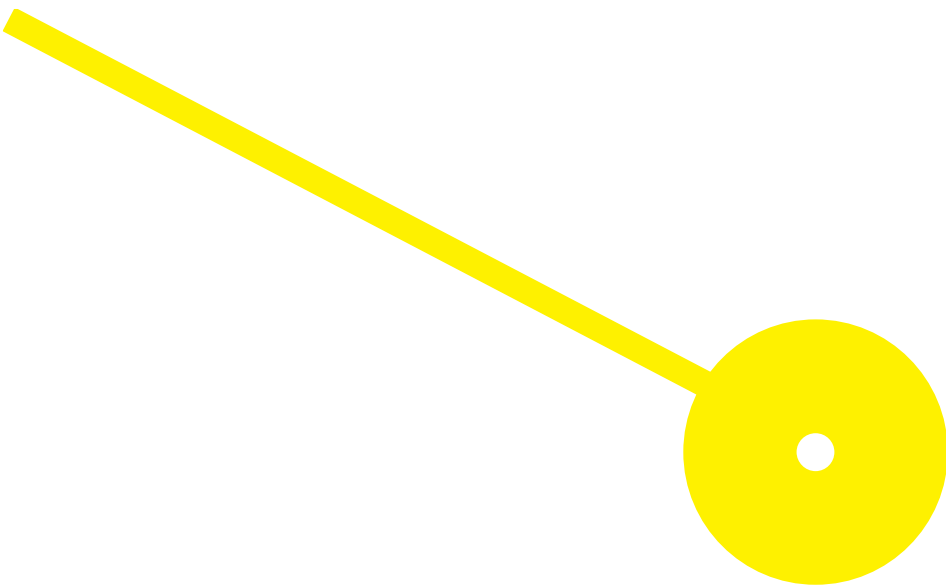




Risco por *Legionella pneumophila* em diferentes tipologias de edifícios: uma revisão sistemática

Maria Inês Almeida Silva

09/2024





**ESCOLA
SUPERIOR
DE SAÚDE**

**Risco por *Legionella pneumophila* em diferentes tipologias de edifícios: uma revisão
sistemática**

Autor

Maria Inês Almeida Silva

Orientador(es)

Professora Doutora Maria Manuela Vieira Silva, Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico
do Porto/Orientadora

Professora Doutora Ana Sofia Silva, Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do
Porto/Co-orientadora

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

Um muito obrigado a todos aqueles que estiveram presentes durante esta longa caminhada.

Um agradecimento especial à minha família e amigos próximos sem eles nada disto era possível, e também à minha colega Bárbara que teve sempre no apoio direto.

Por fim, obrigada à minha orientadora e co-orientadora por toda a atenção e interesse que incutiram durante o desenvolvimento da mesma, dando sempre o alento necessário.

O meu maior agradecimento a todos.

Obrigada!!!

Resumo

Introdução: A espécie *Legionella pneumophila* é responsável por cerca de 80% das infeções humanas, destacando-se como o principal agente da doença dos Legionários, uma forma grave de pneumonia transmitida pela água. Devido ao aumento da prevalência de surtos e mortes associadas, torna-se fundamental reavaliar as práticas de prevenção e controlo, bem como realizar uma avaliação rigorosa dos riscos para minimizar a propagação desta bactéria e proteger a saúde pública. Assim, com o intuito de promover a proteção da saúde pública, o objetivo da presente revisão sistemática foi realizar um levantamento sobre a avaliação do risco associado à presença da *Legionella pneumophila* em diversos tipos de edifícios.

Metodologia: Foi utilizada a metodologia PRISMA, que incluiu os artigos dos últimos 10 anos obtidos nas diferentes bases de dados, Web of Science, PubMed e Science Direct, focando-se em metodologias de Avaliação de Risco para *Legionella* realizada em espaços fechados. A metodologia utilizada para definir os critérios de elegibilidade foi o PEO e a Checklist de Avaliação Crítica da JBI foi aplicada para avaliar a qualidade metodológica dos estudos incluídos.

Resultados: Foram incluídos dezoito artigos nesta revisão, provenientes de países europeus e não europeus, nos diferentes tipos de edifícios existentes, sejam estas residenciais, públicos, hospitalares, hoteleiros. Relativamente aos resultados obtidos destes, todos reportaram a presença de *Legionella pneumophila* e as variáveis principais relacionadas com a presença desta bactéria são concordantes entre si, sendo identificadas como relevantes.

Conclusão: Em relação aos métodos aplicados na Avaliação de Risco, destacou-se o uso do Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA). Este método é frequentemente utilizado na avaliação dos riscos à saúde sendo mais completo e eficiente para os objetivos pretendidos. Este estudo permitiu deduzir que esta metodologia é a mais credível para ser utilizada na Avaliação de Risco da exposição à bactéria *Legionella pneumophila*. Outra conclusão importante deste estudo é a necessidade de implementar um plano de gestão de risco fiável, com ênfase na prevenção, pois só assim é possível proteger a saúde pública nos diversos edifícios utilizados pela população.

Palavras-chave: *Legionella*; Saúde Pública; Avaliação de risco; Doença dos Legionários.

Abstract

Introduction: The *Legionella pneumophila* species is responsible for around 80% of human infections, standing out as the main agent of Legionnaires' Disease, a serious form of water-borne pneumonia. Due to the increasing prevalence of outbreaks and associated deaths, it is essential to reevaluate prevention and control practices, as well as carry out a rigorous risk assessment to minimize the spread of this bacteria and protect public health. Therefore, with the intention of promoting the protection of public health, the objective of this systematic review was to carry out a survey on the assessment of the risk associated with the presence of *Legionella pneumophila* in different types of buildings.

Methodology: The PRISMA methodology was used, which included articles from the last 10 years obtained from different databases, Web of Science, PubMed and Science Direct, focusing on Risk Assessment methodologies for *Legionella* carried out in closed spaces. The methodology used to define the eligibility criteria was the PEO and the JBI Critical Assessment Checklist was applied to evaluate the methodological quality of the included studies.

Results: Eighteen articles were included in this review, from European and non-European countries, on different types of existing buildings, whether residential, public, hospital or hotel. Regarding the results obtained from these, all reported the presence of *Legionella pneumophila* and the main variables related to the presence of this bacterium agree with each other, being identified as relevant.

Conclusion: Regarding the methods applied in Risk Assessment, the use of the Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) stood out. This method is frequently used to assess health risks and is complete and more efficient for the intended objectives. This study allowed us to deduce that this methodology is the most credible to be used in the Risk Assessment of exposure to the *Legionella pneumophila* bacteria. Another important conclusion of this study is the need to implement a reliable risk management plan, with an emphasis on prevention, as this is the only way to protect public health in the various buildings used by the population.

Keywords: *Legionella*; Public health; Risk assessment; Legionnaires' disease.

Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Revisão Bibliográfica.....	3
2.1.	Características da <i>Legionella</i>	3
2.1.1.	Apresentação microbiológica da <i>Legionella pneumophila</i>	3
2.1.2.	Fatores que influenciam o crescimento e a proliferação da bactéria.....	3
2.2.	Epidemiologia da doença.....	5
2.2.1.	Caracterização da doença associada.....	6
2.2.2.	Impactos na saúde pública.....	7
2.3.	Enquadramento normativo.....	10
2.3.1.	Legislação nacional.....	10
2.3.2.	Normas e diretrizes europeias e internacionais.....	12
2.4.	Avaliação de risco	16
2.4.1.	Identificação dos perigos.....	18
2.4.2.	Métodos de avaliação de risco.....	19
2.4.3.	Processo de monitorização	24
2.4.4.	Implementação das medidas de controlo.....	25
3.	Métodos.....	26
3.1.	Critérios de Elegibilidade.....	26
3.2.	Fontes de Informação, Pesquisa e Seleção de Estudos	27
3.3.	Recolha e extração de dados	28
3.4.	Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés dos estudos incluídos.....	29
4.	Resultados.....	30
4.1.	Descrição e Análise dos Resultados	36
4.2.	Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés dos estudos incluídos.....	63

5.	Discussão.....	67
6.	Conclusão.....	70
7.	Limitações do Estudo.....	72
8.	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	73
	Referências Bibliográficas.....	74
	Anexos.....	84

Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Siglas

ARS: Administração Regional de Saúde

CDC: Centers for Disease Control and Prevention

DGS: Direção Geral de Saúde

ECDC: European Centre for Disease Prevention and Control

IGAS: Inspeção Geral Atividades em Saúde

IPAC: Instituto Português de Acreditação Certificação

IPQ: Instituto Português Qualidade

ISO: International Organization for Standardization

OMS: Organização Mundial de Saúde

WHO: World Health Organization

PCR: Proteína C-Reativa

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

QMRA: Quantitative Microbial Risk Assessment

SNS: Sistema Nacional de Saúde

UE: União Europeia

Índice de Figuras

Figura 1-Principais tipo de edifícios e respetivos sistemas de água associados que são alvo de avaliação	19
Figura 2 – Fluxograma da seleção dos estudos adaptado da metodologia PRISMA	31
Figura 3 – Tipologia de edifício abrangido	32
Figura 4 – Sistema/equipamento associado	33
Figura 5 – Países alvo do estudo.....	34

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Fatores e respectivas condições que propiciam o crescimento e a proliferação da <i>Legionella pneumophila</i>	4
Tabela 2 – Principais normas e diretrizes europeias e internacionais gerais que se encontram em vigor	12
Tabela 3 – Critérios de elegibilidade para inclusão do estudo (PEO).....	27
Tabela 4 – Condição/fator de risco que tornou favorável o crescimento e a proliferação da <i>Legionella</i> para cada um dos estudos incluídos	33
Tabela 5 – Características dos Estudos incluídos.....	37

1. Introdução

Atualmente a qualidade da água potável tem vindo a ser afetada por isso têm sido impostos novos desafios colocados por contaminantes aquáticos microbiológicos, estes estão a emergir em resultado da evolução social, tecnológica, demográfica e climatológica, provocados pela urbanização/gestão moderna, o que acarreta riscos para a saúde (Hartmann et al., 2021; Ishaq et al., 2020).

Neste contexto, será analisada a bactéria *Legionella* spp., um dos principais agentes patogénicos oportunistas. Comumente encontrada em ambientes aquáticos, esta bactéria apresenta riscos significativos para a saúde pública, sendo uma preocupação não só para Portugal, mas também para toda a Europa e o resto do mundo. O risco associado à sua prevalência tem vindo a aumentar, com o registo de vários surtos e mortes nos últimos anos (Ahmad et al., 2020; Hartmann et al., 2021; MS, 2014).

O surto mais significativo da Doença dos Legionários em Portugal foi reportado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) há cerca de 10 anos, contabilizando cerca de 233 casos e 5 mortes, tendo ocorrido em Lisboa. Desta forma esta bactéria merece uma atenção especial na área da saúde pública uma vez que apresenta características próprias que lhe permitem de forma única adaptar-se ao mundo moderno e industrial. (OMS, 2014; Ishaq et al., 2020).

Este ambiente, caracterizado por construções frequentes e mudanças contínuas, cria condições propícias para a sua disseminação e potencia riscos ainda pouco compreendidos, deste modo é necessário repensar as práticas de prevenção e controlo naquilo que diz respeito à intervenção sobre esta problemática, assim sendo, é crucial existir uma avaliação precisa do risco de *Legionella* de modo a minimizar a sua propagação e o risco associado de Doença dos Legionários (Bavari et al., 2022; ECDC, 2024; Ishaq et al., 2020).

Neste contexto, as unidades de saúde têm um papel fundamental devendo adaptar medidas de monitorização, vigilância, avaliação do risco e de prevenção e controlo (físico, químico e microbiológico), para promover uma manutenção adequada de todos os equipamentos e sistemas de água e de ar nas próprias unidades de saúde e também nos restantes edifícios que são frequentados pela comunidade (Barreiros et al., 2015; DGS, 2024).

De acordo com a Portaria 25/2021, de 29 de janeiro, a avaliação do Risco de *Legionella* e a sua monitorização constante tornaram-se obrigatórias para todas as organizações com acesso ao público e que produzam aerossóis. Isto é, todos os edifícios e estabelecimentos, sejam eles de gestão pública ou privada, que possam libertar gotículas de água, têm de analisar e classificar a possível exposição das águas à bactéria e assegurar a minimização do risco através de uma estratégia preventiva.

Uma das componentes de maior destaque é precisamente a avaliação do risco, esta fase compreende a análise do risco (identificação dos perigos e estimativa dos riscos) e avaliação de opções, envolvendo por isso a avaliação de toda a instalação de forma a estabelecer os pontos críticos, parâmetros a analisar e os procedimentos a seguir assim como pôr em prática a periodicidade com que cada atividade que deve ser realizada (Kmiecik et al., 2021; Sciuto et al., 2021).

Assim, deve existir uma avaliação igualitária em diversos aspetos e bem definida em todos os edifícios, de modo a garantir a segurança e saúde dos ocupantes, sejam estes trabalhadores e visitantes, em todo o tipo de espaços fechados. As medidas de prevenção são maioritariamente de manutenção e desinfecção, e têm como principal propósito assegurar o bom funcionamento e a qualidade de todos os equipamentos e sistemas de água e de ar presentes no edifício, de modo a garantir a segurança e a saúde dos seus ocupantes. Estas devem ser adotadas nos diferentes tipos de edifícios existentes e de acordo com as conclusões que foram retiradas da avaliação que foi realizada (Bavari et al., 2022; ECDC, 2024.; Kmiecik et al., 2021).

Com a finalidade de reduzir o número de casos de doenças e surtos associados à *Legionella*, é necessário implementar estratégias eficazes que facilitem a identificação, prevenção e tratamento da bactéria, especialmente em locais onde a sua presença pode ser frequente no quotidiano. Para isso, é necessário elaborar um Plano de Gestão de Risco apropriado para cada local sujeito ao perigo, o que passa por envolver os seguintes passos: decisão, implementação, monitorização, avaliação do desempenho e respetiva revisão (Barreiros et al., 2015; DGS, 2017; ESGLI, 2017; Ishaq et al., 2020; Siponen et al., 2024).

O objetivo primordial da presente revisão sistemática foi realizar um levantamento sobre a avaliação do risco associado à presença da *Legionella pneumophila* em diferentes tipos de edifícios. Os objetivos específicos foram os seguintes: (1) Compreender quais as características e os fatores de risco inerentes a esta bactéria; (2) Identificar como se realiza

o processo de avaliação de risco para esta bactéria; (3) Explicitar qual a importância de uma avaliação de risco sobre esta bactéria nos diferentes edifícios; (4) Caracterizar os métodos de avaliação de risco existentes para a *Legionella pneumophila*; (5) Aferir quais as variáveis de estudo associadas a cada uma das metodologias; (6) Averiguar as diferenças existentes nos tipos de edifícios, tendo em conta o risco inerente aos mesmos relativos às características e aos sistemas associados; (7) Estabelecer a importância do processo de avaliação de risco para a *Legionella pneumophila* e as suas implicações na saúde pública.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Características da *Legionella*

A *Legionella* spp., é considerada uma bactéria ambiental aquática e, por isso é independente da estação do ano, o seu habitat pode estar disposto na natureza de forma permanente e generalizada. No entanto, pode também estar presente em sistemas artificiais de abastecimento de água, o qual vai ser destacado nesta revisão (Fernandes, 2015; Mraz & Weir, 2018).

2.1.1. Apresentação microbiológica da *Legionella pneumophila*

A *Legionella* é uma bactéria ambiental aeróbia gram-negativa e intracelular, pertencente à família *Legionellaceae*, com 48 espécies descritas e mais de 70 serogrupos. A espécie *Legionella pneumophila* será destacada, pois é uma das principais responsáveis por doenças infecciosas transmitidas pela água na Europa. É responsável por aproximadamente 80% das infeções nos humanos uma vez que apresenta um conjunto de características patogénicas mais graves, o que a torna uma preocupação significativa para a saúde pública (Bavari et al., 2022; Girolamini et al., 2023; Mraz & Weir, 2018, 2022; Scanlon et al., 2022).

2.1.2. Fatores que influenciam o crescimento e a proliferação da bactéria

A *Legionella pneumophila* define-se como uma bactéria ambiental patogénica oportunista, podendo proporcionar uma possível multiplicação massiva, caso se conjuguem determinados fatores, identificados na Tabela 1, (Campaña et al., 2023; Mraz & Weir, 2022):

Tabela 1 – Fatores e respectivas condições que propiciam o crescimento e a proliferação da *Legionella pneumophila* (Assaidi et al., 2021; Barreiros et al., 2015; Federigi et al., 2022; Sciuto et al., 2021; SNS24, 2023)

Fatores de risco possíveis	Condições ideais para proliferação da <i>Legionella pneumophila</i>
Nutrientes	A presença de nutrientes na água. Os principais nutrientes incluem aminoácidos, ferro, carbono, ácidos gordos e lípidos, além de micronutrientes como minerais e iões, entre os quais se destacam o magnésio, cálcio e fósforo.
Estado da água	A estagnação da água contribui para a sua deterioração, promovendo alterações naturais na sua composição química ao longo do tempo. Essas mudanças criam condições favoráveis ao crescimento microbiano, incluindo a proliferação de agentes patogénicos.
Físicos-químicos	O crescimento da <i>Legionella</i> é propício a temperaturas entre 20 e 45 °C. Abaixo de 20 °C, as bactérias entram em estado de dormência, enquanto a temperaturas superiores a 60°C, geralmente, não conseguem sobreviver. No entanto, estudos demonstraram que a <i>Legionella</i> pode resistir a tratamentos a 70 °C por períodos até de 30 minutos.
	O pH ideal para o crescimento da <i>Legionella</i> situa-se entre 5,5 e 8,9.
	A humidade deve ser superior a 60% para favorecer o crescimento da <i>Legionella</i> .
Contacto com outros organismos	A interação com organismos, como algas, amebas e protozoários, ocorre quando há a formação de biofilmes na superfície em contato com a água. Além disso, processos corrosivos ou de incrustação, o uso de materiais porosos e produtos derivados de silicone nos sistemas de rede prediais favorecem a proliferação dessas bactérias. Esses microrganismos desempenham um papel crucial na sobrevivência da <i>Legionella</i> em condições ambientais desfavoráveis, como em situações de tratamento inadequado da água.

Os fatores apresentados na Tabela 1 podem estar presentes nos mais variados tipos de ambientes aquáticos, sejam estes naturais ou artificiais. Os ambientes naturais correspondem a locais como rios lagos e nascentes. Por outro lado, os ambientes aquáticos artificiais são mais complexos e por isso encontram-se incluídos nos pontos seguintes (Benoliel et al., 2018; Huang et al., 2020; Kling et al., 2019; Lee, 2018):

- Sistemas de distribuição de água potável (destacam-se como mais críticos os edifícios com grande volume de água, canalizações envelhecidas e sistemas de circulação de água quente);
- Sistemas de arrefecimento (inclui as torres de arrefecimento e refrigeração, os condensadores evaporativos, os humidificadores e os sistemas de ar condicionado, onde podem sobreviver longos meses);
- Cilindros e caldeiras de aquecimento;
- Redes prediais de água quente e fria, incluindo torneiras e chuveiros;
- Sistemas de água climatizada associado ao uso recreativo ou terapêutico (como por exemplo, jacúzis, banheiras de hidromassagem e piscinas climatizadas);

- Instalações termais e equipamentos utilizados na terapia respiratória, tal como nebulizadores e humidificadores de sistema de ventilação assistida;
- Outras instalações onde existe uma menor probabilidade de dispersão e proliferação: sistemas de água contra incêndios, sistemas de rega por aspersão, lavagem de automóveis, sistemas de lavagem de gases e fontes ornamentais.

Um dos problemas de maior destaque advém, como já foi referido da relação da bactéria *Legionella pneumophila* com as células hospedeiras. Pois devido ao facto de esta ser uma bactéria intracelular facultativa, recorre às células hospedeiras, habitualmente às amebas, dentro do biofilme para criar uma maior proteção e para obter uma incubadora unicelular. Desta forma, esta bactéria que foi criada intracelularmente, revela-se mais pequena, mas móvel e tem níveis mais elevados de resistência microbiana quando comparada com a geração bacteriana não cultivada numa célula hospedeira (Barreiros et al., 2015; Mraz & Weir, 2018, 2022; Paniagua et al., 2020; Ren et al., 2024; Sciuto et al., 2021; Zayed et al., 2021).

