozono, em diversos tempos de exposição.</p> <p>Foi feita a análise da utilização do ozono para uma rápida higienização de locais fechados, na ausência de pessoas, foi avaliada uma concentração de ozono mais elevada (4ppm) em diferentes momentos de exposição: 30, 60, 90, e 120 min.</p> <p>Grupo controlo são as amostras de vírus não tratadas, permanecendo à temperatura ambiente.</p>
Resultados	<p>O resultado das experiências de redução de titulação mostrou que o efeito sobre o vidro e a gaze era máximo (uma redução de 98,2% e 99,8% do título viral, respetivamente) após 90 minutos de exposição, enquanto 120 min são necessários para higienizar a lã quase completamente (99,8%), e plástico de 90%. Também foi descrita a redução da capacidade infecciosa do vírus adsorvida em diferentes materiais ao longo do tempo. Resultados são obtidos por comparação entre os vírus tratados com O3 e vírus não tratados, deixados à temperatura ambiente até 120 min.</p> <p>A concentração de gás na câmara de acrílico foi monitorizada durante as experiências.</p> <p>A concentração de 0,2 ppm foi testada num único ponto de tempo de duas horas; apesar de ser muito baixa, o sistema conseguiu para manter as oscilações da concentração desejada a um mínimo.</p> <p>Percebeu-se que a madeira não pode ser desinfetada melhor do que 93,3%, um resultado já obtido após um tratamento de 30 minutos.</p>
Conclusões	<p>Este estudo demonstrou, a inativação da SARS CoV–2 em diferentes materiais, sob exposição ao ozono. Um tratamento rápido utilizando 4 ppm O3 durante 30 min. leva a uma redução dos títulos virais acima de 90% para quase todos os materiais testados e concentrações menores de gás não tóxico, para os seres humanos, requer quatro vezes mais tempo para alcançar o mesmo resultado.</p> <p>Concluiu-se que a maior concentração de ozono testada nas experiências não resultou numa melhor descontaminação das superfícies, em comparação com um inferior, exceto para o plástico.</p>
Considerações	<p>Estudo limitado aos microrganismos e materiais estudados.</p> <p>Não foi desenvolvido em contexto ocupacional, não foi aplicada a ozonização em limites de exposição às concentrações de ozono permitidos pelos referenciais.</p> <p>Apresentação dos resultados foi elaborada através de tabelas e gráficos, com uma análise descritiva do mesmo, não tendo sido especificado o método da análise estatística.</p> <p>Os autores não reportaram qualquer conflito de interesses.</p>

Quadro 11 – Características gerais do Estudo 4 (E4) Fonte: Knobling et al., 2021

Título: E4 - Evaluation of the Effectiveness of Two Automated Room Decontamination Devices Under Real-Life Conditions	
Autores: Birte Knobling, Gefion Franke, Eva M. Klupp, Cristina Belmar Campos e Johannes K. Knobloch	
Data: 2021	País: Alemanha
Publicação: <i>Frontiers in Public Health</i>	
Objetivo:	Avaliar a eficácia de dispositivos automatizados de descontaminação de salas, um peróxido de hidrogénio aerossolizado comum (aHP) bem como um dispositivo recente à base de ozono gasoso.
Desenho de estudo	Quase experimental com grupo de controlo
Questão metodológica	Qual a eficácia dos dispositivos automatizados a base de peróxido de hidrogénio e de ozono 1.0 na desinfeção da unidade do utente hospitalizado?
Procedimentos metodológicos	Dispositivos à base de peróxido de hidrogénio e ozono, foram utilizados para desinfeção automatizada das salas de utentes (31,89 m ²) com w.c adjacente (6,63 m ²) e ante sala (7,11 m ²). Peróxido de hidrogénio aerossolizado (aHP) foi produzido pelo Sentinel H2O2 e o ozono, pelo STERISAFE Pro 1.0. O STERISAFETM O Pro possui um dispositivo de medição integrado para monitorizar e documentar a concentração de ozono, bem como a humidade. Para preparar as superfícies contaminadas, foi padronizado uma suspensão de <i>E. faecium</i> ATCC 6057 com 5.0×10^7 - 1.2×10^8 produzidas em unidades formadoras de colónias (cfu/ml). 20 µL, desta suspensão foram secas em lâminas cerâmicas para gerar superfícies contaminadas altas e primárias). Apenas a superfície contaminada secundária (SCS), que continha uma carga superficial inicial de 5×10^2 - 5×10^3 cfu foram incluídos na análise final. O HCS foi colocado em 22 locais, de posições certas na complexa estrutura do quarto para representar superfícies verticais e horizontais em diferentes alturas e posições [próximos aos utentes (n = 4); distantes dos utentes (n = 10); w.c (n = 3); ante sala (n = 5)]. Quatro SCS foram colocados próximos à área do utente, enquanto dois foram posicionados em móveis dentro da sala do utente e w.c. Além disso, um HCS e um SCS foram colocados fora da sala de teste como controlo. Ambos os sistemas de desinfeção automática da sala, foram investigados em quatro experiências independentes com colocação idêntica de superfícies contaminadas. Para o dispositivo à base de ozono, foi aplicado um ciclo normal com concentração de ozono de 70 a 80 ppm, para um tempo de 15 min e 80-90% de humidade relativa. Antes da aplicação, portas e difusores de ventilação, bem como detetores de fumo foram isolados. Após cada processo de descontaminação, as bactérias foram analisadas em ambas as lâminas cerâmicas tratadas e não tratadas. As placas de ágar foram incubadas por 18-24 h a 37°C. Os fatores de redução foram calculados subtraindo o log10 do controle e o log10 após a desinfeção.
Resultados	A avaliação das culturas quantitativas de superfícies contaminadas, não tratadas (SCS) mostrou média de $7,4 \times 10^5$ cfu/25 cm ² para os dispositivos testados. Esta carga superficial é adequada para demonstrar uma redução de >5 log10 e foi capaz de designar um produto como um desinfetante bactericida. A carga bacteriana de SCS não tratada revelou uma média de $2,1 \times 10^3$ cfu/25 cm ² delineando a contaminação de superfícies tocadas frequentes. O STERISAFE Pro baseado em ozono alcançou um fator de redução de log10 de >5 em todas as partes da sala de teste, independentemente da colocação do HCS. O tempo total de ciclo necessário para um processo de descontaminação foi aproximadamente de 3 h.
Conclusões	Tanto os sistemas de descontaminação automatizada de ozono, quanto o de peróxido de hidrogénio, podem alcançar a eficácia bactericida e podem ter um alto potencial, para melhorar o desempenho de desinfeção nos hospitais por padronização do processo. O fato de não serem necessários consumíveis para gerar ozono, pode ser uma vantagem decisiva, especialmente, em situações pandémicas como a atual Covid-19.
Considerações	Estudo limitado aos microrganismos e materiais estudados. Foi desenvolvido em contexto ocupacional, contudo não aplicada a ozonização em limites de exposição às concentrações de ozono, assim como a HR, permitidos pelos referenciais. As amostras foram usadas no mesmo ambiente, mas com localizações diferentes o que pode causar alterações em variáveis não controladas. A eficiência microbicida foi testada, apenas para um patógeno, que é conhecido por ser ambientalmente resistente. Devem ser realizados testes em diversos materiais superficiais, para avaliar o impacto de diferentes texturas superficiais no desempenho da desinfeção. BK e JK receberam uma bolsa de viagem da INFUSER Germany GmbH, Mannheim, Deutschland. Os demais autores declaram que a pesquisa foi realizada na ausência de relações comerciais ou financeiras que pudessem ser interpretadas como um potencial conflito de interesses.

Quadro 12 – Características gerais do Estudo 5 (E5) *Fonte: Moccia et al., 2020*

Título: E5 – Development and Improvement of an Effective Method for Air and Surfaces Disinfection with Ozone Gas as a Decontaminating Agent	
Autores: Giuseppina Moccia, Francesco De Caro, Concetta Pironi, Giovanni Boccia, Mario Capunzo, Anna Borrelli and Oriana Motta	
Data: 2020	País: Itália
Publicação: Journal Medicina MDPI	
Objetivo:	Desenvolver e implementar um procedimento de limpeza e higienização para ambientes clínicos críticos com ozono, para prevenir infecções hospitalares pela eliminação de todos os microrganismos tóxicos e prejudiciais no ar e garantir o uso seguro para trabalhadores e utentes
Desenho de estudo	Quase experimental
Questão metodológica	Será que a desinfecção com gás ozono é eficaz para eliminar microrganismos tóxicos e prejudiciais no em ambientes clínicos?
Procedimentos metodológicos	Realizado análises microbiológicas em dois ambientes diferentes (consultório/ gabinete médico e unidade de cirurgia geral) de acordo com o padrão internacional, UNI EN 13098: 2002, para amostragem de ar e UNI EN ISO 14698-1 para a superfície. Usada placa de 24 cm 2 Rodac (Replicate Organism Direct Agar Contact) com dois substratos diferentes, PCA (ágar de contagem em placa para contagem microbiana total) e SABOURAUDEXTROSE AGAR (para isolamento de fungos e leveduras). As placas foram incubadas em condições aeróbias a 30 ° C por 48 h. O número de microrganismos por placa (CFU) foi calculado a partir do número de colónias obtidas nas placas contendo menos de 300 colónias / placa. O protocolo do estudo envolveu uma seleção estruturada dos ambientes representativos de uma estrutura de saúde, como alta, média, e sala de baixo risco no ar e exemplos de móveis de hospital. Para cada sala, foram escolhidas para a avaliação da limpeza (maçanetas, móveis, cama, etc.). Cada sala da unidade de cirurgia analisada, tinha cerca de 36 m ² , com um volume de 120 m ³ , enquanto o consultório/ gabinete médico tinha cerca de 26 m ² , com um volume de 90 m ³ . Em ambiente cirúrgico (bloco), 15 trocas de ar por hora com ventilação de 0,24 m/s. A temperatura estava entre 24 e 25 ° C e humidade relativa entre 40 e 50%. As amostras de ar foram recolhidas pelo sistema SAS 180 S (instrumentos de monitorização SURFACE AIR SYSTEM), para monitorização ambiental microbiológico, usado em combinação com placas de contato. O instrumento foi posicionado a um metro do sistema de ozonização. As medições foram feitas antes, durante e após os tratamentos.
Resultados	No bloco operatório, antes do tratamento com ozono, o desempenho higiénico do ar era do tipo C de acordo com parâmetros padrão de referência e com um valor PCA de cerca de 100 CFU / m ³ . Após o tratamento, a contagem microbiana foi de 1 UFC / m ³ mostrando uma boa eficiência, de mais de 97%, do procedimento de higienização com ozono. No consultório/gabinete médico, analisaram os móveis e vestuário brancos, da equipa médica, que também poderiam ser desinfetados por ozono com eficiência e com uma redução da carga microbiana total de mais de 90%. No entanto, no caso de muito baixa contaminação, como 1 ou 2 colónias, o tratamento com ozono permite obter a desinfecção completa de ar e superfície. À avaliação da contaminação microbiana, pelo ar e a análise da concentração de ozono, durante a higienização até ao final do processo, foi verificar a existência de resíduos de ozono na sala que pode prejudicar a saúde na presença de operadores. A concentração de ozono atinge 3,2 ppm em 1 h e diminui completamente em 5 h, portanto, para garantir completamente a prevenção de riscos, para os profissionais de saúde, a higienização era feita à noite, ao final da jornada de trabalho.
Conclusões	A desinfecção com ozono pode ser um processo de higienização útil para hospitais e para programas de controlo de infeção. O tratamento com ozono é um método muito eficiente e permite elevar os padrões de segurança do ponto infeccioso nas estruturas de saúde. Há muitas vantagens deste dispositivo: é de fácil uso, garante a redução de microrganismos e garante a completa inativação de gases transportados pelos microrganismos do ar, evitando a deposição subsequente sobre as superfícies. Contudo, os procedimentos de limpeza com detergentes é uma etapa obrigatória antes de qualquer tratamento para remover completamente a matéria orgânica em superfícies. Apesar dessas limitações, este estudo fornece evidências de método eficaz de desinfecção para ambientes críticos, como hospitais.
Considerações	Estudo limitado aos microrganismos. Foi desenvolvido em contexto ocupacional, contudo as áreas clínicas onde foram desenvolvidos os estudos não tiveram o mesmo controlo das variáveis, especificamente a temperatura e a humidade. As amostras foram recolhidas no mesmo ambiente, mas com localizações diferentes o que pode causar alterações em variáveis não controladas. Apresentação dos resultados foi elaborada através de tabelas e gráficos, com uma análise descritiva do mesmo, não tendo sido especificado o método da análise estatística. Usar o ciclo de desinfecção com ozono apenas na ausência de pessoas. Atualmente, não existem estratégias de tratamento de ar disponíveis para inativar organismos transportados pelo ar durante surtos hospitalares, o que é mais provável devido a falta de protocolos aprovados. Os autores declaram não haver conflito de interesses