É precisamente em sistemas de distribuição de água potável, mais concretamente nas instalações de canalização em edifícios, que a *Legionella pneumophila* tem uma maior tendência de correlação com as células hospedeiras. Isto advém do uso do biofilme para proteção contra desinfetantes e contra outros fatores de stress ambiental, (como por exemplo o cloro) e ainda para o acesso a nutrientes e células hospedeiras, o que vai permitir a colonização sem precedentes deste agente patogénico. Neste sentido, esta revisão sistemática abrange apenas os estudos que foram realizados em edifícios e que apresentem as condições apontadas, nomeadamente, a presença de água e o seu modo de propagação (Allegra et al., 2016; Bennett et al., 2017; Benoliel et al., 2018; Campaña et al., 2023; EU-OSHA, 2021; Kling et al., 2019; Wilson et al., 2022).

A qualidade da água de abastecimento público deve ser regulada, o que requer a presença de uma quantidade mínima de desinfetante. Os proprietários dos edifícios são responsáveis por manter a qualidade da água, uma vez que esta entra no(s) sistema(s) de água do edifício. No entanto, os edifícios já têm os seus próprios sistemas de desinfecção, mas os mesmos podem estar sujeitos a regulamentos específicos, que em Portugal são publicados pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (Ahmad et al., 2020; Benoliel et al., 2018; DGS et al., 2022; Hamilton et al., 2019; Scanlon et al., 2022).

2.2. Epidemiologia da doença

Em consequência das capacidades de desenvolvimento desta bactéria em ambientes de água doce e quente e à sua intensificação através dos nutrientes de benefício e de hospedeiros protozoários, a mesma está constantemente a ser alvo de estudos. Visto que é um desafio diário mantê-la sob controlo nos mais diversificados ambientes que existem e nos quais estas têm uma grande facilidade de proliferação, o que consequentemente aumenta o risco de disseminação da doença que a mesma origina, tornando o seu controlo difícil e incerto (Assaidi et al., 2021; Crook et al., 2020; Hartmann et al., 2021; Kusumawardhana et al., 2021; Nakamura et al., 2020; Paniagua et al., 2020; Syal, 2021; Wilson et al., 2022).

As bactérias do género *Legionella pneumophila* são os agentes patogénicos que podem causar legionelose nos humanos. Sendo que a principal espécie que causa a maioria destas infeções nos humanos é pertencente ao serogrupo I (SGI) (Bavari et al., 2022; Doménech-Sánchez et al., 2022; Gagliardi et al., 2023).

A *Legionella pneumophila* é assim o agente causador da Doença dos Legionários. Esta é a consequência mais grave associada a este tipo de bactéria, sendo um dos principais agentes patogénicos responsáveis pelas doenças infecciosas transmitidas pela água. Por esta razão, representa um problema e um desafio para a saúde pública (Atkinson et al., 2022; Bavari et al., 2022; ECDC, 2021; Huang et al., 2020; Mondino et al., 2019).

2.2.1. Caracterização da doença associada

Esta bactéria propaga-se se por inalação de aerossóis contaminados que, sendo são gotículas de vapor de água de dimensões tão pequenas, acabam por ter a capacidade de difundirem-se para os pulmões, viabilizando a sua deposição nos alvéolos pulmonares (Girolamini et al., 2023; Paniagua et al., 2020).

Todavia, a inalação desta bactéria pode provocar a Legionelose, uma doença respiratória que pode assumir duas entidades clínicas com gravidade muito distinta: a Febre de Pontiac e a Doença dos Legionários. A primeira corresponde a uma infecção brônquica ligeira. No que diz respeito à Doença dos Legionários esta traduz-se numa pneumonia grave e representa desta forma o efeito mais perigoso com origem nesta bactéria (Crook et al., 2020; De Giglio et al., 2021; Federigi et al., 2022).

A principal diferença entre os dois tipos de doença é precisamente o período de incubação: a febre de Pontiac, é de aproximadamente 4 horas a 3 dias, enquanto a da Doença dos

Legionários varia de 2 a 10 dias. Apesar de em ambos os tipos de doença, os sintomas serem semelhantes a uma gripe: dor de cabeça, tosse seca, febre, falta de ar, mialgias, arrepios e diarreia, a Doença dos Legionários evolui para o quadro clínico de uma pneumonia grave que pode até ser fatal (Assaidi et al., 2021; EPAL, 2021; ECDC, 2024; OMS, 2022; SNS24, 2023).

A Doença dos Legionários não pode ser transmitida pelo consumo de água potável pois a bactéria tem de chegar ao sistema respiratório através da respiração ou inalação acidental para os pulmões. Esta grave pneumonia não é transmitida de pessoa para pessoa (Campaña et al., 2023; Mondino et al., 2019; SNS24, 2023). Existem grupos que têm um maior risco de contrair esta doença, sendo estas pessoas com mais de 50 anos, com doenças crónicas e fumadores ou alcoólicos (ECDPC, 2024; SNS24, 2023). Atualmente, não há vacinação disponível contra o desenvolvimento da Doença do Legionário. Se o diagnóstico ocorrer precocemente, o principal tratamento integrado para esta doença é a administração de antibióticos (Mondino et al., 2019; SNS24, 2023).

2.2.2. Impactos na saúde pública

A Doença dos Legionários, devido à sua complexidade e desafio constante ao longo das últimas décadas, basicamente desde a sua origem, caracterizou-se como uma preocupação de saúde pública. Foi detetada pela primeira vez em Portugal em 1979, mais tarde, e devido à complexidade associada a esta doença, a mesma foi introduzida na lista de Doenças Notificação Obrigatória (DNO), em 1999 (Portaria nº 1071/98, de 31 de dezembro).

É assim obrigatório notificar à rede comunitária e internacional de saúde e epidemiológica, perante a ocorrência de algum caso, cumprindo a Decisão da Comissão Europeia nº 2119/98/CE de 24 de setembro de 1998 (Benoliel et al., 2018; ESGLI, 2017; SNS24, 2023). Os dados da Doença dos Legionários a nível europeu eram geridos pela EWGLINet, mas em 2010, passou para a administração da rede ELDSNet (*European Legionnaires' Disease Surveillance Network* do ECDC). Em abril de 2004 foi também implementado o Programa Nacional de Vigilância Epidemiológica Integrada da Doença dos Legionários, com o objetivo de reforçar a vigilância epidemiológica da Doença dos Legionários (Benoliel et al., 2018; ECDC, 2021; IGAS, 2023).

Os surtos associados à comunidade encontram-se definidos como um aumento nos casos de Doença dos Legionários numa determinada área geográfica. Segundo o Centers for Disease Control and Prevention (CDC), surto de Doença dos Legionários define-se como dois ou mais casos associados à mesma fonte possível durante um período de 12 meses. Os casos que se enquadram nesta situação encontram-se associados a viagens, saúde, sistemas de água potável em edifícios com risco elevado e a dispositivos que são fontes comuns para surtos (CDC, 2024e). Esta descrição aumenta a sensibilidade para a identificação de surtos, sobretudo para aqueles que envolvem a água potável. Auxilia também a perceber as alterações periódicas no risco (por exemplo, devido à sazonalidade). Importa salientar que, em determinadas circunstâncias, o prazo referido pode ser mais curto. Isto pode acontecer, porque os surtos em torres de arrefecimento tendem a ser mais repentinos e de menor duração (até 3 meses, mais ou menos), enquanto os surtos de água potável tipicamente são menos "explosivos" e têm uma maior duração (CDC, 2024e).

A prática relativamente a todo o processo, está descrita na Lei nº 52/2018, de 20 de agosto, a mesma refere que em situação de *cluster* ou surto é necessário adotar uma investigação epidemiológica. Esta tem como objetivo identificar os locais que constituem possíveis fontes de contaminação e disseminação de *Legionella*.

Esta investigação é da responsabilidade da autoridade de saúde local, em articulação com a autoridade de saúde regional e nacional, e envolvendo, sempre que necessário, a colaboração de outras entidades públicas em razão da matéria. A investigação requer (CDC, 2024e, 2024d, 2024b):

1. O levantamento das possíveis fontes de contaminação e disseminação, recorrendo à informação existente, nomeadamente na plataforma de registo;
2. A consulta dos planos no que respeita às fontes de contaminação e disseminação identificadas na alínea anterior e a identificação dos fatores de risco para efeitos de seleção dos pontos de amostragem;
3. A colheita de amostras de água e, sempre que se justifique, de biofilmes, que deve ser realizada por laboratórios acreditados para o efeito pelo IPAC, I. P., ou em caso de ausência, por técnicos de saúde ambiental, engenheiros sanitários ou técnicos de colheita de amostras certificados para o efeito por entidade acreditada pelo IPAC, I. P.;
4. O envio das amostras, devidamente acondicionadas e identificadas, para laboratório acreditado, para pesquisa e quantificação de *Legionella*.

É importante realçar que mesmo perante um único caso da Doença dos Legionários, é fundamental considerar-se a resposta de saúde pública básica. À vista disso, os primeiros passos importantes para ajudar a determinar se é necessária uma investigação adicional é proceder à verificação do caso e realizar uma entrevista com o paciente. No entanto, as investigações de surtos não são de todo lineares, pois na maior parte das vezes, assumem-se complexas e por isso requerem um planeamento cuidadoso e/ou reavaliações periódicas (CDC, 2024b, 2024c, 2024d).

A primeira etapa a realizar nesta fase é a verificação de caso. Desta forma, o membro que faz parte da equipa de saúde pública deve verificar se o caso notificado com a suposta doença dos Legionários cumpre com a descrição de caso para legionelose. Isto permite, após a entrevista com o enfermo, deduzir ou não através dos relatos do mesmo se estes coincidem com os sintomas da doença (CDC, 2024e).

O membro que pertence à equipa de saúde pública vai questionar o paciente acerca dos 14 dias antes do início dos sintomas, aferindo qual o período de incubação. Através desta informação vão perceber qual a doença que está em evidência (CDC, 2024e). Recomenda-se que a equipa de saúde pública recolha os históricos de exposição para os 14 dias anteriores à data de início dos sintomas devendo, no mínimo, registar os principais detalhes relacionados à demografia, doenças e exposições potenciais. Isto é feito com o auxílio de um formulário de exposição de caso, que vai funcionar como guia de avaliação. Com este formulário, vai ser possível perceber se o paciente está ou não doente (CDC, 2024e). Cada investigação de surto é única e, por isso, cada uma delas requer um planeamento cuidadoso e reavaliações periódicas, de modo a obter a resposta mais adequada (CDC, 2024b). Além destas considerações gerais, existem outros tópicos que devem ser inseridos para que posteriormente a resposta seja atribuída conforme o problema que está a ser analisado, nomeadamente (CDC, 2024a, 2024b):

- Fontes de exposição
- Amostragem ambiental
- Ensaio e recolha de amostras
- Planos de comunicação
- Planos de correção
- Avaliação da situação após o surto ter terminado
- Medidas de controlo

Assim sendo, a doença dos Legionários é considerada de alto risco, devido quer à frequência de surtos comunitários e hospitalares efetivos quer devido à possível letalidade que pode resultar (Benoliel et al., 2018; IGAS, 2023). O possível dano significativo causado na saúde da comunidade tem também repercussões económicas tanto na sua resolução, como na prevenção. Pretende-se primeiramente que os surtos sejam completamente evitados. Por este motivo, existem normas europeias e internacionais que tiveram já influência na legislação portuguesa, sendo destacada na secção seguinte (Bennett et al., 2017; IGAS, 2023; Kmiecik et al., 2021; Syal, 2021).

2.3. Enquadramento normativo

Relativamente ao enquadramento legal, tanto a nível nacional e europeu, existem diferentes leis e diretrizes que enquadram a *Legionella*. No entanto, a mesma é referida em duas vertentes diferentes, pois existe enquadramento que tem como propósito prevenir e outros controlar esta bactéria, de modo a assegurar e proteger a saúde da comunidade. Na secção seguinte encontra-se explícita a legislação que atualmente prevalece e que por isso deve ser cumprida (Benoliel et al., 2018; Fernandes, 2015; IGAS, 2023).

2.3.1. Legislação nacional

Em Portugal, foi apenas em 2007 que surgiu o Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, que atualmente se encontra em vigor parcialmente, estabelecendo assim este diploma do regime da qualidade da água destinada ao consumo humano. Este decreto refere a necessidade de garantir que a água fornecida não representa um risco para a saúde humana, é abordada de uma forma muito superficial, estando esta apenas presente como um dos parâmetros microbiológicos a serem controlados em sistemas de abastecimento de água no âmbito da qualidade da água. Relacionada com aspeto do controlo e prevenção, pois estipula medidas a serem implementadas pelos operadores dos sistemas de abastecimento de água, de forma a evitar a proliferação da bactéria.

Mais tarde, surgiu a Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro, que estabeleceu os critérios e normas técnicas para a monitorização e controlo da qualidade da água em instalações suscetíveis à proliferação de *Legionella*. Este diploma aponta para a necessidade de uma monitorização regular, com parâmetros microbiológicos definidos, incluindo a presença de *Legionella*, nas análises laboratoriais. Esta monitorização deve

determinar a frequência das análises para a deteção de *Legionella* em sistemas de água quente sanitária e outros sistemas suscetíveis

Em 2015, a OMS identificou a *Legionella* como a causa da maior carga de saúde de todos os agentes patogénicos transmitidos pela água na União Europeia (UE), com base no relatório de vigilância do Centro Europeu de Prevenção e Controlo das Doenças (ECDC). Por conseguinte, propõe-se que a Diretiva da UE relativa à água potável (Diretiva 98/83/CE do Conselho, de 3 de Novembro de 1998, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano) seja atualizada de modo a incluir a *Legionella*, sublinhando a importância destas orientações. Entretanto, de modo a responder à prevalência e gravidade desta doença em Portugal e em toda a União Europeia, foi publicada em 2018, a Lei n.º 52/2018, de 20 de agosto, que estabelece o regime de prevenção e controlo da doença dos Legionários, definindo procedimentos relativos à utilização e à manutenção de redes, sistemas e equipamentos propícios à proliferação e disseminação da *Legionella* e estipula as bases e condições para a criação de uma estratégia de prevenção primária e controlo da bactéria *Legionella* em todos os edifícios e estabelecimentos de acesso ao público, independentemente de terem natureza pública ou privada. Esta lei surge com o objetivo de minimizar os riscos para a saúde pública associados à proliferação da bactéria *Legionella*.

O Despacho nº1547/2022, de 8 de fevereiro, surge com o intuito de clarificar a determinação dos procedimentos técnicos para a realização do Programa de Monitorização e Tratamento da Qualidade da Água, sendo que este corresponde, precisamente, à lei referida anteriormente (Lei n.º 52/2018 de 20 de agosto), que foi alterada pela Lei n.º 40/2019, de 21 de junho. Esta teve como intuito reforçar a monitorização da qualidade da água e as exigências da gestão dos sistemas de abastecimento. A alteração incluiu procedimentos mais rigorosos para proteger a saúde pública, melhorou a transparência na comunicação com os consumidores e fortaleceu a fiscalização e penalização dos operadores que não cumpram as normas.

Posteriormente, foi regulamentada a Portaria nº 25/2021, de 21 de janeiro, a qual acrescentou pontos importantes que estavam em falta, completando e detalhando as normas estabelecidas pela legislação anterior. Esta definiu a classificação do risco e as medidas mínimas a serem adotadas pelos responsáveis dos equipamentos, redes e sistemas, em função da avaliação do risco de contaminação e disseminação da bactéria *Legionella* que decorra dos resultados analíticos apurados, no âmbito do programa de

monitorização e tratamento da água existente. Mais tarde, a mesma, foi retificada pela Declaração de Retificação nº7/2021, de 14 de fevereiro.

A integração da Lei n.º 52/2018, de 20 de agosto e da Portaria n.º 25/2021, de 21 de janeiro que constitui a estrutura legal para a prevenção e controlo da Doença dos Legionários em Portugal, assegurando que as instalações classificadas de risco adotem práticas adequadas para minimizar a proliferação e disseminação da bactéria *Legionella*.

Recentemente, foi publicada o Decreto-Lei nº 69/2023, de 21 de agosto, que revoga parcialmente o Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de agosto. Este novo Decreto-Lei representa uma evolução do quadro legislativo e assegura a transposição das diretivas europeias sobre a qualidade da água para consumo humano. O modelo de regulação da qualidade da água foi aprimorado para permitir uma melhoria contínua no controlo dos parâmetros da água fornecida aos consumidores, além de facilitar a deteção e correção de situações que possam representar risco à saúde humana. Este apresenta também os parâmetros relevantes para a avaliação do risco nos sistemas de distribuição predial.

2.3.2. Normas e diretrizes europeias e internacionais

As normas e diretrizes para a prevenção e controlo da *Legionella* em sistemas de água, são cruciais para garantir a segurança da água, o que por conseguinte salvaguarda a saúde pública. Sendo assim, é necessário existir a implementação de planos de gestão de risco, manutenção regular dos sistemas de água, monitorização contínua e ações corretivas imediatas quando necessário, de modo a testar a conformidade destas normas.

Tanto a nível internacional quanto nacional, as diretrizes fornecem uma base sólida para a prevenção eficaz da proliferação da *Legionella* (Barreiros et al., 2015; Benoliel et al., 2018; Kermani et al., 2022a; Lee, 2018). As normas e diretrizes mais generalizadas, que se encontram sob vigor atualmente, estão representadas resumidamente na **Tabela 2** seguinte:

Tabela 2 – Principais normas e diretrizes europeias e internacionais gerais que se encontram em vigor

Norma/Diretriz em questão	Questões principais que integram:
OMS – Guia para a Qualidade da Água Potável (Internacional)	Contempla: a gestão de risco, a manutenção e operação e a monitorização. (2004)
Diretiva (UE) 2020/2184 do Parlamento Europeu e do Conselho (Europeu)	Contempla: a avaliação de risco, a monitorização e as medidas corretivas. (2020)

<p>ASHRAE Standard 188–2018: Legionellosis: Risk Management for Building Water Systems (Internacional)</p>	<p>Contempla: os programas de gestão da água, a identificação de pontos críticos e as medidas preventivas: contempla a implementação de medidas preventivas e de controlo. (2018)</p>
<p>Despacho n.º 10285/2017, de 27 de novembro (Nacional)</p>	<p>Este despacho determina que é o Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (INSA) que deverá assegurar a realização de vigilância laboratorial da qualidade da água, para pesquisa e identificação da <i>Legionella</i>, em todas as unidades de prestação de cuidados de saúde do Serviço Nacional de Saúde (SNS), no âmbito da execução do Programa de Intervenção Operacional de Prevenção Ambiental de <i>Legionella</i>. (2017)</p>
<p>Norma NP EN 15975–2 (Nacional)</p>	<p>É relativa à segurança nos sistemas de abastecimento de água destinada a consumo humano, constituem princípios reconhecidos a nível internacional no que respeita à produção, distribuição, controlo e a análise dos parâmetros da água para consumo humano. (2011)</p>
<p>Diretrizes e orientações Técnicas DGS (Nacional)</p>	<p>Os documentos que integram neste ponto, e que são da auditoria da própria DGS, destacam-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Orientação n.º 021/2017, de 15 de Novembro de 2017: consta com informações relativas à doença dos Legionários na parte da Vigilância e Investigação Epidemiológica; -Norma n.º 024/2017, de 15 de Novembro de 2017: refere informações relativamente À Prevenção e Controlo Ambiental da bactéria <i>Legionella</i> em Unidades de Saúde; -Circular Normativa n.º 05/DEP, de 22 de abril de 2004, da DGS: diz respeito ao Programa de Vigilância Epidemiológica Integrada da Doença dos Legionários: Notificação Clínica e Laboratorial de Casos; -Circular Normativa n.º 06/DT, de 22 de abril de 2004: diz respeito ao Programa de Vigilância Epidemiológica Integrada da Doença dos Legionários: Investigação Epidemiológica;
<p>Diretrizes/ Técnicas Europeias ECDC (Internacional)</p>	<p>Dos mais recentes, existe o Relatório acerca dos Sistemas externos de avaliação da qualidade para apoiar a vigilância europeia da Doença dos Legionários nos países da UE/EEE, 2022–2023, este contempla a descrição do sistema de avaliação externa da qualidade (EQA) para a rede europeia de vigilância da Doença dos Legionários, de modo a proceder à deteção, isolamento, identificação e contagem de espécies de <i>Legionella</i>.</p>
<p>Outras entidades de relevo com documentos importantes (Nacional)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -IGAS (Inspeção–Geral das Atividades em Saúde) Inclui um Guião para fiscalização do cumprimento do regime de prevenção e controlo de Doença dos Legionários, de 2021 -IPQ (Instituto Português da Qualidade) Inclui um Guia de “Prevenção e Controlo de <i>Legionella</i> nos Sistemas de Água”, é a 3ª edição, corresponde à área da Comissão setorial da Água, de 2018 -ARS (Administração Regional de Saúde) Inclui um Guia de “Gestão de Sistemas de Distribuição Predial de Água em Hospitais. Orientações Técnicas”, refere-se à região de Lisboa e Vale do Tejo, de 2015 e outro Guia de Prevenção e controlo da <i>Legionella</i> em Estabelecimentos após um Período de interrupção parcial ou total do seu funcionamento, também pertencente à mesma região, de 2020; -SNS (Sistema Nacional de Saúde) Inclui um Plano Nacional de Saúde 2021–2030, que aborda este tema
<p>ISO (internacional)</p>	<p>ISO 11731:2017 (Qualidade da água – Enumeração da <i>Legionella</i>)</p>

	<p>ISO 12869:2019 (Qualidade da água — Detecção e quantificação de <i>Legionella</i> spp. e/ou <i>Legionella pneumophila</i> por concentração e amplificação génica por reação em cadeia da polimerase quantitativa (qPCR)–1ª parte)</p> <p>ISO 12869-2:2024 (Qualidade da água — Detecção e quantificação de <i>Legionella</i> spp. e/ou <i>Legionella pneumophila</i> por concentração e amplificação génica por reação em cadeia da polimerase quantitativa (qPCR)–2ª parte)</p>
--	---

Estas normas técnicas e diretrizes de saúde pública que existem e foram já referidas, tal como os guias práticos e as publicações técnico científicas das diferentes entidades legais, nacionais e internacionais, que participam de forma regular sobre o estudo e pesquisa nesta temática, disseminam precisamente um modelo de boas práticas de manutenção e controlo para a prevenção da *Legionella* para qualquer sistema de água de abastecimento, nos edifícios existentes. Este modelo de boas práticas que estas fontes fornecem são assim um enquadramento detalhado para aquilo que é a implementação de medidas eficazes de gestão de risco, manutenção, monitorização e controlo da *Legionella*, ajudando a garantir a segurança da água e proteger a saúde pública (Bennett et al., 2017; Benoliel et al., 2018; DGS et al., 2022; Treglia et al., 2022).