Quadro 13 - Características gerais do Estudo 6 (E6) *Fonte: Uppal et al., 2021*

Título: E6 - Inactivation of Human Coronavirus by FATHHOME's Dry Sanitizer Device: Rapid and Eco-Friendly Ozone-Based Disinfection of SARS-CoV-2	
Autores: Timsy Uppal, Amir Khazaieli, Antoine M. Snijders and Subhash C. Verma	
Data: 2021	Pais: USA
Publicação: Journal Pathogens MDPI	
Objetivo:	Avaliar a eficácia viricida do dispositivo de higienização a seco à base de ozono FATHHOME, no SARS CoV-2
Desenho de estudo	Quase experimental com grupo de controlo
Questão metodológica	Qual a eficácia do dispositivo FATHHOME à base de ozono no SARS CoV-2?
Procedimentos metodológicos	Estudar a eficácia do ozono na aceleração da inativação do HCoV-OC43 usando o dispositivo de desinfecção a seco da FATHHOME. Usaram 100 µL de amostra do vírus (equivalente a $2,1 \times 10^6$) foram aplicadas como gotículas de líquido de 10×10 µL no topo de lâminas de vidro (18 mm de diâmetro) e N95 FFRs (pedaços com 1 cm^2), cada um colocado numa placa de 12 reservatórios, sob contenção BSL-2+. A placa de 12 reservatórios contendo vírus foi colocada dentro do dispositivo FATHHOME (no centro) e exposto a doses variáveis de gás ozono (20, 25 e 50 ppm) por 10, 15 e 20 min. Algum vazamento de gás de ozono residual durante o ciclo de desinfecção foi medido (na tela) usando um segundo sensor de gás ozono (Porta Sens II, Thermo Fisher Scientific) colocado na contenção BSL-2+ ao lado do dispositivo FATHHOME. Todas as amostras foram conduzidas a 25 °C e 45% de humidade relativa. Os vírus não tratados e tratados com ozono, foram recolhidos para a avaliação de inativação de vírus, por quantificação direta de RNA genómico (qRT-PCR) e ensaio de efetividade usando células A549-hACE2 permissivas. A presença do RNA genómico viral foi determinada usando qRT-PCR para deteção de SARS-CoV-2 na superfície ambiental e amostras de ar.
Resultados	As quantificações do RNA genómico viral junto com ensaios de efetividade foram concebidas para estimar a eficácia de inativação viral HCoV-OC43 nas amostras tratadas e não tratadas com ozono. Foram calculadas com base na curva padrão usando diluições em série de RNA genómico HCoV-OC43. As cópias de vírus residuais intactas em amostras tratadas com ozono, foram calculadas e comparadas com o controlo não tratados, ajustados para 100%. Como esperado, as cópias de RNA genómico viral diminuíram (ou seja, uma diminuição de log 10), após 10 min, a 20 ppm de exposição ao ozono em ambas as superfícies testadas. Foi verificado uma redução ligeiramente maior (98,14%) no genoma viral RNA em N95 FFRs do que nas lâminas de vidro (90,71%). Surpreendentemente, um aumento na exposição ao ozono para 25 ppm por 10 min, não alterou significativamente o número de cópias genómicas virais intactas, em ambos as superfícies porosas. Em contraste, aumentando o tempo de contato do ozono (de 10 a 15 min), aumentou dramaticamente a degradação do vírus HCoV-OC43 (4 vezes, redução de 99,99%) e um aumento adicional no tempo de contato (de 15 para 20 min) levou a degradação completa do RNA genómico viral em superfícies lisas. Para N95 FFRs, aumentar o tempo de contato de 25 ppm de exposição ao ozono de 10 para 15 min, também resultou em uma redução de 99,99% HCoV-OC43 e o aumento do tempo de exposição para 20 min não diminuiu o RNA genómico viral. A exposição prolongada das superfícies a 50 ppm de ozono desintegrou 99,9% do RNA genómico do vírus (redução de 3 vezes) dentro de 10 minutos de exposição, em ambas as superfícies testadas. Aumentar o tempo de exposição para 15 min, não reduziu ainda mais a carga de cópia viral detetada em superfícies de vidro ou N95 FFRs. Aumentando ainda mais o tempo de exposição para 20 min a 50 ppm de ozono, resultou em nenhuma cópia residual do genoma viral intacta, detetada em superfícies de vidro ou N95 FFRs.
Conclusões	O ambiente de descontaminação proporcionado pelo dispositivo portátil da FATHHOME à base de ozono é altamente eficaz na inativação coronavírus humano, HCoV-OC43, reduzindo a estabilidade do RNA genómico viral e o vírus. Confirmamos que mesmo uma breve exposição ao ozono, 20 ppm por 10 min, pode efetivamente eliminar 99,8-99,9% do vírus infeccioso em superfícies sólidas e porosas, enquanto manter as concentrações de ozono em ambiente abaixo de 0,01 ppm durante a totalidade do ciclo de desinfecção. Este estudo, fornece evidências experimentais conclusivas de que a desinfecção baseada em ozono do FATHHOME resulta em uma redução de 6 log na viabilidade viral e é adequado para descontaminação rápida de várias superfícies ambientais, PPE e itens pessoais, contendo vírus na presença de fluídos biológicos.
Considerações	Estudo limitado aos microrganismos e materiais usados no estudo. Não foi desenvolvido em contexto ocupacional. A tecnologia de desinfecção a seco da FATHHOME, pode desinfetar de forma rápida e suave artigos que não compatível com desinfetantes tradicionais à base de produtos químicos, métodos de desinfecção "húmidos", ou métodos envolvendo calor e pressão. Essa tecnologia é particularmente relevante para trabalhadores da linha de frente fora do ambiente hospitalar (consultórios médicos / odontológicos, postos de polícia, cuidados ao domicílio, funcionários em lares de longa permanência, indústria de alimentos e hotelaria) que produzem quantidades significativas de resíduos com medicamentos diários e EPI de forma a manter seguro o seu local de trabalho, mas que não têm acesso a sistemas de desinfecção caros em escala industrial. Os autores declaram não haver conflito de interesses

Quadro 14 – Características gerais do Estudo 7 (E7) Fonte: Franke et al., 2021

Título: E7 - An automated room disinfection system using ozone is highly active against surrogates for SARS-CoV-2	
Autores: G. Franke, B. Knobling, F.H. Brill, B. Becker, E.M. Klupp, C. Belmar Campos, S. Pfefferle, M. Lütgehetmann, J.K. Knobloch	
Data: 2021	País: Alemanha
Publicação: Journal of Hospital Infection	
Objetivo:	Avaliar a eficácia da desinfecção numa sala através de um sistema automático de ozono contra o bacteriófago F 6 (phi 6) e coronavírus bovino L9, como vírus substitutos para o coronavírus pandémico SARS-CoV-2.
Desenho de estudo	Quase experimental com grupo de controlo
Questão metodológica	Será que o sistema automatizado de ozono (Pro versão 1.0, STERISAFE) é eficaz na desinfecção de vírus substitutos do SARS-CoV-2?
Procedimentos metodológicos	<p>Como vírus substitutos para o coronavírus pandémico SARS-CoV-2, utilizado bacteriófago F6 (phi 6) e coronavírus bovino L9, em várias superfícies (superfícies cerâmicas, de aço inoxidável e de mobiliário). Utilizado o dispositivo automatizado para desinfecção com ozono STERISAFE Pro versão 1.0, num compartimento hermético a gás de 6m³. As amostras de desinfecção, foram colocados horizontalmente em duas alturas diferentes, na prateleira para representar a eficácia em níveis ambientais altos e baixos. Três placas preparadas de cada material de vírus substituto, foram posicionadas no alto (1,69 m) e duas mais baixo (0,07m). Para ambos os organismos substitutos em cada amostra, duas placas de controlo contaminadas foram colocadas em uma sala sem tratamento.</p> <p>O tempo de descontaminação foi de 60 min, com uma concentração alvo de ozono de 80 ppm e uma humidade relativa alvo de 90%, gerado com o humidificador integrado e gerador de ozono. Numa segunda experiência a concentração de ozono na sala, cumpriu os valores limites usuais de 0,1 ppm (limite de exposição por 8 h por dia realizando trabalhos leves), definido por OSHA ou NIOSH. A concentração de ozono e a humidade relativa foram continuamente medidos por instrumentos integrados e descarregados num computador tablet móvel fora da sala.</p>
Resultados	O dispositivo de descontaminação da sala à base de ozono alcançou eficácia viricida (fator de redução > 4 log 10) contra ambos os organismos substitutos, independentemente dos diferentes superfícies e posições. No vírus substituto bacteriófago F 6 foram verificados fatores de redução de 6,15 nas superfícies de cerâmica, 4,29 na da mobília e 5,31 no aço inoxidável para níveis médios de log 10. No vírus substituto bacteriófago F 6 de controlo, com alta humidade sem ozono adicional como desinfetante, revelou uma pequena diminuição da atividade viral. Para o BCoV, após a aplicação de ozono, nenhum vírus residual poderia ser detetado independentemente do material transportador usado ou na posição na sala). Para o BCoV, foi verificado fatores de redução de 4,88 nas superfícies cerâmicas, 5,03 na mobília e 5,31 nas de aço inoxidável para níveis médios de log 10. STERISAFE™ Pro mostrou eficácia viricida (fator de redução > 4 log 10) para ambos os organismos substitutos em todas as superfícies investigadas.
Conclusões	O sistema de desinfecção de ozono testado, representa um método de desinfecção adicional seguro e útil que pode ser implementado após a alta de utentes infetados com patogénicos contagiosos e ambientalmente resistentes, como SARS-CoV-2. No entanto, devido à toxicidade do ozono, portas e os difusores de ventilação devem ser estritamente vedados para evitar disseminação não intencional, resultando em uma adicional carga de trabalho para o operador. Durante o ciclo de desinfecção, é necessário evitar a entrada não autorizada na sala durante o processo de desinfecção.
Considerações	<p>Estudo limitado aos microrganismos e materiais usados no estudo.</p> <p>Não foi desenvolvido em contexto ocupacional, contudo o controlo das variáveis, especificamente a temperatura não foi aplicada em todas as amostras. Apresentação dos resultados foi elaborada através de gráficos, com uma análise descritiva do mesmo, não tendo sido especificado o método da análise estatística.</p> <p>As experiências foram conduzidas em uma pequena sala com uma simples estrutura e apenas alguns móveis. Antes da implementação geral do dispositivo gerador de ozono, pode ser recomendado, mais estudos para garantir a operação segura no ambiente hospitalar.</p> <p>É necessário estudar a compatibilidade com diferentes materiais de superfície para garantir a operação segura de descontaminação de quartos conjugados em ambiente hospitalar.</p> <p>BK e JK receberam bolsas de viagem da Infuser Deutsch-Land GmbH, Mannheim, Alemanha. Todos os outros autores não têm conflito de interesses a declarar.</p>

Quadro 15 – Características gerais do Estudo 8 (E8) Fonte: Pironti et al., 2021

Título: E8 - The influence of microclimate conditions on ozone disinfection efficacy in working places	
Autores: Concetta Pironti, Giuseppina Moccia, Oriana Motta, Giovanni Boccia, Gianluigi Franci, Emanuela Santoro, Mario Capunzo, Francesco De Caro	
Data: 2021	País: Itália
Publicação: Environmental Science and Pollution Research	
Objetivo:	Avaliar a influência do microclima no procedimento de higienização para ambientes internos. com ozono, para prevenir infecções e garantir o uso seguro dos ambientes.
Desenho de estudo	Quase experimental com grupo controle
Questão metodológica	Será que o microclima influencia o procedimento de higienização com ozono em ambientes internos?
Procedimentos metodológicos	<p>As placas utilizadas para a contagem microbiana estavam contaminadas com bactérias Gram-negativas representativas de E. coli. As placas foram então expostas a uma concentração média de 1,6 ppm de ozono por 70 min nas temperaturas 16, 21 e 25 ° C e humidade relativa de 35, 45 e 55%. Em cada experiência, as placas colocadas por 70 min sem exposição ao ozono foram usadas como controlos. As placas foram posicionadas num local diferente, distância do gerador de ozono a 1, 1,5, 2, 3, 5 e 12 m, no mesmo nível e 1 e 2 m de altura. Dois tipos diferentes de salas foram analisados: numa sala de 150 m² (volume de 600 m³) com e sem pessoas, e um gabinete médico com cerca de 60 m², com um volume de 180 m³ (a ozonização foi sempre realizada na ausência de pessoas).</p> <p>O ozono foi gerado in-situ, usando um aparelho gerador de ozono portátil comercial, com uma produção média de 1,6 ppm / h. O gerador é equipado com um dispositivo que garante a redução total da concentração de ozono ao final do o tratamento. As medições foram feitas antes, durante e após os tratamentos com ozono. As análises microbiológicas no ar, foram realizadas usando uma Placa Rodac de 24 cm² (Contato de Agar Direto de Organismo Replicado) com um substrato PCA (ágar de contagem em placa para contagem microbiana total), específico para a monitorização da higiene do ambiente (ar e superfície).</p>
Resultados	Os resultados mostram que o ozono é um sistema de desinfecção que consegue eliminar cerca de 90% dos microrganismos presentes nas placas analisadas, em diferentes condições de distância e humidade relativa. A concentração de ozono medida nos vários pontos da sala e em todas as disposições analisadas foram idênticas. A concentração de ozono atinge um valor máximo de 4,80 ppm após 20 min e a sua eliminação completa após 70 min. Em todas as experiências, independentemente da distância, altura, temperatura e HR, encontramos baixa contaminação nas placas em comparação com o controle, onde, foi observada em média $6,8 \times 10^6$ UFC / placa. Os resultados obtidos no ar e nas superfícies em uma sala, em que foi usada ou não por pessoas (ozono-ação sempre foi conduzida na ausência de pessoas), verificaram que na presença de pessoas, tanto o ar quanto as superfícies eram mais contaminados antes do tratamento com ozono e observaram, 90% de redução da carga microbiana no ar (de 100 CFU / placa para 11 CFU / placa), enquanto que na ausência de pessoas a partir de uma condição mais limpa, foi obtida a destruição completa de microrganismos.
Conclusões	Diferentes condições de temperatura, humidade relativa, e a distância do gerador de ozono, não afetam a redução da carga microbiana. O dispositivo comercial utilizado na produção do ozono, fornece uma boa difusão do gás durante o processo, o que permitiu a eliminação e inativação de espécies microbianas aerotransportadas presente nas superfícies e debaixo delas. A concentração de ozono também foi avaliada após o processo de desinfecção para garantir a redução total do ozono no final do tratamento, por causa do risco no ambiente ocupacional.
Considerações	<p>Estudo limitado aos microrganismos.</p> <p>Não foi especificado o tipo de material das superfícies envolvidas no estudo.</p> <p>Não foi desenvolvido em contexto ocupacional.</p> <p>Apresentação dos resultados foi elaborada através de gráficos e tabelas, com uma análise descritiva do mesmo, não tendo sido especificado o método da análise estatística.</p> <p>Os autores declaram não haver conflitos de interesses</p>

Quadro 16 – Características gerais do Estudo 9 (E9) Fonte: Tsukamoto et al., 2016

Título: E9 – Application of ozone gas for decontamination of nucleoside anticancer drugs	
Autores: Ayumi Tsukamoto, Shunji Ishiwata, Asami Kajimoto, Ryusuke Murata, Rika Kitano, Tomomi Inoue and Takeshi Kotake	
Data: 2016	País: Japão
Publicação: Journal of Pharmaceutical Health Care and Sciences	
Objetivo:	Analisar a aplicabilidade do gás ozono como um potencial descontaminante para medicamentos anticancerígenos nucleosídeo para prevenir a exposição ocupacional na área da saúde.
Desenho de estudo	Quase experimental com grupo de controlo
Questão metodológica	Qual a aplicabilidade do gás ozono como descontaminante em medicamentos cancerígenos nucleosídeo?
Procedimentos metodológicos	Os medicamentos anticancerígenos nucleosídeos, citarabina e fluorouracil, foram expostos ao gás ozono (gerado por Handy Clean de Tamura Teco Co., Ltd), em placas de aço inoxidável sob humidade controlada. Os níveis de ozono exposto, foram avaliados usando o valor tempo de concentração (CT), que é o produto matemático da concentração de ozono e do tempo de exposição. Os efeitos da exposição ao ozono nos níveis dos medicamentos anticancerígenos foram determinados por High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). A exposição foi realizada sob a condição em que a concentração do ozono e a humidade foram mantidas em 35 ppm e 90%, respetivamente e, CT foi fixado em 80.000.
Resultados	Para avaliar o efeito do gás ozono na citarabina, a placa de aço inoxidável foi exposta ao ozono em uma câmara, em que a humidade foi mantida em 90%. A exposição ao ozono foi encerrada quando o valor CT atingiu 10.000 ppm x min durante a experiência, e a concentração máxima de ozono foi fixada em 20, 40 e 60 ppm. O nível de citarabina para uma humidade de 70%, foi de 88,2%, para uma humidade de 80% de humidade, os níveis de citarabina diminuíram para 2,9% e foi indetetável a 90% de humidade, em comparação com o observado para o grupo de controlo não tratado. O ozono não teve nenhum efeito sobre o nível de fluorouracil em 70% de humidade; no entanto, a 80% de humidade foi 13% e era indetetável a 90% de humidade, em comparação com o controlo.
Conclusões	O gás ozono é oxidativo e tem várias vantagens quando, usado como um desactivador de drogas anticancerígenas. Tem um alto potencial redox e irá realizar a desinfecção, além de decompor as drogas anticancerígenas. O ozono, sendo um gás, pode ser usado para descontaminar grandes áreas e alcançar locais inacessíveis. Uma vez que o gás ozono pode ser gerado no local a partir do oxigênio no ar, há menos problemas de segurança e económicos associados ao transporte e armazenamento. Gás ozono residual também pode ser facilmente decomposto por carvão ativado após da desativação da droga anticancerígena estar completa.
Considerações	Estudo limitado a medicamentos. Não foi desenvolvido em contexto ocupacional. No entanto, instrução e cuidado no manuseio é necessário. O gás é reativo e corrosivo, exigindo, portanto, o uso de um material resistente à corrosão, como o aço inoxidável. Os autores declaram que não têm interesses conflitantes

Pela análise global dos estudos, verifica-se que os autores são de diferentes áreas profissionais (medicina (E2, E5, E8), farmacologia (E10), microbiologia e virologia (E1, E3, E4, E6, E7). Quanto à origem, os estudos foram desenvolvidos nos USA (E6), Canadá (E9), Japão (E2, E9), Alemanha (E4, E7) e Itália (E1, E3, E5, E8). Quanto às áreas temáticas, verifica-se que estão enquadrados na microbiologia e imunologia (E2), infecção hospitalar (E1, E7), emergência, microrganismos e infecções (E3), ciência do ambiente e poluição (E8), saúde pública (E4), farmacologia (E9), multidisciplinar da ciência Medicina (E5) e agentes patogénicos (E6).