No fundo, estas diretrizes e estratégias para a prevenção e controlo da *Legionella* em sistemas de água são essenciais para garantir a segurança da água e, conseqüentemente, proteção da saúde pública, que é precisamente aquilo que se pretende. A conformidade com essas normas envolve a implementação de planos de gestão de risco, manutenção regular dos sistemas de água, monitorização contínua e ações corretivas imediatas quando necessário. Tanto a nível internacional quanto nacional, essas diretrizes fornecem uma base sólida para a prevenção eficaz da proliferação da *Legionella* (Administração Regional De Saúde De Lisboa E Vale, 2020; Benoliel et al., 2018; IGAS, 2023). Um plano de prevenção bem conseguido, envolve as seguintes etapas-chave (Benoliel et al., 2018):

- Identificação e avaliação dos riscos: permite a identificação de áreas críticas onde a bactéria *Legionella* pode proliferar e a avaliação de risco inclui a inspeção e a monitorização desses sistemas/equipamentos.
- Implementação de medidas preventivas: as medidas preventivas específicas e adequadas para o controlo da *Legionella* são o controlo da temperatura, a manutenção regular, a limpeza e desinfecção e a inspeção, estas medidas reduzem substancialmente as hipóteses de crescimento da *Legionella* e previne a exposição dos indivíduos ao risco.

- Monitorização contínua: é importante implementar um programa de monitorização contínua nesta fase, pois a bactéria pode proliferar em sistemas aparentemente seguros e nestes casos que sejam inspecionados regularmente não é possível ter uma perceção se há ou não perigo existente. Esta inspeção inclui a própria monitorização da água, a avaliação das medidas preventivas e a documentação de todas as inspeções, manutenções e intervenções que foram realizadas de modo a garantir a rastreabilidade e conformidade com as regulamentações legais.

- Formação e sensibilização: parte do plano envolve o responsável do edifício e também os indivíduos que lá trabalham caso se aplique, pois são estes que vão operar de modo a manter os sistemas de água e ventilação nas devidas condições. As práticas inadequadas de manutenção ou operação podem aumentar o risco de contaminação, neste sentido a sensibilização para o problema da *Legionella* vai ajudar a garantir que todos os envolvidos compreendam a importância de seguir as diretrizes de prevenção. Esta sensibilização advém de treinos contínuos acerca das melhores práticas de prevenção e controlo que asseguram que a equipa esteja preparada para identificar precocemente os possíveis problemas que podem ocorrer.

Outro dos pontos importantes é manter a conformidade com a legislação e as normas de saúde e segurança em vigor atualmente e que se baseiam em regulamentos nacionais e internacionais. A existência de um plano de gestão de risco é fundamental para garantir que a organização/instalação esteja de acordo com a base deste ponto. O não cumprimento pode resultar em penalidades legais, danos na reputação e riscos para a saúde pública, especialmente em locais de alto risco, como hospitais, hotéis e edifícios com grande circulação de pessoas (Benoliel et al., 2018).

Um bom plano de gestão de risco inclui também procedimentos para uma resposta rápida em caso de deteção de *Legionella*, o que envolve: ações corretivas imediatas, como o tratamento de choque água com altas doses de biocidas, o isolamento das áreas afetadas, de modo a evitar a exposição dos ocupantes do edifício e também a comunicação clara e imediata com as autoridades de saúde e os ocupantes, caso seja necessário uma evacuação ou suspensão temporária do uso de determinadas instalações (Benoliel et al., 2018).

Ao implementar um plano de gestão de risco na fase de prevenção, a organização evitará os custos elevados de um surto de *Legionella*, que poderiam incluir tratamentos médicos, litígios legais e reparações extensivas em sistemas de água contaminados. Um surto não controlado pode resultar em danos financeiros e de reputação significativos (Benoliel et al., 2018).

Portanto, através das considerações explícitas anteriormente, é fácil constatar a importância de um plano de gestão de risco na fase de prevenção da *Legionella*. Estas ações de prevenção concedem uma proteção proativa da saúde pública, na redução de custos associados a emergências e na garantia de conformidade legal. O plano de gestão permitirá a identificação precoce de fatores de risco, a implementação de medidas preventivas eficazes e a resposta rápida em caso de problemas, minimizando o risco de surtos e garantindo a segurança de ocupantes de edifícios e trabalhadores (Benoliel et al., 2018; Lee, 2018).

2.4. Avaliação de risco

A *Legionella pneumophila* é considerada uma causa importante de doenças e mortes que podem ser evitadas, pois é responsável pela Doença dos Legionários, um problema de saúde pública. Desta condição surge a obrigatoriedade de vigilância desta bactéria patogénica, sendo que esta etapa é uma das componentes principais nos planos de avaliação de risco (Bavari et al., 2022; Brunello et al., 2022; SNS, 2017b).

Nesta perspetiva, é imprescindível definir uma avaliação precisa do risco de *Legionella*. Este processo surge, precisamente com a finalidade de minimizar a propagação de *Legionella* de modo a impossibilitar a ocorrência da principal complicação associada, a Doença dos Legionários (Siponen et al., 2024; SNS, 2017a).

A Portaria nº 25/2021, de 21 de janeiro, uma das mais recentes e atualizadas orientações, refere que a avaliação do risco da *Legionella* e a sua monitorização constante, tornaram-se obrigatórias para todas as organizações com acesso ao público e que produzam aerossóis. Isto é, todos os edifícios e estabelecimentos, sejam eles de gestão pública ou privada, que possam libertar gotículas de água, têm de analisar e classificar a possível exposição das águas à bactéria e assegurar a minimização do risco promovendo uma estratégia preventiva (IGAS, 2023; SNS, 2017a).

A avaliação de risco pode ser elaborada e aplicada no momento da conceção/construção, mas também num determinado sistema já existente. A avaliação de risco quando aplicada em novos edifícios tem como prioridade a identificação dos pontos principais que necessitam de ser controlados e as medidas a incorporar que vão ser aplicadas nos novos sistemas de água. Já para os edifícios existentes, devem ser identificadas e analisadas as medidas de controlo estabelecidas de modo a ter a perceção da eficácia das mesmas (Benoliel et al., 2018; IGAS, 2023; Ishaq et al., 2020; Kusumawardhana et al., 2021).

Esta metodologia vai considerar a probabilidade e a severidade dos perigos e/ou eventos perigosos no contexto da exposição (esta vai depender da natureza, dimensão e frequência) e da vulnerabilidade das pessoas expostas. Apesar de muitos fatores poderem ameaçar a qualidade da água, nem todos serão representantes de um risco elevado. É precisamente, no processo de avaliação de risco que concerne a questão importante, pois a mesma permite: a identificação e priorização dos riscos inaceitáveis que têm de controlados (ECDC, 2024; ESGLI, 2017; Kermani et al., 2022a; Syal, 2021).

Naquilo que diz respeito à própria avaliação de risco, a mesma deve obedecer primeiramente, e de acordo com o nº2 do artigo 6º da Lei nº 52/2018, de 20 de agosto, à elaboração de um Plano de Prevenção e Controlo de *Legionella* baseando-se numa análise de risco que englobe os seguintes aspetos (*Plano de Prevenção e Controlo de Legionella*, 2024):

- Tipologia, dimensão e antiguidade dos equipamentos, redes e sistemas;
- Disposição física e interação com o meio circundante;
- Natureza da atividade desenvolvida e grau de utilização dos espaços;
- Regime de funcionamento dos equipamentos (contínuo, sazonal ou esporádico);
- Suscetibilidade da população utilizadora (faixa etária, estado de saúde e género).

Resumidamente, para proceder à avaliação de risco é necessário efetuar a identificação dos fatores de risco, sejam estes perigos e/ou eventos perigosos, os mesmos têm de ser estudados e alvo de avaliação através de diferentes métodos, de modo a obter os níveis de risco. Tendo em conta o valor obtido no nível de risco, serão estipuladas prioridades para a sua gestão. Nos subtópicos abaixo indicados, encontra-se a explicação detalhada acerca deste processo (EU-OSHA, 2021; SNS, 2017a; Syal, 2021).

2.4.1. Identificação dos perigos

No que respeita ao risco, esta relaciona-se com a exposição a uma determinada substância e a probabilidade da sua ocorrência. O perigo surge como o impacto adverso que advém da exposição à substância em questão. Neste contexto, a identificação de perigos, é realizada nos edifícios, sendo fundamental fazer a caracterização do mesmo, e também dos respetivos sistemas associados, uma vez que esta bactéria se encontra associada a qualquer sistema que envolva água (Barreiros et al., 2015; ESGLI, 2017; IGAS, 2018; SNS, 2017a).

Num determinado sistema de distribuição predial, podem existir diversas condições e situações que propiciam a ocorrência de eventos perigosos. A probabilidade da sua ocorrência depende da dimensão e da complexidade do sistema, podendo a mesma aumentar devido a qualquer deficiência na conceção, construção, operação e até manutenção. Estes eventos perigosos que podem ocorrer num sistema de distribuição predial vão afetar a integridade e a qualidade da água distribuída, desde o ponto de entrada até ao dispositivo de utilização (Bennett et al., 2017; Hartmann et al., 2021; IGAS, 2018; Kling et al., 2019; Lee, 2018).

Em alguns surtos de água potável, existem até ocorrências onde não há correção, pois se as construções dos sistemas de água estiverem colonizadas com *Legionella*, pode causar doenças ao longo de anos antes que o problema seja reconhecido. Outro dos grandes problemas relacionados, é o possível decréscimo da qualidade da água, incluindo o seu nível de desinfetante, à medida que este circula pelos sistemas de canalização dos edifícios. O desinfetante residual que é fornecido pelo serviço público vai eventualmente acabar por dissipar-se à medida que a matéria orgânica o consome, libertando naturalmente gases enquanto a água envelhece. Por outro lado, o aquecimento da água acelera a perda de desinfetante residual nas tubagens (ARS De Lisboa E Vale, 2020; Benoliel et al., 2018; Hamilton et al., 2019; Kusumawardhana et al., 2021; Scanlon et al., 2022; SNS, 2017b; Wilson et al., 2022).

Neste âmbito, deve ser executada uma avaliação das fontes de exposição, pois este passo vai auxiliar a determinar de que forma e por que razão a *Legionella* surgiu no edifício e se disseminou, originando indivíduos doentes (ARS De Lisboa E Vale, 2020).

Os sistemas e dispositivos de água que vão ser alvo de avaliação são fontes habitualmente implicadas nos surtos da Doença dos Legionários (as mesmas foram abordadas no ponto

2.1.2). Os tipos de edifícios e os sistemas de água associados, encontram-se explícitos na seguinte **Figura 1** (Administração Regional De Saúde De Lisboa E Vale, 2020; Bennett et al., 2017; Benoliel et al., 2018; De Giglio et al., 2020).

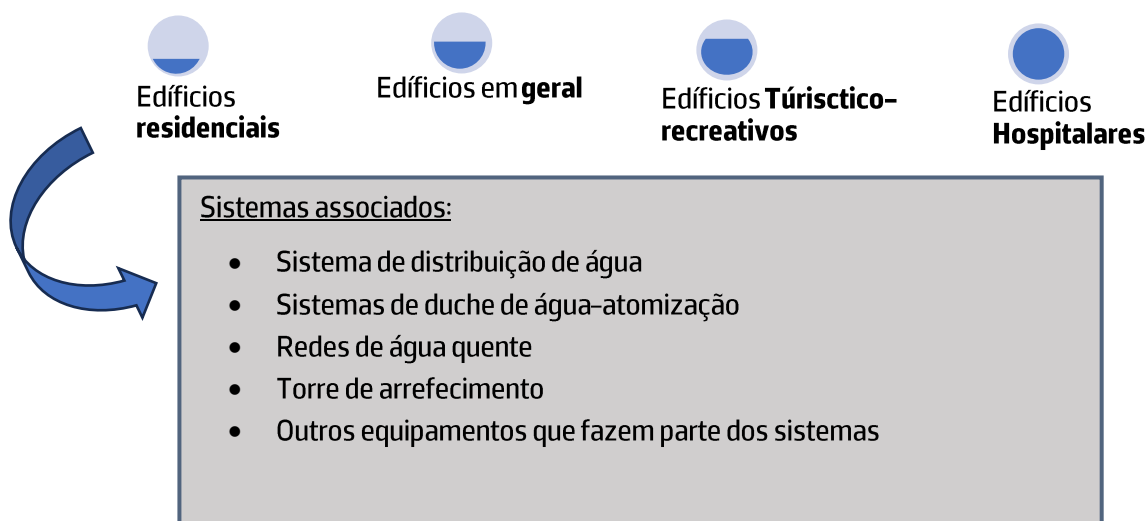


Figura 1-Principais tipo de edifícios e respetivos sistemas de água associados que são alvo de avaliação

Num sentido mais amplo, relativamente ao esquema apresentado e com o auxílio dos estudos que foram utilizados para esta revisão, aferiu-se que o tipo de edifícios indicados acima encontra-se por ordem crescente de risco. Por isso podemos constatar que os edifícios hospitalares, por apresentarem um elevado número de pessoas e muitas das quais em situação vulnerável do estado de saúde, são considerados de risco muito elevado (Administração Regional De Saúde De Lisboa E Vale, 2020; Assaidi et al., 2021; EU-OSHA, 2021; Kmiecik et al., 2021).

Esta análise ao risco começa com a identificação dos perigos para a saúde, tendo por base relatórios clínicos, investigações epidemiológicas, estudos toxicológicos, ou análise às propriedades químicas das substâncias. A determinação do risco integra os critérios científicos de determinação dos perigos (sendo os mesmos químicos, radiológicos, microbiológicos e físicos) e os potenciais danos causados à saúde humana, os quais por sua vez são avaliados face aos benefícios (Benoliel et al., 2018; ESGLI, 2017; SNS, 2017a)

Para análise em si é necessário recorrer a modelos e/ou métodos de avaliação dos riscos que são aplicados neste tipo de situação. Neste contexto, serão apresentados na alínea seguinte alguns dos métodos que se podem utilizar, relativamente ao risco de *Legionella*.

2.4.2. Métodos de avaliação de risco

Para realizar uma avaliação de risco mais minuciosa e completa é necessário recorrer a métodos, pois estes fornecem uma estrutura sistemática para identificar, quantificar e gerir os potenciais perigos inerentes a um determinado cenário, que neste caso envolve a *Legionella pneumophila*. Estes vão também servir de auxílio nos seguintes pontos, sendo que os mesmos acontecem sequencialmente:

- Definição das áreas de maior risco: identificar locais críticos onde a exposição à *Legionella* é mais provável.
- Monitorização de condições críticas: acompanhar parâmetros que possam influenciar o crescimento da bactéria.
- Implementação de medidas preventivas: adotar ações para minimizar a proliferação da *Legionella*.

Os diferentes tipos de métodos disponíveis para a avaliação de risco variam desde semi-quantitativos até totalmente quantitativos. A escolha do método adequado depende da complexidade do sistema de água do edifício em questão (Clements et al., 2024; EU-OSHA, 2021). Para garantir a qualidade microbiológica, recomenda-se a aplicação de uma avaliação quantitativa do risco, que envolve um processo de quatro etapas (Benoliel et al., 2018; EU-OSHA, 2021; Scanlon et al., 2022):

- Identificação do perigo
- Determinação da dose-resposta
- Avaliação da exposição
- Caracterização do risco

As avaliações de risco para edifícios complexos, com uma gama de diferentes usos da água e tecnologias diversas, podem necessitar de uma abordagem mais formal e estruturada. Em todas as situações, há uma regra comum, a equipa que está encarregue da manutenção da qualidade da água precisa de determinar a metodologia de avaliação de risco mais consistente e apropriada para o caso em questão (Kermani et al., 2022a; Niculita-Hirzel et al., 2023; Scanlon et al., 2022).

No entanto, é importante realçar que é preferível empreender uma abordagem preventiva. Para este fim, a avaliação de risco deve ser posta em prática, no planeamento e construção, tal como a lei refere. Isto advém do facto de que as avaliações de risco reativas e as modificações introduzidas após o dano ter sido causado podem ser complicadas, nomeadamente por questões políticas, jurídicas e de restrições temporais (Administração

Regional De Saúde De Lisboa e Vale, 2020; Benoliel et al., 2018; ESGLI, 2017; Ishaq et al., 2020).

As investigações presentes nesta revisão sistemática, recorreram e mencionaram diferentes métodos, encontrando-se os mesmos explícitos posteriormente. Dentro das investigações integradas nesta revisão encontra-se destacado como principal método de avaliação de risco, o QMRA (Quantitative Microbial Risk Assessment), ou Avaliação Quantitativa de Risco Microbiano.

Este método é utilizado para avaliar quantitativamente o risco de exposição a micro-organismos patogénicos, como a *Legionella pneumophila*, podendo ser aplicado em diversas situações que envolvem água, alimentos e ambientes hospitalares.

As etapas integrantes deste método crucial encontram-se explícitas nos pontos seguintes:

- Nesta 1ª fase, **identificação do perigo**, existe uma avaliação sobre as características do patógeno em questão (neste caso, a *Legionella pneumophila*) e sobre a sua capacidade de causar doenças. Essencialmente esta fase inclui uma análise das condições que favorecem o crescimento da bactéria, tais como temperaturas da água e presença de biofilmes.
- Na 2ª fase, **avaliação da exposição**, estima-se a quantidade de *Legionella* presente no ambiente (por exemplo, em sistemas de água) e a frequência com que os indivíduos estão expostos. Isto pode envolver o uso de dados de monitorização de água (PCR, cultura microbiológica, etc.) para poder ser possível fazer o cálculo da carga microbiana.
- Na 3ª fase, **avaliação da dose-resposta**, faz-se a correlação entre a quantidade de *Legionella* à qual um indivíduo se encontra exposto e a probabilidade de contrair a doença (Legionelose). Neste caso são usados modelos matemáticos para efetuar uma estimativa da probabilidade de infecção em função da dose.
- Esta 4ª e última fase, **caracterização do risco**, integra os dados da avaliação de exposição e dose-resposta para proceder ao cálculo do risco de doença numa determinada população exposta. O resultado que se obtém é um valor numérico que quantifica a probabilidade de um surto de legionelose. Este vai permitir assim caracterizar o risco e permitindo uma perceção do risco naquela situação.