Todos os estudos utilizaram o método de investigação quase experimental com grupo de controlo, exceto o E5 e E9, sem grupo de controlo. Apesar de estudos apresentarem diferenças entre si, relativamente aos objetivos, materiais testados, microrganismos e procedimentos metodológicos diferentes, os resultados demonstraram que a aplicação do ozono gasoso é eficaz na redução dos microrganismos, em particular do SARS CoV-2 presente em vários materiais e superfícies.

Considerando particularmente os objetivos dos artigos analisados, os mesmos variaram desde a pesquisa da eficácia do ozono gasoso como agente desinfetante, no ar, nas superfícies, em diversos materiais e em testes de dispositivos de automatização a base de ozono. Foi foco de investigação, o efeito do microclima no procedimento da desinfecção para ambientes internos, e a aplicabilidade da desinfecção em medicamentos anticancerígenos.

Pela análise dos estudos, verifica-se que as variáveis estudadas foram similares, estando relacionadas com as concentrações de ozono, a humidade e o tempo de exposição. Os microrganismos testados foram: vírus SARS CoV-2 (E1, E2, E3, E6, E7), bactéria do grupo Gram negativas representado pela E. coli (E8), E. faecium (E4), microrganismos aeróbios, bactérias, fungos e leveduras, (E5) e medicamentos anticancerígenos, citarabina e fluorouracil, (9).

Foram estudadas superfícies com diferentes materiais: aço inoxidável (E1, E7, E9), alumínio pintado e não pintado (E1), acrílico (E1), vidro (E1, E3, E6), plástico (E1, E3), material de máscaras FFP2 e N95 (E1, E6), bata cirúrgica (E1), gaze (E3), felpo (E3), madeira (E3), lã (E3) e cerâmica (E7). Também foram testados em mobiliário (E5, E7), maçanetas de portas (E5), apesar de não especificar o tipo de material dessas superfícies, e no ar interior (E4, E5, E8).

Tendo com base a concentração do ozono e o tempo de exposição, a desinfecção foi obtida para várias combinações (E1-0,5, 1 e 2 ppm; E2 – 0,1 e 0,05 ppm, E3 – 0,2, 0,4 e 4 ppm; E4 – 70-80 ppm; E5 – ≤ 3,2 ppm; E6 – 20, 25 e 50 ppm; E7 – 0,01 e 80 ppm; E8 – 1,6 ppm; E9 – 20, 40 e 60 ppm), vários tempos de exposição (E1- 40, 60 min; E2- de 4 a 20 h; E3- 30, 60, 90, 120 min, E4- 15 min; E5- ≤ 5 h; E6- 10, 15, 20 min; E7- 60 min; E8 – 70 min; E9 – CT 80000, e vários valores de HR (E1- 55%; E2- entre 75-80% e 55%; E3- sem valores; E4- entre 80-90%; E5- entre 40-50%; E6- 45%; E7- 90%; E8- 35, 45, 55%).

Todos os procedimentos metodológicos, utilizaram testes de contaminação microbiológica, por inoculação nos materiais e/ou no ar, exceto o E9 que utilizaram contaminação de superfícies com medicamentos citotóxicos, que considerado pertinente foi incluído no estudo dado a exposição a agentes químicos em ambientes ocupacionais na área da saúde.

2 Avaliação da Eficácia

De forma a ser analisados os resultados mais pormenorizados, relativamente à eficácia do ozono apresentada nos diferentes estudos, a eficácia do ozono, é apresentado no Quadro 17 a sistematização dos resultados.

3 Avaliação da Qualidade dos Estudos

No Quadro 18, apresenta os resultados obtidos para a avaliação da qualidade dos estudos incluídos, após a aplicação da checklist de JBI. Obteve-se 2 artigos que apresentam classificação de 8, 4 artigos que apresentaram uma pontuação de igual a 7, 2 artigos com pontuação de 6 e 1 artigo com classificação de 4, respetivamente.

CAPÍTULO IV- DISCUSSÃO

Após a avaliação da qualidade metodológica dos estudos efetuados pelos revisores individualmente, através do instrumento da JBI já referido, foram incluídos todos os estudos que apresentaram um elevado ou moderado nível de qualidade, ou seja, score superior ou igual a 7 ou entre 4 e 6, respetivamente.

Na pesquisa dos artigos para a realização da RS, num período temporal de 2010 e 2021, verificou-se que, nas bases de dados pesquisadas sobre a temática, os artigos publicados com exceção do E9, são todos recentes (2020 e 2021). Além do referido, também se constatou que dos 9 artigos, 5 têm como alvo de estudo a eficácia do gás ozono na inativação do SARS CoV-2.

O ozono é um desinfetante eficaz na eliminação de bactérias como é demonstrado no E4 e E8, na inativação dos vírus, E1, E2, E3, E6 e E7, e tem uma ação descontaminante de drogas anticancerígenas, E9.

O particular interesse pelo o vírus SARS CoV-2, se prende pela emergência dos últimos 2 anos ao nível mundial, pela alta transmissibilidade nos hospedeiros, virulência e efeitos colaterais documentados para os sobreviventes. Em resposta a uma necessidade de segurança pública, foi da máxima importância desenvolver programas rápidos e eficazes na desinfeção do ar e de superfícies, equipamentos e ambiente circundante contaminados.

Perante isto, apesar das variáveis existentes em cada estudo (microrganismos, concentração de ozono, humidade, tempo de exposição e temperatura), verificou-se que a eficácia do ozono gasoso em superfícies, como é o vidro (E1, E3 e E6) é acima de 90%. Na superfície de plástico (E3), onde não há controlo de humidade, o ozono tem uma eficácia máxima de 68%, que comparativamente com o E1 em que a humidade é controlada (55%), revela valores acima de 80% da eficácia da ozonização.

Quadro 17 – Análise dos resultados da eficácia do ozono nos estudos

Estudos	Microrganismos/ Medicamentos	Tipo de Superfície/ar	Concentração de ozono	Tempo de Exposição	Humidade Relativa	Temperatura	Resultados da eficácia do ozono
E1	SARS CoV-2	Aço inoxidável	0,5ppm	40 min	55%	-	70%
				60min			90%
			1ppm	40 min			90%
				60min			90%
			2ppm	40 min			80%
				60min			80%
		Alumínio pintado	0,5ppm	40 min	55%	-	70%
				60min			90%
			1ppm	40 min			80%
				60min			90%
			2ppm	40 min			90%
				60min			80%
		Alumínio não pintado	0,5ppm	40 min	55%	-	70%
				60min			90%
			1ppm	40 min			80%
				60min			90%
			2ppm	40 min			80%
				60min			80%
		Acrílico	0,5ppm	40 min	55%	-	80%
				60min			90%
			1ppm	40 min			20%
				60min			90%
			2ppm	40 min			80%
				60min			80%
		Vidro	0,5ppm	40 min	55%	-	90%
				60min			100%
			1ppm	40 min			80%
				60min			85%
			2ppm	40 min			90%
				60min			90%
		Luvas Cirúrgicas	0,5ppm	40 min	55%	-	80%
				60min			80%
			1ppm	40 min			80%
				60min			90%
			2ppm	40 min			90%
				60min			90%
		Mascaras FFP2	0,5ppm	40 min	55%	-	50%
				60min			85%
			1ppm	40 min			80%
				60min			80%
			2ppm	40 min			80%
				60min			97%
		Plástico	0,5ppm	40 min	55%	-	80%
				60min			90%
			1ppm	40 min			90%
				60min			90%
			2ppm	40 min			90%
				60min			80%

Estudos	Microrganismos/ Medicamentos	Tipo de Superfície/ar	Concentração de ozono	Tempo de Exposição	Humidade Relativa	Temperatura	Resultados da eficácia do ozono	
E2 CT = Concentração (ppm) X Tempo(min)	SARS CoV-2	ar	0,1 ppm	CT24(240min)	75-80%	-	73,2%	
					55%		46,9%	
				CT42(420min)	75-80%		86,7%	
					55%		54%	
				CT60(600min)	75-80%		95,4%	
					55%		68,4%	
			0,05 ppm	CT24(240min)	75-80%		60,9%	
				CT42(420min)	75-80%		82,4%	
				CT60(600min)	75-80%		94,3%	
E3	SARS CoV-2	Vidro	0,2ppm	120min	-	90%		
			4ppm	30min		0%		
				60min		93,2%		
				90min		98,2%		
				120min		94,4%		
		Plástico	0,2ppm	120min		82,2%		
			4ppm	30min		90%		
				60min		68,4%		
				90min		68,3%		
				120min		90%		
		Gaze	0,2ppm	120min		96,8%		
			4ppm	30min		68,4%		
				60min		99,2%		
				90min		99,8%		
		Madeira	0,2ppm	120min		99,8%		
				4ppm		30min	93,3%	
						60min	93,3%	
						90min	93,3%	
			120min	93,3%				
		Lã	0,2ppm	120min		-		
			4ppm	30min		99,9%		
				60min		0%		
				90min		96,8%		
				120min		94,4%		
E4	E. faecium	Superfícies	70-80ppm	15-180min	80-90%	-	>5 Log10	
			≤3.2ppm	250min	40-50%	24-25°C	97%	
E5	Bactérias aérobias, fungos e leveduras	Ar B.O.	≤3.2ppm	250min	-	-	100%	
		Superfícies B:O					97%	
		Ar Consultório	≤3.2ppm	250min	-	-	-	90%
		Superfícies Consultorio						90%

Estudos	Microrganismos/ Medicamentos	Tipo de Superfície/ar	Concentração de ozono	Tempo de Exposição	Humidade Relativa	Temperatura	Resultados da eficácia do ozono
E6	SARS CoV-2 (HCoV-OC43)	Vidro	20ppm	10min	45%	25°C	99,49%%
			25ppm	10min			99,95%
				15min			100%
				20min			100%
			50ppm	10min			100%
				15min			100%
		20min		100%			
		Mascaras N95	20ppm	10min	45%	96,78%	
			25ppm	10min		98,55%	
				15min		100%	
				20min		100%	
			50ppm	10min		100%	
				15min		100%	
		20min		100%			
E7	SARS CoV-2 (BCoV)	cerâmica	80ppm	60min	90%	22°C	fator de redução >4 log10
	SARS CoV-2 (F 6)	Aço inoxidável					
		Superfícies de imobiliário					
E8	Bactéria gram negativas (E. coli.)	Ar	1,6ppm	70min	35%	16°C	90%
					45%	21°C	
		Superfícies			55%	25 ^a	
E9	Citarabina	Superfícies aço inoxidável	35ppm	CT 80.000	70%	-	11,8%
					80%		97,1%
					90%		100%
	Fluorouracil		35ppm	CT 80.000	70%		0%
			80%	87%			
			90%	100%			

Quadro 18 – Avaliação da Qualidade dos Estudos

Estudo	Tipo de Estudo	Nível de evidência	Qualidade Metodológica	
E1- SARS-CoV-2 viability on different surfaces after gaseous ozone treatment: a preliminary evaluation.	Quase experimental com grupo de controlo	2c	7	Boa qualidade
E2- Reduction of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 infectivity by admissible concentration of ozone gas and water	Quase experimental com grupo de controlo	2c	7	Boa qualidade
E3- Fast inactivation of SARS-CoV-2 by UV-C and ozone exposure on different materials	Quase experimental com grupo de controlo	2c	6	Média qualidade
E4 – Evaluation of the Effectiveness of Two Automated Room Decontamination Devices Under Real-Life Conditions	Quase experimental com grupo de controlo	2c	8	Boa qualidade
E5 – Development and Improvement of an Effective Method for Air and Surfaces Disinfection with Ozone Gas as a Decontaminating Agent	Quase experimental	2c	4	Média qualidade
E6 – Inactivation of Human Coronavirus by FATHHOME's Dry Sanitizer Device: Rapid and Eco-Friendly Ozone-Based Disinfection of SARS-CoV-2	Quase experimental com grupo de controlo	2c	8	Boa qualidade
E7 – An automated room disinfection system using ozone is highly active against surrogates for SARS-CoV-2	Quase experimental com grupo de controlo	2c	7	Boa qualidade
E8 – The influence of microclimate conditions on ozone disinfection efficacy in working places	Quase experimental com grupo de controlo	2c	6	Média qualidade
E9 – Application of ozone gas for decontamination of nucleoside anticancer drugs	Quase experimental com grupo de controlo	2c	7	Boa qualidade

Também é evidente que materiais porosos que constituem as máscaras P2, gases e lã, o fator tempo de exposição, é o mais relevante na eficácia do ozono gasoso. Uma vez que concentrações mais elevadas de ozono, mas com pouco tempo de exposição (E1, E3 e E6), apresentam menor eficácia, do que com amostras sujeitas a uma concentração inferior, mas com mais tempo de exposição. Estudos recentes demonstraram que, o ozono pode ser efetivamente utilizado como método de desinfecção em máscaras N95, não comprometendo a eficiência de filtragem do material, contudo referem que na ausência de controlo de humidade a desinfecção é mais variável e requer maior tempo de exposição e concentrações de ozono (Manning et al., 2020; Blanchard et al., 2020; Beaudry et al., 2020; Dennis et al., 2020).

Em outras superfícies como o aço inoxidável, alumínio, acrílico, cerâmica, também se verificou uma alta eficácia da ozonização. De acordo com Tseng et al. (2008), no seu estudo observaram que a fração de sobrevivência dos vírus em superfícies diminuiu exponencialmente com o aumento da dose de ozono, e que, a concentração de ozono necessária a 85% de HR foi menor do que a 55% de HR.

Em alguns estudos (E1, E3) verificou-se, que os resultados relativos às superfícies de acrílico pintado, do plástico, vidro e da lã, quando se alteraram algumas variáveis, por exemplo, tempo de exposição para a mesma concentração estimada, se obteve melhor resultados em menor tempo de exposição.

Segundo a *California Environmental Protection Agency*, (n.d.) , o ozono, sendo um forte agente oxidante, pode danificar materiais, como borracha, plásticos, tecidos, tinta e metais. A exposição do ozono no ar pode prejudicar progressivamente as qualidades funcionais e estéticas de materiais e produtos, encurtando a sua vida útil. Esse inconveniente pode causar perdas económicas significativas para as indústrias e outras atividades, devido ao aumento dos custos de manutenção ou da substituição dos bens danificados.

O estudo E2 tem especial pertinência, uma vez que, o vírus SARS CoV -2 tem alta transmissibilidade pelo ar. Percebeu-se que, com concentrações dentro dos valores limites de exposição ao ozono (0,1ppm), com humidade mais elevada, entre 75-80% e uma exposição de 600 min, se consegue uma eficácia de 95,4% na inativação do vírus por via aérea. Também, Tizaoui, (2020), através da modelagem molecular, mostrou que o ozono pode ser um oxidante eficaz contra SARS-CoV-2. O mesmo descreveu que o ozono danifica as proteínas e lípidos do vírus, destruindo assim a integridade do mesmo e inibindo o mecanismo pelo qual ele infecta.

Dos dois grandes grupos de bactérias conhecidas, Gram negativas e Gram positivas, em ambos os grupos aqui estudados em ar e superfícies, obteve-se uma grande eficácia na inativação destas bactérias representadas pelas *E. coli* e pela *E. faecium*. Sharma et al. (2008), no seu estudo referem, que o ozono pode ser uma valiosa ferramenta de descontaminação, para a remoção de bactérias em muitos ambientes institucionais e comunitários, incluindo hospitais e outras instituições de saúde.

Na discussão dos resultados do E8, suscitou mais exigência na compreensão dos mesmos, pelo facto de os resultados descritos não verterem a informação nas tabelas apresentadas.

O E5, foi realizado em ambiente hospitalar, especificamente bloco operatório e área cirúrgica, sendo que no primeiro espaço, há um controlo de todas as variáveis: concentração, temperatura, humidade e tempo de exposição, refletindo-se numa eficácia de 100% de inativação de bactérias aeróbias, fungos e leveduras. Enquanto, que no gabinete da área cirúrgica, tanto no ar como nas superfícies, mas sem controlo de temperatura e humidade, se obteve uma eficácia de 90% para os mesmos organismos. Contudo este último resultado não foi revelado claramente pelo respetivo estudo.

O ozono gasoso como agente de descontaminação em medicamentos anticancerígenos, foi 100% eficaz perante uma concentração, temperatura, humidade e tempo exposição controlados, em superfícies de aço inoxidável. Sendo a humidade o fator de diferenciação para os resultados, como já tinha sido verificado por Li et al. (2003). O mesmo, concluiu no seu estudo, que a eficiência do ozono na superfície sobe à medida que a humidade relativa aumenta, o que poderá estar relacionado com a reação do ozono com o vapor de água (HR), gerando mais radicais e potenciando a eficácia do ozono como agente desinfetante. De ressaltar, que os limites da HR do ar ambiente estipulado pelo DL 243/86 de 20 de agosto, devem compreender o intervalo entre os 50% e os 70%.

No entanto, até ao momento, poucos estudos estão disponíveis sobre a ação bactericida, viricida e fungicida do ozono. Nos estudos examinados, as experiências foram realizadas com diferentes geradores de ozono, em distintas condições de temperatura e humidade relativa, em díspares microrganismos. Como não estão disponíveis métodos padronizados para avaliação da eficácia do ozono, a heterogeneidade dos procedimentos experimentais realizados dificulta a comparação dos resultados.

Relativamente à segurança, na utilização do ozono gasoso como agente desinfetante, o E2 teve também como objetivo avaliar se a concentração, dentro dos valores limites de exposição (0,1ppm), era eficaz na desinfeção pretendida. O estudo revelou que, com humidade controlada e o aumento do tempo de exposição, era eficaz e viável utilizar este método de desinfeção durante atividade ocupacional.

Os restantes estudos, descreveram que, a utilização da ozonização com concentrações superiores aos valores limites de exposição, têm de ser utilizados com a garantia de um controlo do acesso ao espaço, controlo de fugas da área a ozonizar e um controlo de tempo necessário para a utilização da mesma área pós ozonização.

Devido às suas propriedades toxicológicas e à sua capacidade de degradar diversos materiais, o uso ideal de ozono para a desinfeção do ar e das superfícies é recorrendo na ausência de contato direto com seres humanos, e na utilização de uma concentração e tempo de exposição suficiente para eliminar os microrganismos, mas com efeitos mínimos na degradação dos materiais.

CONCLUSÕES

A presente dissertação consistiu numa revisão sistemática da literatura, para dar resposta a pergunta de investigação elaborada inicialmente, "Será que a aplicação do ozono gasoso como agente desinfetante do ar e das superfícies em ambientes ocupacionais na área da saúde é eficaz e seguro?".

Nesta revisão sistemática, fez-se a análise de cada estudo, comparou-se a eficácia do ozono em materiais, superfícies e microrganismos diferentes, indo de encontro ao objetivo proposto. Neste contexto foi analisada a influência das diferentes variáveis entre os estudos (humidade, concentração, temperatura e tempo de exposição). Há que salientar que nos diferentes estudos o ambiente foi controlado e que a ser usado em meio ocupacional, o ozono para ser eficaz tem de ter uma humidade e concentração específica.

Sendo o ozono um gás oxidante, muito eficaz em alcançar todos os pontos do espaço e das superfícies, realiza uma rápida e extensa desinfeção do ambiente simplesmente pela sua dispersão natural pelo ar.

Os artigos analisados revelam nos seus resultados a eficácia do ozono gasoso como agente desinfetante, em combinação com humidade relativa, para vírus, bactérias e fármacos, independentemente do material da superfície. Foram ainda identificados fatores de risco para a segurança na utilização do ozono gasoso, proporcionando um ponto de partida para recomendações de medidas mitigadoras.

A relação tempo, humidade e concentração, ao variar entre os estudos, também dificulta uma conclusão sobre parâmetros ideais. A RS da literatura sobre a eficácia do ozono gasoso mostrou que, usando baixas concentrações, o mesmo, pode ser um agente poderoso (até 99% de redução) quando combinado

com uma alta HR, para a desinfecção de ar, superfícies e alguns dispositivos de proteção individual. A dose mínima ideal e o tempo de exposição necessário, devem ser calculados de forma a eliminar microrganismos, contudo essa combinação deve ser testada para possíveis efeitos de degradação dos materiais.