Relativamente à aplicabilidade do QMRA, este é utilizado principalmente em sistemas de água complexos, como torres de arrefecimento, sistemas de água quente sanitária e banheiras de hidromassagem, onde a *Legionella* tem uma maior tendência de proliferação e de se dispersar mediante aerossóis.

A determinação quantitativa do nível aceitável de risco permite a escolha mais eficaz das estratégias de controlo. Assim, possibilita que as medidas preventivas sejam direcionadas de forma mais precisa para as áreas carentes e deficientes, uma vez que este método se baseia em dados quantitativos.

As vantagens do QMRA assentam nos seguintes pontos:

- Oferece uma abordagem científica, pois baseia-se em dados para a tomada de decisões;
- Permite uma quantificação do risco, fornecendo uma estimativa numérica do risco de infecção, o que auxiliará no planeamento e na gestão da saúde pública;
- A conduta obtida através das operações anteriores comporta uma gestão eficiente, e esta permitirá a priorização de áreas de risco focando as medidas de controlo de forma mais eficaz.

Resumindo o método QMRA é moderno e quantitativo, servindo essencialmente para a avaliação de risco de *Legionella pneumophila*, é aplicado para avaliação e gestão do risco de Legionelose em ambientes que podem propiciar a presença e proliferação dessa bactéria. Para além deste método de avaliação de risco típico para a *Legionella pneumophila*, existem outros métodos, sendo estes:

- Avaliação de risco baseada em boas práticas: implica o seguimento das diretrizes internacionais (OMS, ASHRAE) para monitorizar e proceder à manutenção de sistemas de água;
- Análise qualitativa e quantitativa de risco: procede à avaliação qualitativa e quantitativa para identificar e medir o risco de proliferação da bactéria.
- Métodos de monitorização de água: implica o uso de técnicas como cultura microbiológica, PCR e testes imunológicos para detetar *Legionella*.
- Avaliação da qualidade da água: é realizado através da monitorização de parâmetros como a temperatura, nível de desinfetante e biofilmes nos sistemas de água.

- Avaliação e gestão de riscos em torres de arrefecimento: inclui inspeções, limpeza e uso de biocidas nas torres de arrefecimento, pois existe uma enorme probabilidade de proliferação da bactéria neste local.
- Auditorias regulares e planos de gestão: abrange a implementação de planos de controlo de riscos, através de auditorias regulares.
- Avaliação de risco por modelagem computacional: abrange ferramentas que viabilizam a simulação do risco de proliferação da *Legionella* em sistemas complexos.

Estes métodos referidos anteriormente distinguem-se a partir das suas características próprias, e abordagem.

Os métodos preventivos focam-se na prevenção do crescimento da *Legionella* no decurso de boas práticas de gestão e manutenção de sistemas de água, o que envolve a gestão de riscos e auditorias e as operações de manutenção e tratamento.

Os métodos de monitorização envolvem a deteção, direta ou indireta, da presença da bactéria em amostras de água, podendo ser obtido a partir da cultura microbiológica, da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) e dos testes de imunofluorescência ou ELISA.

Os métodos físico-químicos consignados focam o controlo das condições ambientais que podem favorecer a proliferação da bactéria, o que exige a aplicação das seguintes operações: monitorização da temperatura, controlo dos níveis de desinfetantes e controlo de biofilmes.

Os métodos modelação e análise de risco utilizam a análise de risco para avaliar a probabilidade de proliferação da bactéria e as potenciais consequências, sendo necessário fazer:

- Análise qualitativa de risco: aqui decorre a identificação das áreas de risco, a mesma baseia-se em características como temperatura e estagnação da água.
- Análise quantitativa de risco: aqui há a utilização de dados históricos e medições para estimar a probabilidade de crescimento da bactéria.
- Modelação computacional: existe a simulação de cenários para prever o comportamento da *Legionella* nos diversos sistemas complexos de água.

Os métodos podem por isso ser agrupados em preventivos, de monitorização, físico-químicos e de modelação e análise de risco, sendo que cada um destes desempenha um papel intrínseco no controlo e na gestão da *Legionella pneumophila*.

Assim sendo, os métodos são fundamentais numa avaliação de risco porque são capazes de fornecer uma estrutura sistemática para identificar, quantificar e gerir potenciais perigos, tal como é a *Legionella pneumophila*. Estes ajudam a definir as áreas de maior risco, monitorizar condições críticas e implementar medidas preventivas adequadas. Sem auxílio a estes métodos bem estabelecidos, seria difícil avaliar com precisão a probabilidade e o impacto de um surto, o que por consequência poderia comprometer a segurança e a saúde pública.

2.4.3. Processo de monitorização

A monitorização operacional é aplicada para proceder à avaliação do desempenho das medidas de controlo individuais de forma a classificar a sua eficácia. Para este processo devem ser definidas frequências de monitorização e serem selecionados os locais de avaliação mais adequados, tendo em consideração as vulnerabilidades do sistema de distribuição, ou seja, os pontos críticos do sistema. Também a suscetibilidade dos diferentes utilizadores, de forma a assegurar que as ações corretivas possam ser introduzidas em tempo útil e assim, evitar a perda de controlo e o desenvolvimento de situações perigosas (Atkinson et al., 2022; DGS et al., 2022; ECDC, 2021; Kermani et al., 2022a).

Os procedimentos de monitorização da água de distribuição (da água destinada ao consumo humano e da água quente sanitária), requer que a elaboração dos mesmos contenha a identificação dos pontos de controlo, a periodicidade e os parâmetros a avaliar. A definição de um programa de avaliação da qualidade da água distribuída deve ter em consideração (ARS De Lisboa E Vale, 2020; Benoliel et al., 2018; ECDC, 2021):

- extensão das redes prediais;
- análise dos materiais utilizados nos diferentes componentes do sistema;
- perceção da variedade de utilizações e os respetivos requisitos de qualidade (sendo estes objetivos de qualidade traduzidos em diferentes valores paramétricos);
- suscetibilidade dos utentes;

- pesquisa de situações de risco identificadas (por exemplo, avaliação da corrosão ou do desenvolvimento microbiano, como é o caso da *Legionella*, sendo os parâmetros e locais de colheita específicos).

Contudo, este programa deve ser dinâmico, utilizando os dados de análises anteriores para eventual reformulação. No início, o número de análises a efetuar e a periodicidade deve ser maior, podendo ser reduzido à medida que se conhecem os resultados e o funcionamento do sistema. Os parâmetros a determinar incluem precisamente aqueles que são de natureza microbiológica, podendo corresponder a organismos patogénicos ou não. Contudo existem determinados parâmetros físico-químicos, de fácil e rápida determinação e que apresentam um custo baixo (cloro residual livre, temperatura, pH, etc.) que permitem, no momento, ter uma leitura direta, o que possibilita ter a noção do funcionamento do sistema e avaliar a possibilidade de proliferação microbiana (Barreiros et al., 2015; Benoliel et al., 2018; DGS et al., 2022; Kermani et al., 2022a).

No entanto, existe uma monitorização de rotina própria com o objetivo de avaliar a proliferação de *Legionella*, em função da significância que a mesma apresenta. O controlo da proliferação de *Legionella*, conforme já referido anteriormente, depende, entre outros fatores, da inexistência de nutrientes e de condições de temperatura que lhe são desfavoráveis. Sendo a temperatura e cloro residual livre parâmetros de fácil medição, deve-se proceder à sua monitorização regularmente em diferentes locais do sistema. Assim, a monitorização de alguns parâmetros de qualidade para avaliação da proliferação de *Legionella* entrecruza-se com a monitorização dos outros parâmetros de qualidade da água, que já foram abordados e por isso estão relacionados (Assaidi et al., 2021; Benoliel et al., 2018; Direção-Geral da Saúde et al., 2022; Kling et al., 2019; Párraga-Niño et al., 2024).

2.4.4. Implementação das medidas de controlo

Após todas estas fases é crucial implementar as medidas de controlo adequadas à ocorrência em questão. Estas devem ser imediatas caso haja a suspeita de uma fonte muito provável. As mesmas devem ser adequadas ao prédio em questão, mas também ao surto que está a decorrer. A implementação destas medidas de controlo imediatas pode ajudar na redução do risco de transmissão de *Legionella* para a restante zona e especialmente para as pessoas mais suscetíveis (Allegra et al., 2016; Barreiros et al., 2015; ECDC, 2021; IGAS, 2023).

Essencialmente, estas medidas de controlo imediatas têm como intuito reduzir o risco de transmissão contínua, por isso destinam-se a evitar a exposição a sistemas ou dispositivos suspeitos de conterem *Legionella* para impedir novos casos desta doença. As recomendações a ser tidas em conta, num primeiro momento, para sistemas de água potável passam por (Barreiros et al., 2015; Benoliel et al., 2018; ESGLI, 2017; EU-OSHA, 2021; Lee, 2018):

- Limitação para o uso de chuveiros e/ou torneiras;
- Instalação de filtros microbianos no ponto de uso;
- Suspensão de outras operações;
- Encerramento temporário do edifício, da área afetada ou do dispositivo em questão;
- Implementação de respostas de contingência e ações corretivas;
- Distribuição das respetivas cartas de notificação ao(s) público(s) apropriado(s).

Desta forma, as medidas de controlo que têm de ser tomadas devem ser adaptadas às características estruturais e gerais do edifício e também às circunstâncias do surto, de forma a responder acertadamente e de acordo com a dimensão da problemática em questão (EU-OSHA, 2021; IGAS, 2023).

3. Métodos

A elaboração desta revisão sistemática baseou-se nas diretrizes da metodologia Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses (PRISMA) com a finalidade de valorizar a transparência, precisão, abrangência, reprodutibilidade e qualidade dos resultados obtidos na mesma (Page et al., 2021).

3.1. Critérios de Elegibilidade

Os critérios de elegibilidade foram definidos de acordo com as diretrizes da metodologia PEO (População, Exposição e Outcomes/Resultados) (Aromataris & Munn, 2020). Essa estrutura foi considerada a mais adequada para este tipo de estudo, pois envolve a avaliação de risco, e não a eficácia de uma intervenção específica. Dado que o foco está no risco, este método alternativo é o mais apropriado para a análise. Neste contexto, o risco será determinado em diferentes tipos de edifícios, considerando a exposição à bactéria *Legionella pneumophila* e os respectivos resultados, ou seja, os riscos associados a esta problemática (Aromataris & Munn, 2020).

Assim esta estrutura possibilita a percepção adequada do contexto e das variáveis de interesse para esta revisão bibliográfica, que envolve tanto dados qualitativos quanto quantitativos. Deste modo, estabeleceram-se os critérios de inclusão e exclusão que se encontram detalhados na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Critérios de elegibilidade para inclusão do estudo (PEO)

	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO
P(POPULAÇÃO)	Diferentes tipologias de edifícios e infraestruturas com ocupação e exposição humana.	Estudos direcionados apenas para a vertente ambiental, como é o caso, dos solos e água de fontes artificiais, lagos e rios, águas pluviais; Estudos direcionados apenas para os problemas de saúde associados à bactéria; Estudos fora do interesse da pesquisa.
E(EXPOSIÇÃO)	Exposição direta a equipamentos/sistemas que envolvam água e/ou bioaeróis associados	Estudos analíticos que foram realizados apenas em laboratório.
O(RESULTADOS)	Todos os artigos científicos que apresentam estudos e/ou estudos de caso relativos à AR e metodologia, como identificação de diferentes fatores de risco relacionados com os edifícios e infraestruturas; A data de publicação do artigo deve ser dos últimos 10 anos, ou seja, de 2014 em diante	Revisões sistemáticas e meta-análises, relatórios de organizações. Publicações realizadas antes de 2014. Estudos com acesso restrito

Além disso, foram incluídos todos os estudos que abordavam, necessariamente, o processo de avaliação de risco para a *Legionella pneumophila* enquadrado para qualquer tipo de edifício, redigidos em português, inglês, italiano e espanhol e que permitiam o acesso livre ao texto completo.

3.2. Fontes de Informação, Pesquisa e Seleção de Estudos

Fontes de informação e estratégia de pesquisa: a pesquisa de artigos para inclusão na presente revisão sistemática da literatura foi realizada em três bases de dados eletrônicas: Pubmed, Science Direct e Web of Science com publicações dos últimos 10 anos, ou seja desde o ano 2014 até ao presente ano 2024. Os termos utilizados para a pesquisa de artigos foram os seguintes: "*Legionella*", "*Legionella pneumophila*", "risk assesment", "water", "building" e recorreu-se aos termos booleanos "AND" e "OR" de modo a combinar as várias palavras-chave, melhorando assim, a estratégia de pesquisa e os resultados obtidos. Além disso, foram aplicados filtros durante a pesquisa nas bases de dados como: ano de publicação (últimos 10 anos), língua (português, inglês, espanhol e italiano) e artigos com acesso gratuito e completo e disponível online com o intuito de alcançar um número real de artigos relacionados com a questão de investigação definida.

No âmbito deste estudo, formulou-se a seguinte questão de investigação: quais são os principais métodos utilizados na avaliação de risco da *Legionella pneumophila* em edifícios, em contexto residencial, industrial, comercial e de saúde?

Pesquisa e seleção dos estudos: Após a pesquisa nas bases de dados, os mesmos foram introduzidos no Mendeley Reference Manager 2.79.0- software gratuito de gestão de referências bibliográficas, eliminando-se, assim, os artigos duplicados. Após a eliminação de duplicados, dois revisores (BA e JP) realizaram o processo de seleção em duas fases: numa primeira fase os títulos e resumos dos artigos obtidos foram analisados por ambos e classificados como potencialmente relevantes ou não, segundo os critérios de inclusão e exclusão definidos acima. Numa segunda fase foram estudados, de forma integral e independente, os artigos considerados relevantes (18 artigos) e procedeu-se à extração de dados. Qualquer eventual divergência sucedida foi resolvida através da discussão da mesma entre os revisores.

3.3. Recolha e extração de dados

Os dados e características dos estudos incluídos nesta revisão sistemática foram extraídos após a leitura integral de cada um e organizados detalhadamente em uma tabela, que abrange: autor(es) e ano de publicação, objetivos do estudo, país alvo, tipo de edifício analisado, tipo de intervenção de avaliação de risco utilizada, equipamento ou sistema de água associado ao edifício, fatores de risco abordados (classificados em fatores físico-químicos e manutenção/desinfecção), resultado final/impacto no risco envolvido e a

decisão tomada para intervenção. Esta informação está apresentada na Tabela 5, localizada no Tópico 5 – Resultados.

3.4. Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés dos estudos incluídos

A avaliação do risco de viés dos estudos incluídos foi realizada segundo a lista de verificação para revisões sistemáticas e sínteses de investigação da JBI (JBI, 2020), esta corresponde a uma ferramenta de avaliação crítica que é maioritariamente utilizada precisamente em revisões sistemáticas. A JBI tem uma visão particular sobre o que conta como evidência e os métodos utilizados para sintetizar esses diferentes tipos de evidência. Em consonância com esta visão mais alargada das provas, a JBI desenvolveu teorias, metodologias e processos rigorosos para a avaliação crítica e sintetização destas diversas formas de provas, a fim de ajudar na tomada de decisões clínicas nos cuidados de saúde. Atualmente, existem orientações da JBI para a realização de revisões de investigação de eficácia, investigação qualitativa, prevalência/incidência, etiologia/risco, avaliações económicas, texto/opinião, precisão de testes de diagnóstico, métodos mistos, revisões gerais e revisões de âmbito (JBI, 2020).

O objetivo desta apreciação é avaliar a qualidade metodológica de um estudo e determinar até que ponto esse estudo abordou a possibilidade de enviesamento na sua conceção, condução e análise. Todos os artigos selecionados para inclusão na revisão sistemática (ou seja, os que cumprem os critérios de inclusão descritos no protocolo) têm de ser submetidos a uma avaliação rigorosa por dois avaliadores críticos. Os resultados desta avaliação podem então ser utilizados para informar a síntese e a interpretação dos resultados do estudo. As ferramentas de avaliação crítica da JBI foram desenvolvidas pela JBI e colaboradores e aprovadas pelo Comité Científico da JBI após uma extensa revisão por pares (JBI, 2020). Esta lista de verificação em particular, foi utilizada tendo em conta que iriam ser avaliados estudos de investigação epidemiológica uma vez que são referentes à avaliação de risco da *Legionella*. Integram um conjunto de 11 questões as quais devem ser respondidas através de uma escolha entre 4 opções de resposta, sendo estas: Sim (S), Não (N), Não é claro (NC) e Não é aplicável (NA).

O questionário oficial desta ferramenta de avaliação crítica de estudos está presente no Anexo A, tendo sido traduzido para a língua portuguesa. Os resultados correspondentes a

esse questionário, com base na análise dos artigos incluídos na presente revisão, encontram-se no **Anexo B-Tabela 6**.

4. Resultados

A revisão permitiu selecionar um total de 812 artigos das três bases de dados utilizadas para a pesquisa. Destes artigos, foram excluídos artigos (457 após a aplicação dos filtros definidos e 243 artigos com data de publicação anterior à pretendida). Deste modo, foram rastreados 112 artigos. Após análise do título e do resumo dos artigos, foram eliminados 23 artigos, além destes mais 8 artigos (destes, 4 eram duplicados e 4 são estudos de revisão e/ou meta-análise) foram alvo da eliminação, selecionando-se um total de 81 artigos em texto completo para elegibilidade.

De seguida, procedeu-se a uma revisão integral dos artigos selecionados e procedeu-se a uma análise detalhada da sua conveniência, resultando na exclusão de 65 artigos pelas seguintes razões: não foram estudos testados em campo de forma direta, mas obtidos em laboratório; são artigos relativos à *Legionella*, no entanto não se enquadram em nenhum edifício propriamente dito tal como se pretende; e o artigo não aborda propriamente o tema pretendido. Paralelamente, foi realizada uma análise das referências bibliográficas dos

estudos provenientes das bases de dados e, assim sendo, incluíram-se 2 artigos por serem do interesse da pesquisa.

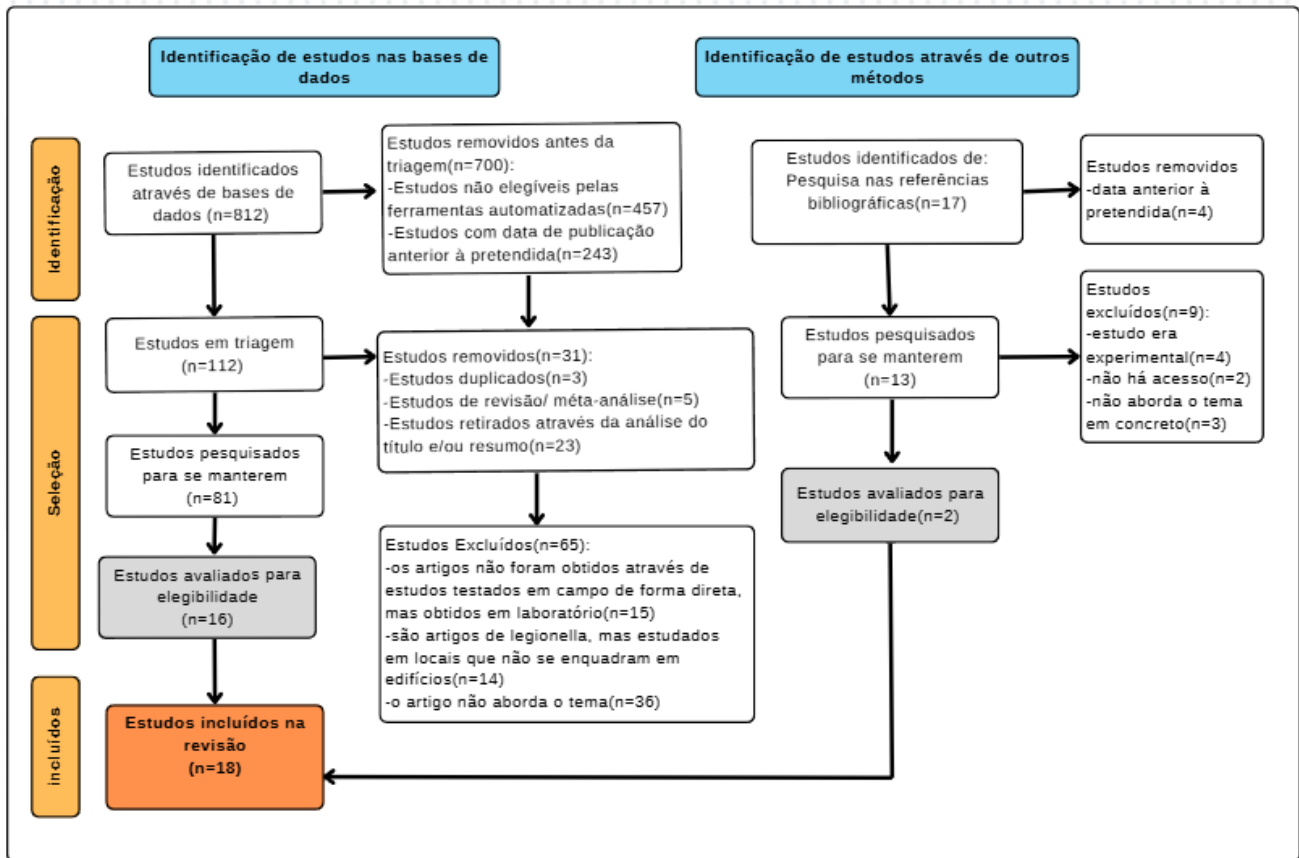


Figura 2 - Fluxograma da seleção dos estudos adaptado da metodologia PRISMA (Page et al., 2021)

Deste modo, foram incluídos no estudo para uma análise qualitativa um total de 18 artigos (Figura 2).