As principais desvantagens para o uso do ozono como desinfetante, são os riscos que ele representa para a saúde e segurança humana. Além disso, os geradores de ozono são máquinas elétricas de alta tensão, com todas as implicações de segurança envolvidas.

LIMITAÇÃO DO ESTUDO

Apesar dos resultados obtidos, esta RS possui algumas limitações, nomeadamente, a dificuldade na aplicação das ferramentas para a avaliação da qualidade metodológica dos estudos, pelo facto de estas serem mais dirigida para intervenções clínicas. Outra dificuldade, centrou-se na comparação de dados entre os artigos, pela sua heterogeneidade. No entanto, mais estudos experimentais ainda são necessários, de maneira a subsidiar evidências sobre suas possibilidades e limitações.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sediada, sobre os resultados listados, destacam-se os seguintes aspetos a serem investigados em trabalhos futuros: as condições ótimas de segurança para a sua aplicação, os efeitos e danos nos materiais exposto e os parâmetros ideais para a sua eficácia. Da mesma forma, é necessário realizar novas pesquisas para testar este método em aplicações em ambientes reais clínicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. (n.d.). *ARQUITETURA NA PREVENÇÃO DE INFECÇÃO HOSPITALAR*, 23, Retrieved March 25, 2021, from <https://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/infeccao.pdf>

APA. (2009). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores – Um Guia Técnico*. Agência Portuguesa Do Ambiente. Retrieved May 20, 2021, from <https://www.voltimum.pt/biblioteca/qualidade-do-ar-em-espacos-interiores?flippage=1&id=5250>

APA. (2016). *Qualidade do Ar Interior. Agência Portuguesa do Ambiente em parceria com a Direção-Geral da Saúde*. Retrieved May 20, 2021, from <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=82&sub2ref=319>

Awad, A. H., Saeed, Y., Hassan, Y., Fawzy, Y., & Osman, M. (2018). Air microbial quality in certain public buildings, Egypt: A comparative study. *Atmospheric Pollution Research*, 9(4), 617–626. Retrieved march 30, 2021,

from <https://doi.org/10.1016/J.APR.2017.12.014>

- Beaudry, M. S., Frederick, J. C., Lott, M. E. J., Norfolk, W. A., Glenn, T. C., & Lipp, E. K. (2020). Effectiveness of an Ozone Disinfecting and Sanitizing Cabinet to Decontaminate a Surrogate Virus for SARS-CoV-2 on N-95 Masks. *MedRxiv*, 2020.11.04.20226233. Retrieved from <https://doi.org/10.1101/2020.11.04.20226233>
- Bernstein, J. A., Alexis, N., Bacchus, H., Bernstein, I. L., Fritz, P., Horner, E., Li, N., Mason, S., Nel, A., Oullette, J., Reijula, K., Reponen, T., Seltzer, J., Smith, A., & Tarlo, S. M. (2008). *The health effects of nonindustrial indoor air pollution*. 121: 585–591, Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2007.10.045>
- Bialoszewski, D., Bocian, E., Bukowska, B., Czajkowska, M., Sokol-Leszczynska, B., & Stefan Tyski. (2010, August 7). *Antimicrobial activity of ozonated water*. *Medical Science Monitor*. v. 16, n. 9, p.71–75, Retrieved from <https://www.medscimonit.com/abstract/index/idArt/881113>
- Blanchard, E. L., Lawrence, J. D., Noble, J. A., Xu, M., Joo, T., Ng, N. L., Schmidt, B. E., Santangelo, P. J., & Finn, M. G. (2020). Enveloped Virus Inactivation on Personal Protective Equipment by Exposure to Ozone. *MedRxiv: The Preprint Server for Health Sciences*. Retrieved from <https://doi.org/10.1101/2020.05.23.20111435>
- Brink, A., Feldman, C., Duse, A., Gopalan, D., Grolman, D., Mer, M., Naicker, S., Paget, G., Perovic, O., & Richards, G. (2006). Guideline for the management of nosocomial infections in South Africa. *South African Medical Journal = Suid-Afrikaanse Tydskrif Vir Geneeskunde*, 96(7 Pt 2), 642–652. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16909191/>
- California Environmental, P. A. (n.d.). *Ozone and Health*. Retrieved June 25, 2021, from <https://ww2.arb.ca.gov/resources/ozone-and-health>
- Camacho, R. A. P. (2010). *Detecção de bactérias no ar ambiente hospitalar com recurso a técnicas moleculares*. *Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação), Universidade da Madeira, Portugal, 205 pp.*. Retrieved from <https://digituma.uma.pt/bitstream/10400.13/397/1/MestradoRobertoCamacho.pdf>
- Capolongo, S. (2014). Architecture as a generator of health and well-being. *Journal of Public Health Research*, 3(1). Retrieved from <https://doi.org/10.4081/JPHR.2014.276>
- CCOHS. (2004). *Indoor Air Quality – Health and Safety Guide*. 2nd Edition, Retrieved from <https://conforlab.com.br/legislacao/centrocanadense.pdf>
- D'Alessandro, D., & Fara, G. M. (2017). Hospital environments and epidemiology of healthcare-associated infections. *SpringerBriefs in Public Health*, 9783319491592, 41–52. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-319-49160-8_4
- DGERT. (n.d.). *Legislação Nacional – Segurança e Saúde no Trabalho – DGERT*. Retrieved February 20, 2021, from <https://www.dgert.gov.pt/seguranca-e-saude-no-trabalho>

- ECHA (n.d) *Limites de exposição profissional*. Retrieved May 15, 2021, from <https://echa.europa.eu/pt/oel>
- Eckel, E. F., & Ametaj, B. N. (2016). Invited review: Role of bacterial endotoxins in the etiopathogenesis of periparturient diseases of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 5967–5990. Retrieved from <https://doi.org/10.3168/JDS.2015-10727>
- EEA. (2013, April 15). *Indoor Air Quality*. European Environment Agency. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2013/articles/indoor-air-quality>
- EPA, (1999). Wastewater Technology Fact Sheet Ozone Disinfection. In *United States Environmental Protection Agency*. EPA 832-F-99-063 Retrieved from <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/ozon.pdf>
- EPA (n.d), EPA. *CDC guidelines for cleaning and disinfection of spaces where Americans live, work and have fun | US*. Retrieved MARCH 21, 2021, from <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-cdc-release-guidance-cleaning-and-disinfecting-spaces-where-americans-live-work-and>
- EPA. (2012). *Particulate matter pollution (PM)*. Retrieved January 30, 2021, from <https://www.epa.gov/pm-pollution>
- EPA. (1991). *Indoor Air Facts No. 4 (revised) Sick Building Syndrome*. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-08/documents/sick_building_factsheet.pdf
- EU-OSHA. (2019). *Biological agents and work-related diseases: results of a literature review, expert survey and analysis of monitoring systems*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Retrieved from <https://osha.europa.eu/pt/publications/summary-biological-agents-and-work-related-diseases-results-literature-review-expert-survey-and-analysis-monitoring-systems/view>
- European Commission. (2005). *Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU The INDEX project*. Retrieved from https://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/pollution/fp_pollution_2002_frep_02.pdf
- Fehr, R., & Capolongo, S. (2016). Healing environment and urban health. *Epidemiologia e Prevenzione*, 40(3–4), 151–152. Retrieved from <https://doi.org/10.19191/EP16.3-4.P151.080>
- Ferro, AR, Kopperud, RJ, Hildmann, LM. (2004). Source strengths for indoor human activities that resuspend particulate matter. *Environmental Science & Technology*, 38(6), 1759–1764. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/ES0263893>
- Frankel, M., Bekö, G., Timm, M., Gustavsen, S., Hansen, E. W., & Madsen, A. M. (2012). Seasonal variations of indoor microbial exposures and their relation to temperature, relative humidity, and air exchange rate. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(23), 8289–8297. Retrieved from <https://doi.org/10.1128/AEM.02069-12>

- Gioda, A., & Aquino Neto, F. R. de. (2003). Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil. *Química Nova*, 26(3), 359–365. Retrieved from <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000300013>
- Godish, T., Davis, W. T., & Fu, J. S. (2014). *Air Quality* (CRC Press (Ed.); Fifth).
- Gutarowska, B., Szulc, J., Nowak, A., Otlewska, A., Okrasa, M., Jachowicz, A., & Majchrzycka, K. (2018). Dust at Various Workplaces—Microbiological and Toxicological Threats. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2018, Vol. 15, Page 877, 15(5), 877. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/IJERPH15050877>
- Habibi Najafi, M. B., & Haddad Khodaparast, M. H. (2009). Efficacy of ozone to reduce microbial populations in date fruits. *Food Control*, 20(1), 27–30. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2008.01.010>
- Hellgren, U.-M., & Reijula, K. (2006). Indoor-air-related complaints and symptoms among hospital workers. *SJWEH Supplements*, 58–63 . Retrieved from https://www.sjweh.fi/show_abstract.php?abstract_id=1044
- Hoskins, J. A. (2003). *Environmental Problems Affecting Health Indoor and Built Environment Health Effects due to Indoor Air Pollution*. 12, 427–433. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/1420326X03037109>
- Hudson, J. B., Sharma, M., & Vimalanathan, S. (2009). *Development of a Practical Method for Using Ozone Gas as a Virus Decontaminating Agent*. 66(1):40-5. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/01919510902747969>
- IAQMG - Indoor Air Quality Management Group. (2003). *Guidance Notes for the Management of Indoor Air Quality in Offices and Public Places*. 7–68. Retrieved from https://www.iaq.gov.hk/media/23671/gn_eng.pdf
- IAQMG - Indoor Air Quality Management Group. (2019). *Guidance Notes for the Management of Indoor Air Quality in Offices and Public Places*. Retrieved from https://www.iaq.gov.hk/media/23671/gn_eng.pdf
- IGAS. (2018). *Manual De Segurança E Saúde No Trabalho*. 5–72. Obtido em https://www.igas.min-saude.pt/wp-content/uploads/2017/04/Manual_Seguranca_e_saude_no_trabalho.pdf
- IOA. (n.d.). *Ozone and its application*. Retrieved May 23, 2021, from <http://www.ioa-ea3g.org/ozone-themes/ozone-and-its-application.html>
- Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, 151(2), 362–367. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2007.06.012>
- Kembel, S. W., Jones, E., Kline, J., Northcutt, D., Stenson, J., Womack, A. M., Bohannon, B. J., Brown, G. Z., & Green, J. L. (2012). Architectural design influences the diversity and structure of the built environment microbiome. *The ISME Journal* 2012 6:8, 6(8), 1469–1479. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.211>