Partindo daquele que é o objetivo primordial desta revisão sistemática, a caracterização e explicitação do processo de avaliação do risco associado à presença da *Legionella pneumophila* nos diferentes tipos de edifícios existentes, estão identificados na Figura 3, a tipologia de edifícios apresentados nos estudos. Através desta, é possível observar que a maior representação vai para o meio hospitalar, visto tratar-se de um ambiente de alto risco para a propagação da *Legionella*, o mesmo deve ser frequentemente alvo deste tipo de avaliações de risco mais rigorosas, a fim de garantir a segurança dos pacientes e prevenir surtos de infecções associadas a esta bactéria. Seguidamente encontram-se os hotéis e os edifícios públicos em geral, a avaliação de risco à *Legionella* é também crucial, pois a alta

rotatividade de pessoas e a complexidade dos sistemas de água aumentam a vulnerabilidade a surtos, exigindo estratégias preventivas eficazes para proteger a saúde pública.

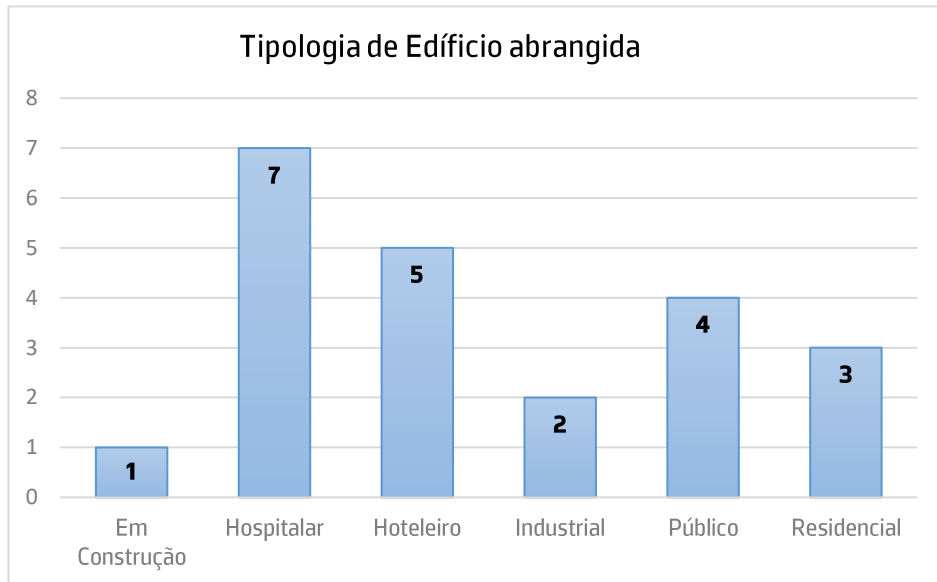


Figura 3 – Tipologia de edifício abrangido

A **Figura 4**, evidencia a distribuição de sistemas e equipamentos relacionados com a água, identificados nos estudos. Pode observar-se que uma parte significativa dos estudos avaliou um equipamento amplamente utilizado no dia a dia: o chuveiro, tal como todos os outros equipamentos associados à casa de banho, já que todos eles tiveram pelo menos essa atenção. Além disso, os sistemas de distribuição de água também são frequentemente alvo deste tipo de avaliação, com especial destaque para o sistema de distribuição de água quente. Este sistema apresenta um maior risco, pois as altas temperaturas que pode atingir favorecem o crescimento e a proliferação da *Legionella*, resultando em uma probabilidade considerável de contaminação.

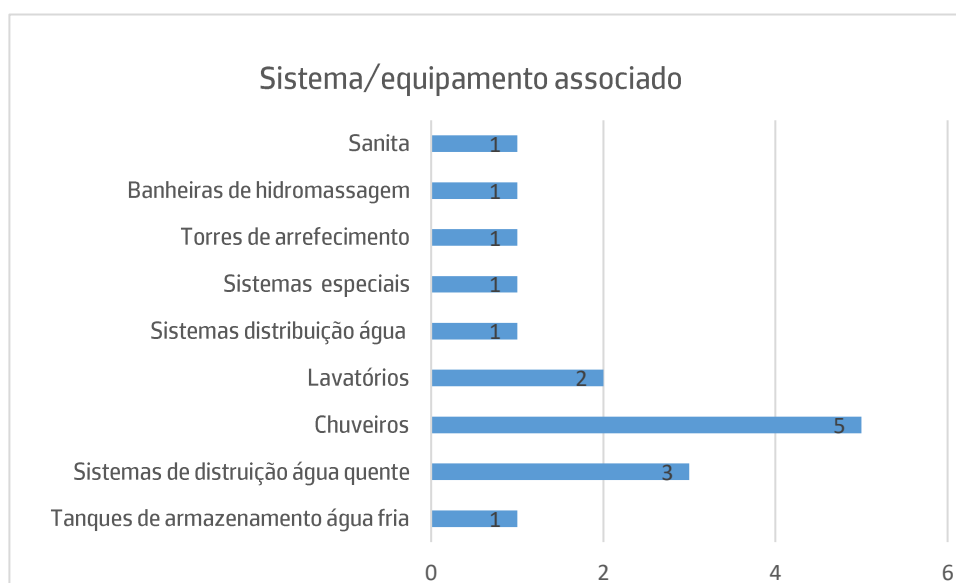


Figura 4 - Sistema/equipamento associado

Por outro lado, estes sistemas e equipamentos, estão diretamente correlacionados com os fatores de risco, correspondendo às condições que favorecem o crescimento e a proliferação da *Legionella*. A Tabela 4 apresenta os fatores e condições preferenciais para o desenvolvimento desta bactéria, identificados nos estudos analisado.

Tabela 4 - Condição/fator de risco que tornou favorável o crescimento e a proliferação da *Legionella* para cada um dos estudos incluídos

Artigos incluídos	Condição/fator de risco que tornou favorável o crescimento e a proliferação da <i>Legionella</i>
(Peter & Routledge, 2018)	Presença de biofilmes e estagnação da água
(Niculita-Hirzel, Morales, & Parmar, 2023a)	Emissão de bioaerossóis e análise do biofilme
(Scanlon, Gordon, Tonozzi, & Griffin, 2022)	Operações de comissionamento do sistema de água do edifício
(Totaro et al., 2017)	Diminuição da concentração de cloro total e/ou aumento da temperatura e presença de condições físico-químicas específicas da água como a temperatura de 44-48 °C.
(Hamilton et al., 2019a)	Subprodutos de desinfecção e metais
(Bédard et al., 2015)	Garantir uma temperatura adequada e homogénea Controlo do desinfetante
(Kmiecik et al., 2021)	As condições favoráveis foram essencialmente a temperatura
(Zayed et al., 2020)	A temperatura, o cloro, o pH, a dureza e a condutividade Armazenamento da água é feito em local deficiente
(Xu, Zhang, Mou, & Wang, 2020)	Tamanho dos bioaerossóis
(Montagna et al., 2018)	Existia um controlo sobre a temperatura da água, a mesma devia estar constante e variava dos 55 °C a 60 °C

(Wilson et al., 2022)	Influenciada pela intensidade da luz solar, precipitação pluviométrica e temperatura da água.
(Crook et al., 2020)	Armazenamento e/ou recirculação da água a temperaturas entre 20 e 45 °C constitui uma fonte de nutrientes
Bavari, Mirkalantari, Masjedian Jazi, Darban-Sarokhalil, & Golnari Marani, 2022)	Avaliadas na temperatura, pH e cloro residual
(C. K. Huang et al., 2023)	A estagnação foi o parâmetro/fator de risco que esteve na base
(Kermani, 2022)	Densidade dos aerossóis muda dependendo da temperatura da água.
(Sharoby, 2019)	Temperatura da água e ambiente, condições ambientais consoante as estações do ano; Possibilidade de mudança devido às alterações climáticas; Duração da exposição e da inalação.
(Assaidi et al., 2021)	A estagnação da água quente e a temperatura da água entre 20 e 45 °C fornecem um habitat ideal
(Sánchez et al., 2022)	A temperatura da água é crucial assim como o cloro que está presente na mesma. A prevalência de <i>Legionella</i> em amostras de sistemas de água fria foi maior quando os níveis de cloro livre estavam abaixo de 0,2 mg L ⁻¹ , enquanto nas amostras de sistemas de água quente, a prevalência foi maior a <50 °C.

Numa vertente um pouco diferente da anterior, a **Figura 5** ilustra a distribuição dos estudos realizados por país. O gráfico revela que, de modo geral, a Europa concentra um número significativo de investigações, mas quando juntos. Até porque países considerados subdesenvolvidos sozinhos conseguem desenvolver uma maior quantidade de estudos nesta temática do que alguns dos grandes países europeus. Por outro lado, os Estados Unidos destacam-se de forma notável, apresentando um volume de pesquisa superior.



Figura 5 - Países alvo do estudo

Nesta revisão sistemática, os estudos incluídos seguiram na sua grande parte estudos descritivos ou explicativos, com características observacionais e até quase-experimentais, orientado sobre a vertente epidemiológica.

Alguns dos artigos perpetuavam o estudo da análise em saúde pública, este sendo categorizado como parte de uma avaliação de risco em saúde pública onde se investiga a exposição humana à bactéria, as variáveis que a condicionam, a probabilidade de doença e as possíveis intervenções para minimizar o risco.

Já os estudos que utilizaram o QMRA, ou seja, a avaliação quantitativa do risco microbiológico visto que este é um método quantitativo, desenvolvido para estimar numericamente os riscos de infeções ou exposições a microrganismos num edifício, o mesmo pode ser classificado quanto à sua abordagem metodológica e por isso é um estudo qualitativo. Este método em particular inclui aspetos qualitativos tais como: recolha de informações sobre os comportamentos, práticas no edifício, perceção do risco e interpretação das condições ambientais.

Caso o estudo para além destes aspetos contemple, por exemplo a componente qualitativa da análise do cenário em questão, ou seja, a análise do próprio edifício, discutindo no mesmo as diferentes intervenções qualitativas possíveis (como melhorar a ventilação ou modificar os comportamentos de limpeza) antes da aplicação da análise quantitativa do risco, então o estudo já pode ser considerado misto.

Para responder ao propósito principal desta revisão é importante analisar o tipo de edifício em questão nos estudos e também perceber qual o equipamento/sistema de água que foi alvo desta avaliação. Outro dos pontos que deve ser conhecido é o país que no fundo efetivou este estudo, pois isto vai permitir determinar qual o nível de preocupação e cultura existente. Os edifícios abrangidos foram maioritariamente residências, hotéis, hospitais e edificações no geral e ainda uma Estação de Tratamento Águas Residuais (ETAR), uma indústria não particular e também um edifício em fase de construção. Relativamente aquilo que são os equipamentos/sistemas de água associados e alvo dos estudos em concreto, a maior parte deles avaliava o sistema de distribuição da água potável num todo, mas também os sistemas de distribuição de água quente. Existiram ainda avaliações às torres de arrefecimento e um foco sobre os equipamentos específicos localizados nas casas de banho tais como, chuveiros e torneiras. Quanto ao estudo que tinha o seu edifício em fase

de construção, o mesmo permitiu-nos ter uma visão diferente em relação aos restantes, pois percebemos que a aposta num plano de gestão de risco deve ser realizada já nesta fase, principalmente nos edifícios que apresentam um maior risco, seja pelo facto de apresentarem grupos de pessoas vulneráveis como são os hospitais quer por apresentarem um elevado número de pessoas a usufruir do mesmo e pessoas em vulnerabilidade.

A duração dos estudos variou de meses a anos, sendo que a maioria deles contemplou 3 a 6 anos.

4.1. Descrição e Análise dos Resultados

Os estudos incluídos na atual revisão sistemática (**Tabela 5**) apresentam no fundo resultados concordantes entre si naquilo que diz respeito às variáveis principais que estão envolvidas nos mesmos, sendo que estas dizem respeito aos fatores de risco que afetam o crescimento e a proliferação desta bactéria que é a *Legionella*, o que por sua vez vai influenciar de forma direta os resultados da sua presença e por conseguinte irá decidir como é que a avaliação de risco deve ser efetuada para aquele edifício. A seleção dos estudos apresentados está associada a países europeus e não europeus que têm recursos financeiros menores resultantes fundamentalmente de ideais políticos e até culturais (como é o caso de países como Irão, Israel, Cisjordânia e Marrocos); outros não são europeus, mas em nível encontram-se praticamente semelhantes ou até superiores uma vez que monetariamente estão mais beneficiados e têm dimensões maiores (são estes EUA e China). Já os países europeus que integram este tipo de estudo são a Itália, a Inglaterra, a Polónia, a Suíça, a França e a Espanha.

Outra das seleções que se podem fazer tem haver com os anos respeitantes às mesmas, sendo uma grande parte deles, mais concretamente 12 estudos foram realizados a partir do ano de 2020, o que demonstra ser uma preocupação bastante atual e factual. Isto pode também dever-se ao facto de o mundo ter passado por uma pandemia, cujas circunstâncias poderiam ter influenciado este estudo, visto que muitos edifícios permaneceram fechados ao público e até aos próprios trabalhadores, que, em grande parte, passaram a trabalhar em regime de teletrabalho. Em razão de os edifícios terem permanecido fechados criou as condições ideais para a proliferação da bactéria.

Tabela 5 – Características dos Estudos incluídos

Princípios gerais dos estudos incluídos						
Estudo e Origem	Objetivo e Tipo de edifício abrangido	Avaliação de risco e Sistema/ equipamento de água do edifício em questão	Fatores de risco		Resultado/ Impacto no risco envolvido	Decisão retirada para intervir
			Fatores Físico-químicos	Manutenção e Desinfecção		
<p>(Peter & Routledge, 2018)</p> <p>Inglaterra</p>	<p>Este estudo teve como objetivo a monitorização microbiológica da água em tanques, o que permite uma avaliação do risco de exposição sobre este tipo de bactérias patogénicas.</p> <p>A mesma contemplou Propriedades residenciais domésticas edificadas.</p>	<p>No caso deste estudo é abordada a parte da monitorização da água e faz-se a colheita de uma amostra representativa de modo a obter a avaliação de risco.</p> <p>Esta vai ser realizada nos tanques de armazenamento de água fria</p>	<p>– Presença de <i>Pseudomonas</i> e biofilme associado também é um fator de risco.</p> <p>–Variação da temperatura da água.</p> <p>–Presença de minúsculas partículas sólidas suspensas e dissolvidas.</p>	<p>A estagnação da água é também reconhecida como um fator importante na manutenção e gestão da higiene da água, pois existem vários estudos que confirmaram que a água estagnada fornece condições ideais para que ocorra o crescimento microbiológico.</p>	<p>Os dados mostram que as amostras típicas de água recolhidas para monitorização de rotina podem muitas vezes subestimar o estado microbiológico da água que entra no edifício, o que aumenta o risco de exposição a patógenos da água com potenciais implicações para a saúde pública.</p>	<p>Os tanques de armazenamento de água fossem redesenhados para o acesso à extremidade oposta aos tanques ser possível, para proceder às ações de monitorização de rotina, São necessárias inspeções de rotina regulares aos tanques de água e proceder à análise destas amostras de água.</p>
<p>(Niculita-Hirzel, Morales, & Parmar, 2023a)</p> <p>Suíça</p>	<p>O presente estudo teve como objetivo comparar o impacto da tecnologia da água na viabilidade de bactérias propagadas através do biofilme tanto ao nível da água como nos aerossóis.</p> <p>Os edifícios onde alvo deste estudo eram generalizados e por isso aplicava-se a todos, no</p>	<p>Este estudo avaliou o risco de propagação da bactéria patogénica <i>Legionella pneumophila</i>.</p> <p>Foram alvo do estudo chuveiros para banhos, estes apresentavam diferentes tipos de chuveiros: chuveiros de atomização de água (ECO) ou chuveiros de fluxo contínuo (STA).</p>	<p>Foi também feita uma comparação acerca da emissão de aerossóis e bioaerossóis e também foi feita a determinação da presença de biofilme dentro das mangueiras dos chuveiros.</p>	<p>Teve também em conta os diferentes modelos dos próprios chuveiros.</p>	<p>Relativamente ao impacto no risco pode-se constatar através dos resultados obtidos que com esta tecnologia emergente existiu um ligeiro aumento nas partículas inaláveis emitidas pelos chuveiros</p>	<p>No entanto o estudo demonstrou os riscos potenciais à saúde associados ao banho com sistemas de chuveiro que economizam energia e destaca a importância de existir mais pesquisas sobre estas tecnologias de modo a entender melhor os riscos à saúde associados à</p>

	entanto tinha de ser realizado nas casas de banho.				atomizadores de água em comparação com aqueles que usam tecnologia de fluxo contínuo.	exposição a aerossóis e bioaerossóis de chuveiro.
(Scanlon, Gordon, Tonozzi, & Griffin, 2022) EUA	O objetivo deste estudo é reduzir o risco de infeções associadas às atividades de construção. Assim o objetivo deste estudo é apresentar uma ferramenta ICRA de gestão da água para construção (WMC). Os edifícios alvo deste estudo são essencialmente aqueles que se enquadram no ambiente da saúde, mas estes encontram-se ainda em fase de construção.	Neste estudo foi abordado o desenvolvimento de uma ferramenta de Gestão da Água para Construção (WMC-ICRA), com o intuito de realizar a avaliação de risco sobre o controlo de infeção.	Os fatores de risco da atividade de construção associados aos sistemas de água incluem escavação, despressurização, atividades de demolição, projeto de eficiência, conexões de serviços públicos subterrâneos, equipamentos de construção com reservatórios de água, quebras de tubulação de água, atividades de vibração e comissionamento do sistema de água do edifício.	Devem ser implementados os protocolos de lavagem, tal como deve ser assegurada a instalação, limpeza e manutenção dos equipamentos. A desinfecção regular neste tipo de atividade é absolutamente crucial.	O impacto do risco de um determinado edifício é realizado com base na ferramenta WMC-ICRA, esta foi criada pelos autores tendo em conta métodos já existentes que os mesmos converteram para exemplares, tendo em conta o ambiente que é a construção.	Assim é diretamente o proprietário do edifício que deve pesquisar, desenvolver e gerir os riscos tendo em conta os tipos de projetos de construção. Os empregadores devem ainda ser formados com as respetivas orientações de segurança e saúde ocupacional direcionada nesta vertente de prevenção e exposição à <i>Legionella</i> .
(Totaro et al., 2017) Pisa, Itália	O objetivo deste estudo foi analisar a qualidade da água potável e a presença de <i>Legionella</i> spp. em amostras de água quente e fria recolhidas em pontos distintos de edifícios residenciais. Edifícios particulares, ou seja, casas residenciais independentes.	Os edifícios, em termos de sistemas associados apresentavam redes de água quente, mais concretamente os seguintes equipamentos: sistema centralizado de produção de água quente, sistema solar térmico para produção de água quente e ainda autoclaves.	Detetaram-se ainda algumas correlações entre os edifícios relativa à presença da <i>Legionella</i> que era notável quando existia -uma diminuição da concentração de cloro total e/ou aumento da temperatura.	Este estudo aponta também que um dos fatores inerentes para o crescimento da <i>Legionella</i> é a ausência de desinfecção química, o que vai influenciar os valores de pH.	A água fria resultou livre de perigos microbiológicos. As maiores contagens microbianas foram obtidas em amostras de água recolhidas em pontos distais de utilização nos diferentes apartamentos.	Este estudo destaca uma condição de risco potencial para categorias suscetíveis da população e apoia a necessidade de medidas de avaliação e controlo dos riscos pois o problema identificado deve-se maioritariamente à falta de manutenção e desinfecção da rede de água.

<p>(Hamilton et al., 2019a) EUA</p>	<p>Os objetivos do presente estudo é: (1) desenvolver valores de concentração de <i>Legionella pneumophila</i> baseados no risco da água, associados a valores-alvo de risco estabelecidos a partir do QMRA para um conjunto de cenários de exposição exemplares; (2) comparar os valores modelados com orientações já existentes; (3) sugerir lacunas de pesquisa para aplicar essas abordagens a vários cenários de água. Uso residencial interno de água</p>	<p>A avaliação foi conduzida usando valores-alvo de risco para calcular as concentrações críticas correspondente. Este estudo utilizou a abordagem QMRA. Os equipamentos alvo do estudo foram os chuveiros, os lavatórios e as sanitas.</p>	<p>Os dados disponíveis para <i>Legionella</i> spp. em água quente e fria indicam concentrações mais altas em água quente. O perfil de temperatura em relação ao tempo não foi considerado no modelo atual, mas seria valioso incluir em uma abordagem para avaliar o impacto de várias configurações de saneamento sobre os riscos.</p>	<p>Devem ainda ser tidos em conta os subprodutos de desinfecção e metais, pois a incorporação destas estruturas tem influência.</p>	<p>Os chuveiros foram assinalados como sendo o principal risco de exposição interna em comparação com os lavatórios e sanitas. As concentrações críticas dependeram do modelo de resposta à dose. O modelo atual aborda os sistemas de água de canalização das instalações.</p>	<p>Os números obtidos em qPCR não devem ser prontamente aplicados ao modelo atual sem harmonizar as unidades de cópias de genes e unidades formadoras de colônias. Outro dos problemas é que existem informações muito limitadas sobre a partição, destino e transporte de <i>Legionella pneumophila</i> em aerossóis, para escalas espaciais de curto e longo alcance. O perfil de temperatura em relação ao tempo não foi considerado no modelo atual, mas seria importante. A via de aspiração não foi considerada na análise atual, mas também pode desempenhar um papel mais importante num ambiente de saúde.</p>
<p>(Bédard et al., 2015) França</p>	<p>Os objetivos do presente estudo foram: (1) demonstrar o potencial do perfil detalhado da temperatura para identificar áreas de risco de <i>Legionella pneumophila</i> em sistemas de distribuição de água quente; (2) identificar estratégias e orientações de</p>	<p>Foi desenvolvida uma avaliação de risco baseada nos resultados do perfil de temperatura nos pontos de controlo. Foi ainda proposto um fluxograma de diagnóstico de temperatura para identificar áreas de risco de <i>Legionella pneumophila</i>. Sistemas de distribuição de água quente;</p>	<p>Garantir uma temperatura adequada e homogênea, assim aspetos como manter o perfil da temperatura da água e a distribuição da temperatura dentro da rede. Foi também analisada a estagnação nestes sistemas. As próprias condições hidráulicas específicas da</p>	<p>O controlo do desinfetante em todas as áreas do sistema de distribuição de água quente. As válvulas de retorno defeituosas em torneiras podem causar perdas generalizadas de temperatura devido à</p>	<p>Amostras positivas para <i>Legionella pneumophila</i> foram detetadas. Uma abordagem que combine a monitorização da temperatura dos principais componentes do sistema de distribuição de água</p>	<p>Além disso, existem discrepâncias significativas entre as modalidades propostas de implementação e de gestão. A implementação de um plano de segurança da água é a abordagem recomendada para a gestão preventiva dos riscos relacionados com a água potável e o controlo da temperatura é amplamente</p>

	<p>monitorização eficazes para conduzir perfis de temperatura e interpretar os resultados obtidos; (3) propor uma abordagem de caracterização de risco baseada no diagnóstico de temperatura em pontos críticos do controlo. Foca nos estabelecimentos de saúde.</p>		<p>área do edifício, incluindo unidades fechadas, baixo uso e até a configuração do próprio sistema geral.</p>	<p>mistura de água quente e fria.</p>	<p>quente (HWDS) e o perfil de temperatura nos pontos de uso pode ser usada para determinar a suscetibilidade do sistema geral de distribuição de água quente e áreas específicas de grandes edifícios à proliferação de <i>Legionella</i>.</p>	<p>reconhecido como a primeira medida de atenuação dos riscos para o controlo da <i>Legionella</i> em sistemas de distribuição de água quente.</p>
<p>(Kmiecik et al., 2021) Polónia, Cracóvia</p>	<p>O objetivo do estudo foi avaliar o risco representado pela <i>Legionella</i> num prédio público. Neste contexto, o objetivo do estudo foi avaliar o risco inerente à <i>Legionella</i>. Edifícios públicos antigos, com foco nas casas de banho.</p>	<p>A avaliação de risco foi realizada com base numa abordagem de matriz de risco semiquantitativa e com uma avaliação quantitativa de risco microbiano. A abordagem da matriz de risco foi implementada com sucesso para o reconhecimento do risco potencial associado à o <i>Legionella</i> e a ocorrência desta num sistema de abastecimento de água. Foi realizada na rede de água quente</p>	<p>As condições favoráveis de temperatura. Normalmente esta análise é realizada em pontos centrais de grandes redes. O tamanho da sala em que a água contaminada é utilizada também afeta a possibilidade de infecção.</p>	<p>Frequência de manutenção e apreciação do estado do sistema de desinfecção. As partes metálicas dos componentes do tubo e os produtos de corrosão associados podem também constituir um fator importante na sobrevivência e crescimento de <i>Legionella pneumophila</i> nos sistemas de água.</p>	<p>Foi apenas numa amostra que foram detetadas num valor superior ao limite máximo permitido pelos regulamentos legais. A <i>Legionella pneumophila</i> serogrupo 1 foi encontrada apenas numa amostra, sendo que a mesma ocorreu numa torneira. A maior probabilidade foi averiguada, sendo que o perigo adveio da temperatura.</p>	<p>As propostas para este caso seguem uma solução abrangente para isto que é a <i>Legionella</i> como problema, devem ser incluídos nas alterações Regulamentos relativos à qualidade da água potável. O risco encontrado é superestimado devido à incerteza dessas avaliações e o grau de variabilidade capacidade de <i>Legionella</i> na água da torneira durante qualquer ano. O problema pode também ser do facto de a água estar a uma temperatura insuficientemente alta.</p>
<p>(Zayed et al., 2020) Cisjordânia</p>	<p>O principal objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição atual das populações de <i>Legionella</i></p>	<p>A Análise Dependente do Cultivo (CDA) é a técnica padrão e recomendada usada para</p>	<p>A temperatura, o cloro, o pH, a dureza e a condutividade das</p>	<p>O próprio armazenamento da água é feito em local deficiente, uma vez</p>	<p>As amostras de água tiveram uma prevalência muito menor de <i>Legionella</i></p>	<p>Nesta perspetiva, pode-se considerar uma boa notícia que o nível de <i>Legionella pneumophila</i> cultivável nos</p>

	<p><i>pneumophila</i> nos sistemas de distribuição de água potável dos hospitais, em toda a Cisjordânia e determinar a estrutura de colónias e diversidade genética.</p>	<p>vigilância ambiental de <i>Legionella pneumophila</i>. Por outro lado, as Análises Independentes de Cultivo (CIA) usando abordagens moleculares baseadas em PCR são rápidas, sensíveis e amplamente aplicadas para a deteção e identificação de <i>Legionella pneumophila</i>. Foi alvo desta vigilância a água e os biofilmes presentes nos sistemas de distribuição de água potável.</p>	<p>amostras de água foram determinados na recolha. Outro fator de risco associado é o próprio clima quente.</p>	<p>que se encontra no telhado e até o abastecimento da água é feito de forma intermitente.</p>	<p>em comparação com os biofilmes. A baixa prevalência de <i>Legionella pneumophila</i> foi atribuída ao alto teor de magnésio da água potável nesta região. Este estudo demonstrou baixa e rara abundância de <i>Legionella pneumophila</i> cultivável na água, mas prevalência substancialmente maior em biofilme.</p>	<p>hospitais é, em média, bastante baixo ou indetetável. No entanto, o abastecimento não contínuo de água pode causar a interrupção dos biofilmes nos sistemas de distribuição de água quente, levando a um aumento a curto prazo dos níveis de <i>Legionella pneumophila</i> na água potável que permanecem não detetados durante estas ações de avaliação. O problema é agravado pela falta consciencialização sobre a prevalência de <i>Legionella pneumophila</i>, além disso, não há diretrizes específicas para a vigilância ou proteção contra esta bactéria.</p>
<p>(Xu, Zhang, Mou, & Wang, 2020) China, Xi'na</p>	<p>Investigação sobre os bioaerossóis presentes numa ETAR.</p>	<p>O risco à saúde em relação à <i>Legionella pneumophila</i> foi calculado quantitativamente por meio da QMRA, com base na suposição da percentagem. Foram alvo deste estudo os equipamentos e sistemas das ETAR's.</p>	<p>O principal fator de risco em questão nesta situação é o tamanho das partículas que saem de todo o processo sob a forma de bioaerossóis, sendo advém das águas que estão sobre tratamento.</p>	<p>O plano de manutenção e limpeza associado estará já definido e é próprio tendo em conta os riscos especiais associados a este tipo de instalações.</p>	<p>O risco à saúde associado aos bioaerossóis foi estimado com base no método do quociente de risco e nas taxas de dose média diária, e a exposição aos bioaerossóis para o pessoal da ETAR foi superior a 1. A proporção de <i>Legionella pneumophila</i> deve ser estritamente</p>	<p>O risco para a saúde das equipas das ETAR não pode ser ignorado. A <i>Legionella pneumophila</i> deve ser rigorosamente controlada. São necessárias mais pesquisas sobre a deteção quantitativa de <i>Legionella pneumophila</i> e haver a recolha de parâmetros de exposição, incluindo tempo, pois é um aspeto necessário para fornecer uma avaliação de risco mais aprofundada da exposição ao bio aerossol para a equipa de trabalho da ETAR, uma vez que a saúde</p>

					controlada abaixo de 10^{-8}	destes indivíduos pode estar em risco.
(Montagna et al., 2018) Itália	Este estudo surgiu devido ao facto de existir um risco de legionelose alto nos hospitais italianos, o que origina muitas hospitalizações. Hospitais (envolveu cerca de 739 hospitais)	Assim pretendeu-se depreender e realizar a avaliação de risco, a monitorização e a desinfecção dos sistemas de água. Estes são precisamente os elementos-chave na prevenção do risco de legionelose. Foram assinalados para este estudo todos os possíveis sistemas de água que tivessem inseridos no edifício.	Existia um controlo sobre a temperatura da água, a mesma devia estar constante.	Os hospitais representam um ambiente de alto risco para a transmissão de doença dos Legionários porque frequentemente possuem sistemas de canalização antigos e dispositivos médicos usados por pacientes hospitalizados.	De acordo com um relatório nacional, este estudo mostrou um maior número de casos de legionelose no norte da Itália. Parte da razão para essa diferença geográfica pode ser o facto de existir uma maior consciencialização sobre o risco de legionelose entre os médicos e por isso ser dada uma maior atenção à notificação de casos de doença e / ou a um diagnóstico laboratorial mais preciso.	Deve ser dada uma maior atenção aos hospitais com estrutura de pavilhão e com torres de arrefecimento, pois estes possuem um maior número de equipamentos associados a um alto número de casos de legionelose. A variação geográfica na taxa de incidência de doença dos Legionários pode estar, em parte, relacionada às condições climáticas e meteorológicas. São necessários cursos de formação para profissionais de saúde voltados para a implementação das diretrizes existentes nos níveis central e local e as medidas a ser adotadas devem ser por meio de procedimentos de desinfecção do sistema de água, limpeza ou troca de torneiras e chuveiros.
(Wilson et al., 2022) EUA	O objetivo deste estudo foi obter a comparação entre dois modelos de exposição de chuveiro para a <i>Legionella</i> e desenvolver uma ferramenta de cálculo de risco para relacionar os dados de monitorização ambiental dos riscos	Foi realizada a QMRA. Chuveiros (sendo que existiam 2 modelos).	A favorabilidade é influenciada pela intensidade da luz solar, precipitação pluviométrica e temperatura da água.	Não refere nenhum aspeto sobre este nível.	Métodos para relacionar os riscos de infecção aos riscos de doenças que levam em conta as diferenças demográficas foram utilizadas. O modelo 2 estimou consistentemente	As comparações de modelos informaram acerca das decisões sobre a integração com ferramentas de avaliação de risco. As ações tomadas como parte de um programa de gestão de água podem reduzir o risco por fatores de 10 vezes ou mais, assumindo

	estimados de infecção por <i>Legionella</i> e dos riscos da doença do legionário. Edifícios relacionados com a saúde				riscos de infecção mais altos do que modelo 1 para a mesma concentração de <i>Legionella</i> na água e estimou as doses depositadas com menor variabilidade.	que há uma redução de 10 vezes na concentração relacionada, o que pode subestimar ou superestimar o risco de <i>Legionella</i> .
(Crook et al., 2020) Grã-Bretanha, Reino Unido	Existiu uma análise e comparação sobre os surtos da Doença do Legionário e da Febre Pontiac e riscos de infecção associados às torres de arrefecimento industriais colonizadas pela bactéria <i>Legionella</i> , que podem colocar em risco a vida humana. Edifícios que dizem respeito à indústria no geral.	A avaliação de risco foi obtida através da monitorização e da aplicação de questionários específicos que incluíam aspetos como: avaliação de risco, esquema de controlo escrito, implementação do esquema de controlo, manutenção de registos por técnicos de segurança específicos nessa vertente. Sistemas de arrefecimento evaporativo, com foco para as torres de arrefecimento.	Armazenamento e/ou recirculação da água a temperaturas entre 20°C e 45 °C constitui uma fonte de nutrientes, por exemplo, a presença de lodo ou incrustações. As bactérias podem crescer rapidamente, portanto, além de reduzir a geração ou disseminação de aerossóis, é importante controlar o crescimento.	Implementação de planos de manutenção e respetivos registos associados, de modo a evitar o crescimento destas bactérias. Deve-se manter um plano bem estabelecido sobre a água e proceder ao uso correto dos tratamentos de desinfecção válidos.	Relativamente aos resultados da análise de surtos de doenças dos Legionários e Febre de Pontiac sobre os riscos de infecção associados a sistemas de água na Grã-Bretanha, no total foram identificados 44 surtos separados notificados na Grã-Bretanha num período de 10 ano.	As falhas foram principalmente a inadequação das avaliações de risco e dos esquemas de controlo que foram elaborados. Este estudo beneficiou de um programa de intervenção planeado, que abordou os riscos profissionais e de saúde pública associados à <i>Legionella</i> e às causas subjacentes das falhas no controlo.
(Bavari, Mirkalantari, Masjedian Jazi, Darban-Sarokhalil, & Golnari Marani, 2022) Teerão, Irão	Este estudo teve como objetivo a avaliação de risco e medição quantitativa, e ainda compreendeu a monitorização da <i>Legionella</i> . Hospitais educacionais	Foi utilizada uma avaliação de risco quantitativa, sendo que a técnica associada à mesma foi a técnica de PCR quantitativa, mais concretamente a contagem (qPCR) que foi utilizada para confirmar a identidade dos isolados, de modo a garantir que todos eram <i>Legionella</i> . Fontes de abastecimento de água do hospital.	Todas as amostras foram avaliadas em temperatura, pH e cloro residual.	A monitorização das fontes de abastecimento de água e dos equipamentos e sistemas associados à mesma é crucial e deve ser regular.	Os resultados revelaram que a disseminação da doença dos Legionários nos hospitais estava ligada ao sistema de água. De acordo com os resultados deste estudo, a presença da bactéria <i>Legionella</i> , particularmente no abastecimento de	Assim, a monitorização contínua das fontes de abastecimento de água do hospital ajuda na minimização das infeções por <i>Legionella</i> . Dada a importância das infeções hospitalares na comunidade médica, estabelecer um sistema de monitorização da água hospitalar é a maneira mais eficaz de controlar essas

					água hospitalar, pode ser perigosa.	infecções, particularmente as infecções por <i>Legionella</i> .
(C. K. Huang et al., 2023) EUA	O estudo analisou o crescimento microbiano elevado, incluindo da <i>Legionella</i> , num edifício fechado e que por isso tem água estagnada da água. Edifícios universitários (mais concretamente 8, estes apresentavam vários níveis de estagnação)	A amostra de água correspondente foi avaliada através do qPCR. Utilizaram-se métodos dependentes e independentes de cultura para caracterizar os patogénicos e o microbioma. Sistemas de canalização	A estagnação foi o parâmetro/fator de risco que esteve na base deste estudo. Todos os parâmetros físico-químicos foram medidos e registados no local, incluindo oxigênio dissolvido, pH e temperatura. Os níveis de cloro livre (a concentração de cloro e de cloro total.	Além disso, examinou-se a eficácia da descarga como estratégia de manutenção corretiva em edifícios.	Descobriu-se que os edifícios afetados pela estagnação de longo prazo, particularmente os edifícios situados em áreas rurais, têm um alto risco de crescimento microbiano e na proliferação de patogénicos. Os resultados mostraram que as edificações com níveis estendidos de estagnação apresentaram níveis mais elevados e diversos de crescimento microbiano.	Devem ser implementadas medidas e também apostar num planeamento antes da reabertura dos edifícios para minimizar os riscos potenciais à saúde. Além disso, é necessário caracterizar espécies e cepas clinicamente relevantes, possíveis vias de exposição e determinar o grau de infecção, a fim de desenvolver modelos rigorosos de avaliação de risco microbiano.
(Kermani et al., 2022) Israel	O objetivo geral deste estudo foi utilizar os dados de pesquisa da <i>Legionella</i> num sistema de abastecimento de água em hospitais. Em hospitais selecionados na cidade (foram 9)	Foi feita a avaliação QMRA. A carga microbiana transmitida por inalação foi calculada usando a concentração de <i>Legionella</i> na água. A partir de dois equipamentos de exposição, o chuveiro e a torneira.	A densidade dos aerossóis muda dependendo da temperatura da água.	Não aborda nada a este respeito nesta fase.	Assim a partir dos resultados obtidos pelo QMRA, baseado em dados de monitorização mostraram que, apesar da água utilizada ser tratada (de redes de distribuição nas áreas urbanas) pelos hospitais, 38% das amostras estavam	Portanto, para proteger a saúde dos pacientes hospitalizados, o risco de infecção por <i>Legionella</i> deve ser considerado. A QMRA utilizou valores-alvo de perigo para calcular concentrações relevantes pode ser útil para preencher esta lacuna. Portanto, determinar a prevalência de <i>Legionella pneumophila</i> e as suas fontes de

					contaminadas com <i>Legionella</i> , e por isso as torneiras e os chuveiros podem ser fontes de transmissão de <i>Legionella</i> .	contaminantes no ambiente hospitalar é necessário para controlar a infecção e avaliar a eficácia das estratégias aplicadas.
(Sharaby, 2019) Norte Israel	O objetivo foi fazer uma avaliação sobre um determinado edifício, tendo esta em vista a parte quantitativa microbiana associada ao abastecimento de água potável. Edifício em geral abastecido por água potável. Incluiu: edifícios residenciais, hotéis e hospitais.	A QMRA foi calculada para <i>Legionella</i> . Sistema de abastecimento de água potável em cinco pontos (torneiras e chuveiros) foram amostrados sazonalmente ao longo de um período de três anos.	Temperatura da água e ambiente, condições ambientais consoante as estações do ano. Abordou ainda a possibilidade de mudança devido às alterações climáticas. Outro dos parâmetros em questão foi precisamente a duração da exposição e da inalação respetivamente consoante o equipamento em uso.	Aborda a importância da manutenção e desinfecção dos sistemas e equipamentos associados à água, apenas como medida de controlo necessária. De modo a agir como correção após os resultados que foram obtidos.	O QMRA permaneceu estável e não variou significativamente entre os anos. Os níveis de risco anuais excederam os limites aceitáveis em relação à infecção por <i>Legionella</i> . No entanto, as diferenças significativas nos níveis de risco foram observadas entre as estações, com um aumento do risco de infecção durante o verão e diminuição durante os meses mais frios do inverno. O mesmo foi observado nas torres de arrefecimento e nos sistemas de distribuição de água.	A avaliação do impacto na saúde tornou-se uma parte essencial da prática de saúde pública no estabelecimento de políticas e diretrizes nacionais e internacionais para práticas de projeto e desinfecção dos edifícios. As medidas de amostragem e controlo de rotina devem ser aplicadas intensivamente durante o verão, quando o risco de infecção é significativamente maior. O resultado enfatiza a necessidade de tratamento e desinfecção adequados e regulares dos sistemas de água potável, a fim de manter a segurança e a qualidade da água.
(Assaidi et al., 2021) Marrocos	No presente estudo, realizou-se uma monitorização ambiental em hotéis marroquinos, sendo que o objetivo era: determinar a prevalência	Investigação inclui: questionário detalhado, o mesmo foi desenvolvido para recolher o máximo de dados sobre o edifício.	A estagnação da água quente e a temperatura da água entre 20°C e 45°C fornecem um habitat ideal para o	Manter altos padrões de limpeza, substituir periodicamente componentes do sistema que possam favorecer a presença	Das 149 amostras, 77 (51,7%) foram positivas para <i>Legionella pneumophila</i> . A tipagem sorológica	Na verdade, em Marrocos, não existe regulamentação para a vigilância ambiental da <i>Legionella</i> e a maioria dos edifícios é mantido sem o