- Kim, K. H., Kabir, E., & Jahan, S. A. (2018). Airborne bioaerosols and their impact on human health. *Journal of Environmental Sciences*, 67, 23–35. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.JES.2017.08.027>
- Kumari, P., Woo, C., Yamamoto, N., & Choi, H.-L. (2016). Variations in abundance, diversity and community composition of airborne fungi in swine houses across seasons. *Scientific Reports* 2016 6:1, 6(1), 1–11. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/srep37929>
- Lebre, A. I., Alves, A., Félix, A. M., Cruz, A. P., Palos, C., Noriega, E., Neves, I., Valente, M., Silva, M. G., Faria, M. J., & Pacheco, P. (2017). *PROGRAMA DE PREVENÇÃO E CONTROLO DE INFEÇÕES E DE RESISTÊNCIA AOS ANTIMICROBIANOS*. 5–23. Obtido em https://www.sns.gov.pt/wp-content/uploads/2017/12/DGS_PCIRA_V8.pdf
- Leung, M., & Chan, A. H. S. (2006, March 1). *Control and management of hospital indoor air quality*. *Medical Science Monitor*. 12 (3), 17–23. Retrieved from <https://www.medscimonit.com/abstract/index/idArt/447117>
- Li, C., & Wang, Y. (2003). Surface germicidal effects of ozone for microorganisms. *AIHA Journal: A Journal for the Science of Occupational and Environmental Health and Safety*, 64(4), 533–537. Retrieved from <https://doi.org/10.1202/559.1>
- Lignell, U. (2008). *Characterization of Microorganisms in Indoor Environments*. 1–75. Retrieved from https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/8975/urn_isbn_978-951-740-771-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Linetskiy, S. V., Hubálková H, Staňková H, Šmucler R, & Mazánek J. (2008). Ozone and Its Usage in General Medicine and Dentistry. *Prague Medical Report*, 109(1), 5–13. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19097384/>
- Lopes, M. S., Ferreira, J. R. F., da Silva, K. B., de Oliveira Bacelar Simplício, I., de Lima, C. J., & Fernandes, A. B. (2015). Disinfection of corrugated tubing by ozone and ultrasound in mechanically ventilated tracheostomized patients. *Journal of Hospital Infection*, 90(4), 304–309. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.JHIN.2015.03.004>
- Lüddecke, F., Heß, S., Gallert, C., Winter, J., Güde, H., & Löffler, H. (2015). Removal of total and antibiotic resistant bacteria in advanced wastewater treatment by ozonation in combination with different filtering techniques. *Water Research*, 69, 243–251. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2014.11.018>
- Manning, E. P., Stephens, M. D., Patel, S., Dufresne, S., Silver, B., Gerbarg, P., Gerbarg, Z., Cruz, C. Dela, & Sharma, L. (2020). Disinfection of N95 respirators with ozone. *MedRxiv*. Retrieved from <https://doi.org/10.1101/2020.05.28.20097402>

- Martins, C. C., Kozusny-Andreani, D. I., & Mendes, E. C. B. (2015). OZÔNIO NO CONTROLE DE MICRO-ORGANISMOS EM RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE. *Revista Baiana de Enfermagem* 29, (4), 327–318. Obtido em <https://doi.org/10.18471/RBE.V29I4.13678>
- MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DO EMPREGO. (2013). Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. *Diário Da República, 1.ª Série – N.º 159*. Obtido de <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/118-2013-499237>
- Ministérios do Ambiente, O. do T. e E. da S. e da S. E. e S. S. (2013, December 4). *Portaria 353-A/2013, 4 de dezembro – Estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos*. *Diário Da República* n.º 235/2013, 1º Suplemento, Série I. Obtido em <https://dre.pt/pesquisa/-/search/331868/details/maximized>
- Nabarro, L., Morris-Jones, S., & Moore, D. A. J. (2020). Infections Acquired by Airborne Transmission. *Peter's Atlas of Tropical Medicine and Parasitology*, 244–281. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4061-0.00004-2>
- Nagayoshi, M., Fukuizumi, T., Kitamura, C., Yano, J., Terashita, M., & Nishihara, T. (2004). Efficacy of ozone on survival and permeability of oral microorganisms. *Oral Microbiology Immunology*, 19, 240–246. Retrieved from http://www.dentalozone.co.uk/Efficacy_of_ozone.pdf
- NIOSH (2007) POCKET GUIDE TO CHEMICAL HAZARDS. Retrieved June 29, 2021, 1–454. from <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews* 2021 10:1, 10(1), 1–11. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/S13643-021-01626-4>
- Parlamento Europeu (2002). *DIRETIVA 2002/91/CE DO de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0091>
- Piteira, C. (2007). *A Qualidade do Ar Interior em Instalações Hospitalares* (L. Lidel – Edições Técnicas (Ed.)).
- Pollock, A., & Berge, E. (2017). How to do a systematic review: <https://doi.org/10.1177/1747493017743796>, 13(2), 138–156. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/1747493017743796>
- Pope, A & Dockery, D. W. (2012). Journal of the Air & Waste Management Association Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. 56, 709–742, Retrieved from <https://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464485>

- Portnoy, J. M., Barnes, C. S., & Kennedy, K. (2004). Sampling for indoor fungi. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 113(2), 189–198. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.JACI.2003.11.021>
- Quadros, M., Lisboa, H., Oliveira, V., & Schirmer, W. (2009). *Fortaleza*, v.30, n.1. 38–52. Retrieved from <https://periodicos.unifor.br/tec/article/viewFile/5275/4125>
- Rey, F. J., Rafael, M., & Callejo, C. (2006). *Edificios saludables para trabajadores sanos: calidad de ambientes interiores*. 1–229. Retrieved from <https://www.fessegovia.es/wp-content/uploads/2018/09/Edificios-saludables.pdf>
- Robert, D.; Behnam, P.; Avery, C.; Steve, E., & Devin, H. (2020). Durability of Disposable N95 Mask Material When Exposed to Improvised Ozone Gas Disinfection. *The Journal of Science and Medicine*, 2(1). Retrieved from <https://doi.org/10.37714/JOSAM.V2I1.37>
- Rutala, W.A., & Weber, D.J. (2019). Disinfection, sterilization, and antisepsis: An overview. *American Journal of Infection Control*, 47S, A3–A9. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.AJIC.2019.01.018>
- Sadatullah, S., Mohamed, N. H., & Razak, F. A. (2014). Qualitative Analyses of the Antimicrobial Effect of Ozonated Water on Supragingival Plaque and Salivary Microbes. *Annals of Medical and Health Sciences Research*. 4:526–31. Retrieved from <https://doi.org/10.4103/2141-9248.139301>
- Saini, R. (2011). Ozone therapy in dentistry: A strategic review. *Journal of Natural Science, Biology, and Medicine*, 2(2), 151. Retrieved from <https://doi.org/10.4103/0976-9668.92318>
- Sautour, M., Sixt, N., Dalle, F., L'Ollivier, C., Fourquenet, V., Calinon, C., Paul, K., Valvin, S., Maurel, A., Aho, S., Couillaud, G., Cachia, C., Vagner, O., Cuisenier, B., Cailot, D., & Bonnin, A. (2009). *Profiles and seasonal distribution of airborne fungi in indoor and outdoor environments at a French hospital*. *Science of the Total Environment*, 407 (12). Retrieved from <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0048969709001764?token=6F28B0FED391B2878A5F8FD81D490BE379343DCCAC3BE761857C244887ED8D8973C87C0F3284613490E350A8E2F2DC8F&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211026011120>
- Schirmer, W. N., Pian, L. B., Szymanski, M. S. E., & Gauer, M. (2011). Indoor air pollution and sick buildings syndrome. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16(8), 3583–3590. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/630/63019108026.pdf>
- Seydim, Z. B., Greene, A. K., & Seydim, A. C. (2004). Use of ozone in the food industry. 37, 453–460. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.10.014>
- Sepahvand, A., Shams-Ghahfarokhi, M., Allameh, A., & Razzaghi-Abyaneh, M. (2013). Diversity and Distribution Patterns of Airborne Microfungi in Indoor and Outdoor Hospital Environments in Khorramabad, Southwest Iran. *Jundishapur Journal of Microbiology* 2013 6:2, 6(2), 186–192. Retrieved from

<https://doi.org/10.5812/JJM.5074>

- Settimo, G. (2017). Existing Guidelines for Indoor Air Quality: The Case Study of Hospital Environments. *SpringerBriefs in Public Health*, 9783319491592, 13–26. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-319-49160-8_2
- Sharma, M., & Hudson, J. B. (2008). Ozone gas is an effective and practical antibacterial agent. *American Journal of Infection Control*, 36(8), 559–563. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.AJIC.2007.10.021>
- Sousa, J. P., Franco, M. H., Rodrigues, M. A., Santos, M., & Reis, S. (2001). *Riscos dos Agentes Biológicos: Manual de Prevenção* (IDICT (Ed.)).
- Swain, P., Nayak, S. K., Nanda, P. K., & Dash, S. (2008). Biological effects of bacterial lipopolysaccharide (endotoxin) in fish: A review. *Fish & Shellfish Immunology*, 25(3), 191–201. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2008.04.009>
- Tham, K. W. (2016). Indoor air quality and its effects on humans—A review of challenges and developments in the last 30 years. *Energy and Buildings*, 130, 637–650. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2016.08.071>
- Tizaoui, C. (2020). Ozone: A Potential Oxidant for COVID-19 Virus (SARS-CoV-2). *42(5)*, 378–385. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/01919512.2020.1795614>
- Tong, X., Xu, H., Zou, L., Cai, M., Xu, X., Zhao, Z., Xiao, F., & Li, Y. (2017). High diversity of airborne fungi in the hospital environment as revealed by meta-sequencing-based microbiome analysis. *Scientific Reports* 2017 7:1, 7(1), 1–8. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/srep39606>
- Tormin, S. C., Navarrini, A., Almeida, J. O. C. F. de, Travassos, L. H. R., Negri, M. V. de G., & Silva, R. A. (2016). Arquivos médicos dos hospitais e da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo. *Arquivos Médicos Dos Hospitais e Da Faculdade de Ciências Médicas Da Santa Casa de São Paulo*, 61, 138–141. Retrieved from <https://arquivosmedicos.fcmsantacasasp.edu.br/index.php/AMSCSP/article/view/107>
- Tseng, C., & Li, C. (2008). Inactivation of surface viruses by gaseous ozone. *Journal of Environmental Health*, 70(10), 56–62. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18561570/>
- Valores de limite internacionais do GESTIS. (n.d.). Retrieved October 29, 2021, from <https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-internationale-grenzwerte-fuer-chemische-substanzen-limit-values-for-chemical-agents/index.jsp>
- Vermont Departmente of Health. (n.d.). *Ozone*. Retrieved January 20, 2021, from <https://www.healthvermont.gov/health-environment/environmental-chemicals-pollutants/ozone>