	<p>de <i>Legionella</i> nos sistemas de água quente dos hotéis, e investigar os fatores de risco associados à contaminação que se suspeita estarem relacionados com a presença e/ou crescimento de <i>Legionella</i>. Hotéis (cerca de 118 hotéis).</p>	<p>Depois deste procedimento foi feita uma amostragem de água nos locais correspondentes, sendo que a deteção de <i>Legionella</i> foi feita pelo método de cultura padrão. Inspeção visual das salas das caldeiras, conceção e higiene das redes de água, a amostragem foi realizada em chuveiros.</p>	<p>crescimento maciço dessa bactéria. Estas bactérias estão presentes nas concentrações mais altas em biofilmes dentro de sistemas de água quente e aberturas de saídas de água;</p>	<p>ou proliferação de bactérias. As características do edifício (tamanho e idade do edifício ou da rede de canalização) são características que podem ter uma correlação com a ocorrência de <i>Legionella pneumophila</i>.</p>	<p>dos 77 isolados de <i>Legionella pneumophila</i> revelou que 54 (70,1%) são <i>Legionella pneumophila</i> serogrupo 2-15 e 23 (29,9%) são <i>Legionella pneumophila</i> serogrupo 1 ou seja esta é precisamente o tipo que causa a D.L.</p>	<p>reconhecimento e gestão do risco de <i>Legionella</i>. Os procedimentos de controlo de rotina devem ser contínuos e implementados para minimizar o risco de colonização da <i>Legionella pneumophila</i>. Estas observações podem servir de base para as recomendações regulatórias para o monitorização e gestão do risco ambiental de <i>Legionella</i> nos edifícios.</p>
<p>(Sanchez, 2022) Espanha</p>	<p>O objetivo desta investigação foi pesquisar a prevalência de <i>Legionella</i> nos hotéis localizados nas Ilhas Canárias, Espanha, durante um período de 5 anos (2015-2019), a fim de obter uma imagem representativa da situação atual. Os resultados vão facilitar no desenho de procedimentos de melhoria apropriados para minimizar o risco associado às acomodações turísticas. Instalações turísticas</p>	<p>A investigação envolveu um inquérito às instalações, a colheita de amostras, a investigação laboratorial, a análise dos dados e os resultados obtidos. Sistemas de distribuição de água quente e fria e piscinas com hidromassagem.</p>	<p>Neste estudo, os níveis de cloro livre foram determinados, pois as instalações investigadas utilizaram derivados de cloro em todos os casos. Foi também determinada a temperatura. E também a relação existente entre os 2 parâmetros.</p>	<p>O tratamento da água com desinfetantes constitui a principal estratégia para o controlo da <i>Legionella</i> nos sistemas de distribuição de água. Num total de 2.318 amostras foram recolhidas e investigadas quanto à contaminação por <i>Legionella</i>, detetando o patógeno em 140 (6,0%) amostras</p>	<p>O estudo conclui que as taxas de contaminação por <i>Legionella</i> em amostras de instalações das Ilhas Canárias são inferiores à maioria das observadas em outros estudos europeus.</p>	<p>No entanto, ainda são necessárias medidas corretivas para melhorar o controlo da <i>Legionella</i>.</p>

De seguida, descreverei sucintamente, os estudos selecionados, destacando as metodologias de avaliação de risco aplicadas a cada tipologia de edifício e os principais resultados obtidos.

O artigo desta dupla de **Peter e Routledge (2018)** investiga a presença da *Legionella*, em tanques de armazenamento de água fria, salientando que a mesma pode causar diversas infecções, incluindo a doença do Legionário. O estudo enfatiza a importância da monitorização microbiológica regular da água para controlo. A pesquisa analisou amostras de água de 15 tanques selecionados em Londres, entre novembro de 2015 e julho de 2016, com foco em diferentes locais de recolha e respeitando as normas regulatórias.

Os resultados mostraram que, apesar de 100% de conformidade na amostra retirada da válvula de esfera, 40% dos tanques excederam o limite de temperatura na extremidade oposta durante os meses de verão, o que levou a uma subavaliação do estado microbiológico da água. Como resultado, 20% dos tanques não geraram ações regulatórias adequadas. O estudo conclui que o método atual de recolha de amostras pode não refletir com precisão a qualidade da água, sugerindo que os tanques sejam redesenhados para permitir o acesso à extremidade oposta e que as amostras para verificação de conformidade sejam recolhidas no ponto de captação de água para uso. As possíveis limitações é a avaliação dos fatores de risco reais dentro do tanque de água durante a inspeção visual de rotina e a recolha de uma 'amostra representativa' usada para análise microbiológica de acordo com a inspeção água potável (Peter & Routledge, 2018).

O artigo de **Niculita-Hirzel, Morales e Parmar (2023)** analisa os riscos à saúde associados ao uso de chuveiros de atomização de água, que têm o potencial de reduzir o consumo de água e energia em resposta às políticas das mudanças climáticas. O estudo investiga a propagação da *Legionella pneumophila* a partir de biofilmes em mangueiras de chuveiro de diferentes idades, em condições controladas e não controladas, durante banhos de 10 minutos com chuveiros ECO (atomização) e chuveiros de fluxo contínuo (STA). Os resultados mostram que, embora os chuveiros ECO emitam ligeiramente mais nanopartículas menores que 0,45µm e menos partículas maiores que 0,5 µm do que os chuveiros STA, eles deixam menos bactérias cultiváveis, independentemente da idade do biofilme. A *Legionella pneumophila* foi detectada em biofilmes, mas os chuveiros ECO apresentaram menores concentrações da bactéria na primeira descarga em comparação

com os chuveiros STA. Nenhuma *Legionella* cultivável foi encontrada nos aerossóis emitidos durante o banho.

As conclusões sugerem que as tecnologias de chuveiros de atomização podem influenciar a exposição humana a aerossóis de maneira diferente dos sistemas tradicionais, destacando a necessidade de avaliação de riscos à saúde em novas tecnologias. O estudo também reconhece limitações, como o uso de apenas um modelo de chuveiro para cada tecnologia, sugerindo que mais pesquisas com diferentes modelos são necessárias para validar e generalizar os resultados (Niculita-Hirzel et al., 2023).

O artigo de Scanlon et al. (2022) aborda os riscos de exposição a patógenos transmitidos pela água, como a *Legionella*, durante atividades de construção em ambientes de saúde, que têm sido associadas a altos índices de morbidade e mortalidade. Para mitigar esses riscos, os autores desenvolveram uma ferramenta de gestão da água para avaliação de risco do controle de infecção na construção (WMC-ICRA). Esta ferramenta visa preencher lacunas nos programas de gestão de água em edifícios e garantir conformidade com a norma ANSI/ASHRAE 188.

O WMC-ICRA permite que as organizações de saúde avaliem o risco de exposição a patógenos relacionados com a água, levando em consideração a categoria do projeto e o grupo de risco dos ocupantes. A ferramenta fornece orientações sobre medidas de mitigação, incluindo aspectos técnicos como a idade e estagnação da água, além da desinfecção e validação de testes. Um exemplo prático do WMC-ICRA é apresentado como pronto para implementação por profissionais de prevenção de infecções, o que auxilia na abordagem das lacunas na gestão da água e a melhorar a conformidade regulatória.

O estudo também destaca algumas limitações, como a necessidade que cada organização tem em adaptar a ferramenta às suas particularidades e aos regulamentos locais, a falta de formação específica na gestão da água na fase da construção. Os autores do artigo, alertam que a implementação da ferramenta deve ser feita com cautela e responsabilidade, focando a necessidade de melhorias contínuas na segurança da água no setor da saúde (Scanlon et al., 2022).

O artigo de Totaro et al. (2017) investiga a presença de *Legionella* spp. em 220 edifícios em Pisa, Itália, ao longo de uma pesquisa de três anos. O estudo analisou edifícios com diferentes sistemas de produção de água quente: 121 com produção independente de água quente (IB), 64 com produção central de água quente (CB) e 35 com sistema solar térmico

(TB). As amostras de água quente foram recolhidas em pontos estratégicos, enquanto a qualidade da água potável foi avaliada em três amostras de água fria. Os resultados revelaram que *Legionella pneumophila* e outras espécies de *Legionella* foram detetadas em 26% das redes de água quente, principalmente em CB e TB, com correlações observadas entre a presença da bactéria e a diminuição da concentração de cloro ou aumento da temperatura. A água fria não apresentou riscos microbiológicos significativos, exceto por algumas espécies em autoclaves. Além disso, observou-se um aumento nas contagens microbianas nas torneiras mais remotas.

O estudo realça a necessidade de medidas de avaliação e controlo de risco, destacando um risco potencial em especial nas instalações de água solar térmica, o que nunca tinha sido relatado anteriormente noutros estudos. Esta pesquisa é pioneira na avaliação da presença de *Legionella* em três tipos diferentes de edifícios residenciais e demonstra a importância do controlo e da manutenção dos sistemas de água em apartamentos residenciais de modo a garantir a sua segurança (Totaro et al., 2017).

O artigo de **Hamilton et al. (2019)** aborda a *Legionella* spp., um dos principais agentes de doenças transmitidas pela água nos Estados Unidos, destacando que, embora a exposição seja comum, a doença em humanos é relativamente rara, ocorrendo principalmente em condições de altas concentrações de patógenos ou imunidade do hospedeiro comprometida. Para abordar lacunas nas orientações de qualidade da água, os autores realizaram uma QMRA para calcular concentrações críticas de *Legionella* em diferentes equipamentos, considerando exposições múltiplas. Os chuveiros foram identificados como o principal risco de exposição interna, em comparação com os lavatórios e as sanitas. As concentrações críticas variaram conforme o modelo de resposta à dose (infecção versus infecção de gravidade clínica) e o tipo de equipamento (convencional versus eficiente em água). Os resultados indicaram que as concentrações críticas medianas para exposições em chuveiros, torneiras e sanitas variaram de aproximadamente 10^2 a 10^3 UFC por L, dependendo do modelo utilizado. Para sistemas de água não hospitalares, a concentração crítica estimada foi de 12,3 UFC por L, usando um alvo de 10^{-6} DALY por pessoa por ano (uma estimativa conservadora).

Os dados sugerem que a escolha do alvo de risco e as considerações de amostragem são cruciais pois determinam as concentrações críticas adequadas para orientações de saúde pública. Contudo, a análise apresenta limitações, como a falta de especificações sobre

locais de amostragem e a necessidade de simulações tridimensionais para personalizar os resultados de risco com base nas amostras recolhidas. Os autores recomendam um acompanhamento dessa análise para melhorar a aplicabilidade das orientações (Hamilton et al., 2019).

O artigo de Bédard et al. (2015) investiga a *Legionella pneumophila*, frequentemente encontrada em sistemas de distribuição de água quente em estabelecimentos de saúde, onde o controlo térmico é uma medida comum para prevenir infecções. O estudo propõe uma avaliação de risco que considera o perfil e a distribuição da temperatura da água, visando orientar estratégias eficazes de monitorização e identificar áreas de alto risco. Foram monitorizadas a temperatura e a perda de calor nos pontos de controlo, como aquecedores de água e pontos de uso, em cinco sistemas de distribuição de água quente. Os resultados indicaram que sistemas que mantiveram a temperatura da água acima de 60 °C na saída dos aquecedores e acima de 55 °C em toda a rede não apresentaram *Legionella* detetável por cultivo ou qPCR. Em contraste, sistemas que não atenderam a esses critérios mostraram áreas de risco, comprovadas por deteções mais frequentes de *Legionella pneumophila*.

Os dados obtidos sugerem que a manutenção de temperaturas elevadas é eficaz na supressão do cultivo de *Legionella pneumophila*, mas o risco ainda persiste, conforme evidenciado pela detecção de *Legionella pneumophila* por qPCR. As limitações do estudo incluem a necessidade de considerar as limitações dos métodos de cultura tradicionais, que podem não refletir completamente a presença de *Legionella pneumophila*, especialmente em condições ambientais stressantes. A qPCR, embora útil para monitorizar as mudanças no sistema, não distingue entre células viáveis e mortas, tornando a interpretação dos resultados um desafio.

Este estudo sublinha a importância do controlo de temperatura e a necessidade de estratégias de monitorização eficazes para mitigar o risco de *Legionella* em sistemas de água quente nos ambientes de saúde (Bédard et al., 2015).

O estudo de Kmiecik et al. (2021) avalia o risco representado pela bactéria *Legionellatum* edifício público em Cracóvia, este é um prédio antigo que possui sistemas de instalação de diferentes idades e pontos de extração variados. A pesquisa incluiu a recolha de amostras em duas operações distintas.

Na primeira operação, nenhuma bactéria foi detectada. Contudo, na segunda, apenas uma amostra não apresentou *Legionella*, enquanto outra apresentou 4 unidades formadoras de colônias, tal como as restantes torneiras que apresentavam contagens superiores ao limite permitido de 100 UFC/100 mL, conforme a regulamentação para edifícios de utilidade pública. Foram identificados serogrupos variados da *Legionella pneumophila*: os serogrupos 2 a 14 foram encontrados em 14 amostras, enquanto o serogrupo 1 apareceu apenas numa amostra.

A avaliação de risco foi realizada utilizando uma abordagem de matriz de risco semiquantitativa e uma QMRA. A matriz de risco mostrou-se eficaz na identificação do risco associado à presença de *Legionella* no sistema de água. Os resultados indicaram um alto risco acumulativo anual, apesar da dose semanal de exposição por inalação ser alta, o que sugere que o número de casos de contrair a doença pode ser zero devido à incerteza na determinação do QMRA. O tamanho do ambiente em que a água contaminada é utilizada também influencia a possibilidade de infecção. Este estudo reforça a necessidade de monitorização contínua e avaliação de risco em sistemas de água para prevenir infecções por *Legionella* em ambientes públicos.

As limitações do estudo incluem a variação no número de bactérias detetadas nas mesmas torneiras entre as duas operações, destacando que o coeficiente de partição ar-água é uma importante fonte de incerteza no processo de QMRA para *Legionella* (Kmiecik et al., 2021). O estudo produzido por Assaidi et al. (2021) teve como objetivo monitorizar a presença de *Legionella* em sistemas de água quente de hotéis em Marrocos, abrangendo o período de janeiro de 2016 a abril de 2018. Num total de 149 amostras de água foram recolhidas de 118 hotéis diferentes. Os fatores de risco potenciais foram registados antecipadamente, e os dados foram analisados em relação às características dos sistemas prediais e hidráulicos. As informações sobre as condições dos edifícios e os fatores de risco foram recolhidas através de questionários. Os resultados obtidos das 149 amostras analisadas, 77 (51,7%) testaram positivo para *Legionella pneumophila*. A tipagem sorológica dos isolados revelou que 54 (70,1%) pertenciam ao serogrupo 2-15 e 23 (29,9%) ao serogrupo 1. Foi observado que 56,8% de todos os edifícios estavam colonizados por *Legionella pneumophila*, pois 44% das amostras apresentavam contagens superiores a 1.000 UFC/L. A contaminação mostrou uma forte correlação com a temperatura, a idade das tubulações e o tamanho dos edifícios.

Os resultados indicam uma exposição significativa à *Legionella pneumophila* na comunidade, e os fatores de risco identificados podem ser utilizados como indicadores para a avaliação de risco e para posteriores ações corretivas. O estudo destaca que qualquer sistema de água pode albergar a bactéria, enfatizando a necessidade de procedimentos de controlo diários e contínuos para minimizar o risco de colonização e de consequentes infecções. As observações podem servir como base para recomendações regulatórias sobre a monitorização e a gestão do risco ambiental de *Legionella* em edifícios.

Este estudo é um dos primeiros a fornecer uma visão abrangente sobre a ocorrência e colonização de *Legionella* em sistemas de canalização, bem como os fatores de risco associados. No entanto, a dose infecciosa de *Legionella* permanece incerta, e a maioria dos surtos tem sido associada a níveis de contaminação superiores a 1.000 UFC/L. O risco de infecção é influenciado por múltiplos fatores, incluindo características do sistema hídrico, a população em risco e a intensidade da exposição. Sublinha também a importância da monitorização contínua e das estratégias de controlo nos sistemas de água quente para proteger a saúde pública contra a *Legionella* (Assaidi et al., 2021).

O contexto do estudo elaborado pelo Zayed et al. (2020) diz respeito ao facto de a Cisjordânia ser considerada uma área de alto risco para a Doença dos Legionários devido a fatores como clima quente, abastecimento intermitente de água e armazenamento de água potável nos telhados. A *Legionella*, principalmente a *Legionella pneumophila*, é o agente causador da doença dos Legionários, uma forma grave de pneumonia adquirida na comunidade e em ambientes hospitalares. Até este estudo, não havia avaliações extensivas da presença de *Legionella* spp. e *Legionella pneumophila* na Cisjordânia.

O objetivo do estudo foi realizar uma vigilância ambiental da *Legionella* em água e biofilmes nos sistemas de distribuição de água potável (DWDS) de hospitais na Cisjordânia.

O método utilizado para avaliar esta foi a vigilância, a mesma foi conduzida ao longo de dois anos em oito hospitais, resultando na isolamento de 180 cepas de *Legionella pneumophila*, principalmente de biofilmes presentes nos DWDS. A tipagem sorológica revelou que 60% dos isolados pertenciam ao serogrupo 1 e 30% ao serogrupo 6, com uma menor proporção nos sorogrupos 8 e 10. Foi aplicada a genotipagem de alta resolução por meio de análise de variação do número de repetições em múltiplos locais (MLVA) e comparada com a tipagem baseada em sequência (SBT). Nos resultados, os isolados foram classificados em 27 genótipos utilizando MLVA-8(12), representando quatro complexos clonais. A maior parte

dos isolados foi identificada como pertencente aos Tipos de Sequência ST1 e ST461. Os resultados mostraram uma alta diversidade e singularidade entre os genótipos MLVA, com variabilidade regional significativa. O método MLVA demonstrou ser reprodutível e consistente com a tipagem SBT, com a vantagem de ter uma resolução mais alta, especialmente na subdivisão de grandes conjuntos como ST1 e ST461, que são relevantes para casos de pneumonia. As descobertas do estudo fornecem informações valiosas sobre a estrutura populacional da *Legionella pneumophila*, possibilitando uma melhor avaliação de risco para os sistemas de distribuição de água potável. A genotipagem de alta resolução, como a MLVA, é útil para rastrear locais de risco e prevenir surtos. A limitação apontada pelo estudo é que por ser uma avaliação inicial da ocorrência e colonização de *Legionella* nos sistemas de canalização, destaca a necessidade de implementar procedimentos de controle contínuos para minimizar o risco de infecção. As observações podem servir de base para futuras recomendações regulatórias sobre a monitorização e a gestão do risco ambiental da *Legionella* em edifícios. Este sublinha a importância da vigilância e controle em sistemas de água potável para prevenir a doença do Legionário na Cisjordânia (Zayed et al., 2020).