- Vidal, F. J. (2003). Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización. 253 p
Retrieved from
https://books.google.pt/books?id=xAvNbixfFpcC&printsec=frontcover&dq=PROCESOS+DE+POTABILIZACI3N+DEL+AGUA+E+INFLUENCIA+DEL+TRATAMIENTO+DE+OZONIZACI3N&hl=pt-PT&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=PROCESOS DE POTABILIZACI3N DEL AGUA E INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO DE
- Viegas, C., Almeida, B., Gomes, A. Q., Carolino, E., & Caetano, L. A. (2019). Aspergillus spp. prevalence in Primary Health Care Centres: Assessment by a novel multi-approach sampling protocol. *Environmental Research*, 175, 133–141. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2019.05.015>
- Wagner, R. R., & Krug, R. M. (2020, November 12). "virus." Enciclopédia Britannica. Retrieved from <https://www.britannica.com/science/virus>
- Wan, G., Chung, F., & Tang, C. (2011). Long-term surveillance of air quality in medical center operating rooms. *American Journal of Infection Control*, 39(4), 302–308. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.AJIC.2010.07.006>
- Wang, S., Ang, H. M., & Tade, M. O. (2007). Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: State of the art. *Environment International*, 33(5), 694–705. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2007.02.011>
- WHO. (2002). *Prevention of hospital-acquired infections A practical guide 2nd edition (2)*.1–64. Retrieved from <https://www.who.int/csr/resources/publications/whocdscsreph200212.pdf>
- WHO. (2006). *DEVELOPMENT OF WHO GUIDELINES FOR INDOOR AIR QUALITY Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality The WHO Regional Office for Europe*. 1–15. Retrieved from https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/78613/AIQIAQ_mtgrep_Bonn_Oct06.pdf
- WHO. (2008). World Health Organization Regional Office for Europe. *Health Systems, Health and Wealth, Where are the patients in decision-making about their own care?*(2),1–14. Retrieved from www.euro.who.int
- WHO. (2010). *SELECTED POLLUTANTS*. 1–484. Retrieved from https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf
- WHO. (2013). *Review of evidence on health aspects of air pollution-REVIHAAP Project Technical Report*. 1–309. Retrieved from https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf
- Wolkoff, P., & Nielsen, G. D. (2001). Organic compounds in indoor air: their relevance for perceived indoor air quality? *Atmospheric Environment*, 35, 4407–4417. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231001002448>

Yoo, K., Lee, T. K., Choi, E. J., Yang, J., Shukla, S. K., Hwang, S. il, & Park, J. (2017). Molecular approaches for the detection and monitoring of microbial communities in bioaerosols: A review. *Journal of Environmental Sciences*, *51*, 234–247. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.JES.2016.07.002>

Zhang, Y. Q., Wu, Q. P., Zhang, J. M., & Yang, X. H. (2011). Effects of ozone on membrane permeability and ultrastructure in *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Applied Microbiology*, *111*(4), 1006–1015. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/J.1365-2672.2011.05113.X>

ANEXOS

ANEXO I – Estratégia de pesquisa nas bases de dados

Quadro 19 – Estratégia de pesquisa nas bases de dados

Base de dados	Estratégica de pesquisa base de dados	Nº de Artigos
Pubmed Central	((("disinfection"[MeSH Terms] OR "disinfection"[All Fields]) AND ("ozone"[MeSH Terms] OR "ozone"[All Fields]) AND ("environment"[MeSH Terms] OR "environment"[All Fields]) AND ("hospitals"[MeSH Terms] OR "hospitals"[All Fields] OR "hospital"[All Fields]) AND ("safety"[MeSH Terms] OR "safety"[All Fields]) AND ("2010/01/01"[PubDate] : "2021/07/31"[PubDate]))	564
	((("disinfection"[MeSH Terms] OR "disinfection"[All Fields]) AND ("ozone"[MeSH Terms] OR "ozone"[All Fields]) AND ("environment"[MeSH Terms] OR "environment"[All Fields]) AND occupational[All Fields]) AND ("safety"[MeSH Terms] OR "safety"[All Fields]) AND ("2010/01/01"[PubDate] : "2021/07/31"[PubDate]))	255
	((("effectiveness[All Fields] AND ("disinfection"[MeSH Terms] OR "disinfection"[All Fields]) AND ("ozone"[MeSH Terms] OR "ozone"[All Fields]) AND ("hospitals"[MeSH Terms] OR "hospitals"[All Fields] OR "hospital"[All Fields]) AND ("safety"[MeSH Terms] OR "safety"[All Fields]) AND ("2010/01/01"[PubDate] : "2021/07/31"[PubDate]))	427
	((("effectiveness[All Fields] AND ("disinfection"[MeSH Terms] OR "disinfection"[All Fields]) AND ("ozone"[MeSH Terms] OR "ozone"[All Fields]) AND occupational[All Fields]) AND ("safety"[MeSH Terms] OR "safety"[All Fields]) AND ("2010/01/01"[PubDate] : "2021/07/31"[PubDate]))	181
	((("effectiveness[All Fields] AND ("disinfection"[MeSH Terms] OR "disinfection"[All Fields]) AND ("ozone"[MeSH Terms] OR "ozone"[All Fields]) AND ("environment"[MeSH Terms] OR "environment"[All Fields]) AND ("hospitals"[MeSH Terms] OR "hospitals"[All Fields] OR "hospital"[All Fields]) AND occupational[All Fields]) AND ("safety"[MeSH Terms] OR "safety"[All Fields]) AND ("2010/01/01"[PubDate] : "2021/07/31"[PubDate]))	132
	((("effectiveness[All Fields] AND ("disinfection"[MeSH Terms] OR "disinfection"[All Fields]) AND ("ozone"[MeSH Terms] OR "ozone"[All Fields]) AND ("hospitals"[MeSH Terms] OR "hospitals"[All Fields] OR "hospital"[All Fields]) AND occupational[All Fields]) AND ("safety"[MeSH Terms] OR "safety"[All Fields]) AND ("2010/01/01"[PubDate] : "2021/07/31"[PubDate]))	142
	Total	1701
LILACs	(effectiveness) AND (disinfection) AND (ozone) AND (environment) AND (hospital) (year_cluster:2010 TO 2021)	6
	(disinfection) AND (ozone) AND (environment) AND (hospital)	14
	(disinfection) AND (ozone) AND (environment) AND (occupational)	1
	(disinfection) AND (ozone) AND (hospital) AND (safety)	6
	(disinfection) AND (ozone) AND (occupational) AND (safety)	2
	(disinfection) AND (ozone) AND (environment) AND (occupational) AND (safety)	1
	(effectiveness) AND (disinfection) AND (ozone) AND (hospital) AND (safety)	1
	(effectiveness) AND (disinfection) AND (ozone) AND (hospital)	8
(effectiveness) AND (disinfection) AND (ozone) AND (occupational)	1	
	Total	40
ScienceDirect	disinfection ozone environment hospital safety Year: 2010-2021	228
	effectiveness disinfection ozone occupational safety Year: 2010-2021	40
	effectiveness disinfection ozone environment hospital safety Year: 2010-2021	115
	isinfection ozone environment occupational safety Year: 2010-2021	88
	disinfection ozone environment occupational hospital safety Year: 2010-2021	35
	effectiveness disinfection ozone hospital safety Year: 2010-2021	134
effectiveness disinfection ozone environment occupational safety Year: 2010-2021	34	
	Total	674
MedRix	for term "effectiveness disinfection ozone hospital safety" and posted between "01 Jan, 2010 and 31 Jul, 2021"	24
	for term "effectiveness disinfection ozone occupational safety" and posted between "01 Jan, 2010 and 31 Jul, 2021"	21
	for term "disinfection ozone environment occupational safety" and posted between "01 Jan, 2010 and 31 Jul, 2021"	19
	for term "disinfection ozone environment hospital safety" and posted between "01 Jan, 2010 and 31 Jul, 2021"	21
	for term "effectiveness disinfection ozone environment occupational hospital safety" and posted between "01 Jan, 2010 and 31 Jul, 2021"	16
	for term "effectiveness disinfection ozone environment occupational safety" and posted between "01 Jan, 2010 and 31 Jul, 2021"	18
for term "effectiveness disinfection ozone environment hospital safety" and posted between "01 Jan, 2010 and 31 Jul, 2021"	20	
	Total	139
EBSCOhost	effectiveness AND disinfection AND ozone AND environment AND hospital AND safe*	2
	effectiveness AND disinfection AND ozone AND hospital AND safe*	4
	disinfection AND ozone AND environment AND hospital AND safe*	4
	disinfection AND ozone AND environment AND occupational AND safe*	1
	disinfection AND ozone AND environment AND hospital	23
	disinfection AND ozone AND environment AND occupational	3
disinfection AND ozone AND environment AND hospital AND occupational	1	
	Total	38

ANEXO 2 – Checklist para Estudos Quase-Experimentares (Estudos Experimentais Não Aleatórios)

Adaptado da JBI

Checklist da avaliação crítica da jbi para estudos quase-experimentais

Revisor _____ Data _____

Autor _____ Ano _____ Número recorde _____

	Sim	Não	Obscuro	Não Aplicável
1. Está claro no estudo qual é a 'causa' e qual é o 'efeito' (ou seja, não há confusão sobre qual variável vem primeiro)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Os participantes foram incluídos em algumas comparações semelhantes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Os participantes foram incluídos em quaisquer comparações recebendo tratamento/cuidado semelhante, para além da exposição ou intervenção de interesse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Existiu um grupo de controlo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Houve múltiplas medições do resultado, tanto antes como depois da intervenção/exposição?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. O acompanhamento foi completo e, se não, foram descritas e analisadas adequadamente as diferenças entre grupos em termos de acompanhamento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Foram os resultados dos participantes incluídos em quaisquer comparações medidas da mesma forma?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Os resultados foram medidos de uma forma fiável?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Foi utilizada uma análise estatística apropriada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Avaliação global: Incluído Excluído Procurar mais informações

Comentários (Incluindo motivo de exclusão)