O estudo de Xu et al. (2020) atua sobre o enquadramento dos bioaerossóis nas ETAR's, pois estes podem representar riscos significativos à saúde humana, uma vez que incluem patógenos, como *Legionella pneumophila*. Este estudo foi realizado numa ETAR localizada na China, para investigar as características dos bioaerossóis libertados durante o tratamento de águas residuais e lodo. O objetivo principal foi entender as concentrações e distribuições dos tamanhos dos bioaerossóis, além de avaliar os riscos à saúde associados à inalação desses bioaerossóis, especialmente relacionados à *Legionella pneumophila*. Utilizando o método de recolha dos amostradores de impacto Andersen e a contagem de colónias, foram detetadas as concentrações de bioaerossóis. O método do quociente de risco foi aplicado para avaliar os riscos à saúde, considerando as taxas de dose média diária de exposição. A QMRA foi utilizada para calcular o risco à saúde em relação à *Legionella pneumophila*.

Em termos de resultados a concentração máxima de bactérias transportadas pelo ar foi de 3.767 ± 280 UFC/m³, enquanto a de fungos foi de 8.775 ± 406 UFC/m³, ambas excederam o limite aceitável de 500 UFC/m³, conforme as diretrizes da Conferência Americana dos Higienistas Industriais governamentais. As partículas bacterianas estavam distribuídas

principalmente nos tamanhos acima de 3,3 µm, enquanto os fungos apresentavam uma distribuição entre 2,1 e 7,0 µm. O índice de risco de exposição ao bioaerossol para homens e mulheres adultos por inalação foi superior a 1, indicando um risco significativo. Com base na abordagem QMRA, a proporção de *Legionella pneumophila* deve ser rigorosamente controlada abaixo de 10⁻⁸.

Concluindo os resultados sugerem que a inalação de bioaerossóis numa ETAR pode representar um risco de saúde significativo, especialmente em relação à exposição a *Legionella pneumophila*. O controlo rigoroso da concentração dessa bactéria é essencial para a segurança dos trabalhadores nestes locais.

No entanto o estudo recomenda mais pesquisas sobre a detecção quantitativa de *Legionella pneumophila* e a recolha de parâmetros de exposição, como temperatura e número de eventos, para uma avaliação de risco mais completa para a equipa da ETAR. Este estudo realça a necessidade de monitorização contínua e controlo dos bioaerossóis em ambientes de tratamento de água para proteger a saúde dos trabalhadores (Xu et al., 2020).

Montagna et al. (2018) abordaram a avaliação de risco, a monitorização ambiental e a desinfecção dos sistemas de água como elementos-chave na prevenção da Legionelose. A pesquisa foi realizada pelo grupo de estudos italiano de higiene hospitalar da sociedade italiana de higiene, medicina preventiva e saúde pública, em parceria com a sociedade multidisciplinar italiana para a prevenção de infeções associadas à assistência à saúde, com o objetivo de investigar as medidas adotadas para prevenir e controlar a Legionelose em hospitais italianos. Utilizaram um questionário de escolha múltipla, composto por 71 questões, desenvolvido para recolher informações sobre localização hospitalar, características gerais, vigilância clínica e ambiental, bem como medidas de controlo e prevenção da legionelose em 2015. No total, 739 hospitais foram inscritos e 178 questionários anónimos foram preenchidos e avaliados atentamente, resultando numa taxa de resposta de 24,1%. A pesquisa foi realizada utilizando a plataforma SurveyMonkey®, e os dados foram analisados com o software Stata 12.

Os resultados mostraram que 63,2% dos hospitais participantes relataram pelo menos um caso de Legionelose, sendo que 28,2% desses casos eram de origem hospitalar comprovada. A maior incidência de casos foi observada no norte da Itália, especialmente em hospitais com estrutura de pavilhão ou com torres de arrefecimento e em instituições com um número elevado de camas, enfermarias e salas de cirurgia. O diagnóstico

laboratorial foi realizado predominantemente através do teste de antígeno urinário isolado (31,9%), algumas instituições utilizaram também testes de antígeno urinário combinados com anticorpos (17,8%) ou soroconversão (21,5%). As investigações baseadas nas culturas ou métodos moleculares foram realizadas em 28,8% e 22,1% das espécies clínicas, respectivamente. Relativamente aos sistemas de água, 97,4% dos hospitais testaram de forma rotineira a presença de *Legionella*, e 62% destes relataram resultados positivos, com concentrações superiores a 1000 UFC/L. A espécie mais frequentemente isolada foi *Legionella pneumophila* serogrupo 2–15, com uma frequência de 58,4%. As medidas de controlo mais comuns incluíram a desinfecção do sistema de água (73,7%), com 37,4% dos hospitais a utilizar o choque térmico e 34,4% utilizaram o dióxido de cloro. Além disso, 69,7% dos hospitais mencionaram a substituição e 70,4% mencionaram a limpeza das torneiras e chuveiros. Uma equipa multidisciplinar dedicada esteve presente em 52,8% dos hospitais, e 73% dos hospitais realizaram uma avaliação de risco. A pesquisa também indicou que 36,5% dos hospitais organizaram formação direcionada para enfermeiros (30,7%), médicos (28,8%), biólogos (21,5%), técnicos (26,4%) e trabalhadores da limpeza (11%).

Os autores concluíram que, embora existam medidas de controlo e prevenção da Legionelose em hospitais italianos, ainda há aspetos críticos que necessitam de melhorias. Uma avaliação de risco mais adequada é especialmente necessária em grandes instituições com alto número de hospitalizações. Além disso, testes de diagnóstico mais sensíveis e ações de formação dedicados a esta vertente devem ser implementados para melhorar a gestão do risco.

A pesquisa apresentou limitações, pois baseou-se na participação voluntária dos hospitais, o que pode não refletir de forma adequada a situação em toda a Itália. Assim, os autores recomendam a realização de um estudo adicional através de uma maior participação, incluindo diferentes especialistas, principalmente aqueles que são novos na temática ou que colaboram com equipas multidisciplinares e necessitam de conhecimentos mais direcionados (Montagna et al., 2018).

Wilson et al. (2022) investigaram o uso de modelos de exposição como ferramentas para relacionar dados de monitorização ambiental relativamente aos resultados de saúde esperados, com o objetivo de comparar os dois modelos de exposição de chuveiros e a *Legionella*, desenvolvendo uma ferramenta de cálculo do risco para estimar os riscos de

infecção por *Legionella* e de doença dos Legionários. O estudo analisou os riscos de infecção num único evento de chuveiro usando os dois modelos que diferiam na descrição da partição de *Legionella* em aerossóis e na deposição de aerossóis nos pulmões. O modelo 1 apresentava faixas de aerossóis tanto maiores quanto menores em comparação ao modelo 2, que fazia a distinção entre chuveiros convencionais e eficientes em água, enquanto o modelo 1 não especificava o tipo de chuveiro. Foi utilizada a abordagem de Monte Carlo, assim os investigadores consideraram a variabilidade e incerteza em parâmetros de aerossolização e deposição, concentrações de *Legionella* e parâmetros de dose-resposta. Foram utilizadas metodologias para associar os riscos de infecção aos de doença, considerando as diferenças demográficas, para desenvolver uma aplicação web de cálculo de risco. Esta versão usa uma linguagem mais direta e simplificada, mantendo o significado original. Os resultados mostraram que o modelo 2 estimou consistentemente os riscos de infecção mais elevados do que o modelo 1 para a mesma concentração de *Legionella* na água, além de apresentar menor variabilidade nas doses depositadas. Para um banho de 7,8 minutos com uma concentração de *Legionella* de 0,1 UFC/mL, os riscos médios de infecção estimados pelo modelo 2 foram de $4,8 \times 10^{-6}$ (DP= $3,0 \times 10^{-6}$) para chuveiros convencionais e $2,3 \times 10^{-6}$ (DP= $1,7 \times 10^{-6}$) para chuveiros de eficiência hídrica. O risco médio estimado pelo modelo 1 foi de $1,1 \times 10^{-6}$ (DP= $9,7 \times 10^{-7}$). O modelo 2 foi escolhido para posterior desenvolvimento da aplicação devido às suas estimativas de risco mais conservadoras e de menor variabilidade nas doses estimadas.

Embora existam diversos modelos de chuveiro de *Legionella* para QMRA, estes podem gerar valores de risco de infecção notavelmente diferentes para a mesma concentração microbiana ambiental. A comparação entre modelos é essencial para a tomada de decisões acerca da sua integração como ferramenta de avaliação de risco. O desenvolvimento de ferramentas de cálculo de risco que relacionem dados de microbiologia ambiental a riscos de infecção poderá aumentar o impacto dos modelos de exposição, ajudando na informação de decisões acerca do tratamento da água e para alcançar metas de risco.

No entanto, os autores deste estudo destacaram limitações, incluindo a falta de dados de casos de *Legionella*, especialmente para grupos raciais específicos, como indivíduos nativos americanos, o que pode tornar as estimativas de doenças potencialmente não confiáveis. Além disso, o uso de dados de saúde ao nível populacional é limitado, pois não abrange necessariamente o risco de doença para indivíduos imunocomprometidos.

Portanto, a utilização dessa ferramenta em ambientes com pessoas imunocomprometidos, como em instalações de saúde, pode subestimar os riscos, sendo necessária uma abordagem mais cuidadosa. Esta ferramenta pode ser mais útil em grandes instalações que atendem populações menos suscetíveis, como edifícios comerciais (hotéis ou centros comerciais, por exemplo) ou institucionais (dormitórios universitários com chuveiros individuais). Além disso, a sua utilidade poderia aumentar com a disponibilidade de dados que dão a informação sobre os riscos da doença do Legionário e da febre de Pontiac (Wilson et al., 2022).

Crook et al. (2020) destacaram que a bactéria *Legionella* pode colonizar e proliferar em sistemas de água nos ambientes construídos, sendo transmitida pela geração de aerossóis. Quando inalado por indivíduos suscetíveis, isso pode resultar em infeções respiratórias, como a doença Legionários e a febre de Pontiac, a última geralmente mais leve. Os sistemas de arrefecimento evaporativo, como torres de arrefecimento, são particularmente propensos à contaminação por *Legionella*. A partir desses sistemas, aerossóis contaminados podem dispersar-se amplamente, expondo de forma potencial os trabalhadores, os locais de trabalho vizinhos e o público. Uma análise dos dados de surtos de doença dos Legionários na Grã-Bretanha, recolhidos ao longo de dez anos, identificou 44 surtos distintos, dos quais sete foram atribuídos a ECS, resultando em 229 infeções e 10 mortes. Esse panorama levou à revisão dos registos de inspeção de saúde e segurança, revelando 321 ações de fiscalização contra falhas no controlo da *Legionella* ao longo de cinco anos, sendo que 31% dessas ações estavam ligadas às torres de arrefecimento. Em resposta, um programa de intervenção foi implementado por inspetores de segurança e saúde, o que levou à inspeção de 1.906 locais com ECS. Durante essas inspeções, os locais foram avaliados em quatro tópicos, que demonstram a conformidade com os requisitos legais para o controlo de *Legionella*: avaliação de risco; esquema de controlo escrito; implantação de esquema de controlo e manutenção dos registos.

Embora a conformidade tenha sido observada na maioria dos locais, existiu um total de 625 infrações identificadas nas visitas, representando 33% do total inspecionado. Isto resultou em 409 avisos de melhoria, obrigando os responsáveis a corrigir as infrações num prazo determinado, e 12 avisos de proibição, que forçaram 229 locais a interromper suas operações até que as correções necessárias fossem realizadas. A análise dos dados do programa de intervenção permitiu identificar as causas subjacentes dessas infrações,

sendo que a maioria dos avisos de melhoria (53%) foi emitida pela falta de implementação efetiva de um esquema de controlo escrito. Ambos, avaliação de risco e esquema de controlo escrito, representaram 23% das infrações.

Um exame mais detalhado revelou que os principais problemas incluíam a falta de formação, a falta de manutenção da limpeza das torres de arrefecimento e da água, avaliações de risco desatualizadas que não refletiam os riscos reais, e esquemas de controlo escrito que estavam ausentes ou eram insuficientemente detalhados. Esses dados mostraram ser um recurso valioso para os responsáveis, permitindo que fossem identificadas áreas críticas para melhorias significativas que estivessem de acordo com a conformidade legal, reduzindo assim o risco de doença Legionários para os funcionários e para os membros do público afetados.

Entretanto, o estudo apresenta algumas limitações. Uma delas é a dependência dos dados fornecidos por um grande número de inspetores de saúde e segurança, que foram documentados nos seus relatórios de inspeção. Embora tenha havido variações na abordagem entre os inspetores, a aplicação do modelo de gestão de execução provavelmente ajudou a minimizar essas discrepâncias. Outra limitação potencial foi a dificuldade em identificar as razões das falhas nos relatórios de inspeção, mas na maioria dos casos, as causas subjacentes puderam ser claramente atribuídas aos tópicos identificados (Crook et al., 2020).

Bavari et al. (2022) abordaram a *Legionella* spp. como um agente causador da doença do Legionário e um agente patogénico oportunista que representa um problema significativo de saúde pública. O estudo destacou a importância do isolamento e da quantificação dessa bactéria em fontes de água dos hospitais, essenciais para a avaliação de riscos e para a prevenção de doenças. O objetivo da pesquisa foi realizar a avaliação de risco e a medição quantitativa, e também proceder à monitorização da *Legionella* nas fontes de água dos hospitais educacionais no Teerã, Irão.

Foi realizado um estudo transversal ao longo de um ano, utilizando o método de cultura convencional para isolar *Legionella* de amostras de água. A PCR foi aplicada para confirmar a identidade dos isolados, assegurando que todos eram de facto *Legionella*. A qPCR (PCR quantitativa) foi utilizada para determinar a contagem de bactérias, enquanto a cultura de células HeLa foi aplicada para avaliar a invasão pelos isolados. Num total, 100 amostras de água foram recolhidas e colocadas em ágar. Os resultados mostraram que 12 (12%) e 42

(42%) dos casos foram positivos para cultura e PCR, respetivamente. A percentagem de presença de *Legionella* nas amostras positivas para PCR, conforme determinado pelo método qPCR, foi de 40,47% ($<10^3$ GU/L, 17 casos), 4,76% (de 10^3 a $<10^4$ GU/L, dois casos) e 54,76% ($\geq 10^4$ GU/L, 23 casos). A análise de invasão indicou que cinco isolados conseguiram invadir as células HeLa mais de duas vezes, enquanto quatro isolados apresentaram níveis de invasão semelhantes. Os demais isolados tiveram uma invasão menor em comparação à cepa de referência. Os resultados sugerem que a disseminação da doença dos Legionários nos hospitais estava relacionada ao sistema de água, destacando a necessidade de estabelecer um sistema de monitorização de água hospitalar como a estratégia mais eficaz para controlar infecções, especialmente as causadas por *Legionella*. No entanto, o estudo apresentou algumas limitações. A *Legionella* é um organismo exigente que requer um meio de cultura de alta qualidade para propiciar o seu crescimento. A preparação manual desse meio e sua otimização foi um ponto desafiador. Além disso, o crescimento lento da *Legionella* exige a eliminação da competição por flora microbiana por meio de métodos agressivos, como tratamento térmico e ácido, o que pode prejudicar a capacidade de cultivo da bactéria, resultando em perdas significativas. Assim o trabalhar com esta bactéria foi complicado devido à sua alta tolerância a biocidas, calor e ácidos, além da sua capacidade de persistir em condições adversas (Bavari et al., 2022).

C. K. Huang et al. (2023) abordaram a preocupação de saúde pública relacionada com o crescimento e subsequente exposição de patógenos oportunistas durante a reabertura de edifícios fechados devido às restrições para limitar a propagação do COVID-19. Para avaliar melhor os riscos microbiológicos associados à redução da ocupação e do consumo de água nos edifícios, foram recolhidas 48 amostras de água, antes e após a descarga, de 24 pontos de saída de água potável em oito prédios universitários localizados em dois campus (urbano e rural), com diferentes níveis de ocupação. Ambos eram abastecidos através de um único sistema de distribuição de água potável com cloro, situado a 14 km de distância, sendo que o campus rural apresentava níveis de resíduos de cloro mais baixos. Foram utilizados métodos dependentes e independentes de cultura para caracterizar de forma abrangente os patógenos de interesse (como *Legionella* spp., *Pseudomonas aeruginosa* e micobactérias não tuberculosas – NTM) e o microbioma da principal canalização de interesse.

Os resultados mostraram que as edificações com maior estagnação de água apresentaram níveis mais elevados e diversos de crescimento microbiano, refletidos na estrutura taxonômica e na composição das comunidades microbianas. As NTM foram encontradas em todos os pontos de venda amostrados, independentemente do campus ou da ocupação. A qPCR e a cultura revelaram concentrações predominantes de NTM em edifícios com estagnação prolongada, com uma média de 3,25 log₁₀ (cópias genômicas estimadas/mL) no campus urbano. A lavagem das saídas por 30 minutos restaurou os níveis de cloro residual e total, reduzindo os níveis de *Legionella* numa diminuição de 1 log. Contudo, essa abordagem não foi eficaz no campus rural, onde os níveis de *Legionella* e NTM detetados por qPCR permaneceram inalterados, independentemente da ocupação do edifício.

As descobertas destacam a importância da monitorização regular de parâmetros operacionais, como os níveis de cloro residual, e a implementação de planos de gestão de risco hídrico em edifícios públicos não sanitário, pois os níveis de patogénicos nesses ambientes geralmente não são avaliados. Um ponto forte do estudo foi que poucos estudos avaliaram o impacto da ocupação e do uso da água em correlação com patógenos e o microbioma dos sistemas de canalização em instalações públicas não relacionadas com a saúde. O objetivo da pesquisa foi determinar se a estagnação prolongada durante as interrupções aumentava o risco de acumulação de níveis elevados de patógenos e de concentrações microbianas nesses sistemas.

Entretanto, o estudo enfrentou várias limitações. A amostragem de água ocorreu num único momento, o que trouxe desafios, como as diferenças nos tamanhos e nas redes dos edifícios, que afetaram os regimes de descarga. Além disso, não houve monitorização contínua dos pontos de venda para avaliar as flutuações das comunidades microbianas ao longo do tempo, nem dados recolhidos antes dos bloqueios para os parâmetros físico-químicos. A pesquisa também foi limitada pelo número reduzido de pontos de venda e edifícios, todos provenientes de uma única rede de água potável. Assim seriam necessários mais estudos para expandir estes limites e traçar correlações entre as comunidades microbianas, parâmetros químicos e físicos que ocorrem nos diversos sistemas de canalização. Por outro lado, apesar de os métodos de qPCR independentes de cultura serem mais sensíveis que os métodos tradicionais, uma limitação significativa foi a incapacidade de discriminar entre o DNA proveniente de células não viáveis e o DNA extracelular que pode persistir no ambiente (C. Huang et al., 2020).

Sharaby et al. (2019) investigaram a *Legionella pneumophila*, responsável por infecções graves, como pneumonia, resultantes da inalação de aerossóis de água contaminada. O estudo monitorizou a prevalência de *Legionella* spp. num sistema de distribuição de água potável no norte de Israel, recolhido de forma sazonal através de amostragens em cinco pontos (torneiras de casas de banho e chuveiros) ao longo de três anos. Esses pontos são conhecidos por gerarem aerossóis e, portanto, representam um risco à saúde pública.

Foi aplicada a QMRA para avaliar os riscos associados à *Legionella* em dois cenários de exposição, tendo em conta a sazonalidade da bactéria. Os resultados foram comparados com os níveis de risco toleráveis de infecção e doença estabelecidos pela OMS, expressos em termos de anos de vida ajustados por incapacidade (DALY), com limites de 1×10^{-4} e 1×10^{-6} , respectivamente.

Os dados da QMRA revelaram que os níveis anuais de risco para o uso de torneiras e chuveiros superavam o risco aceitável de infecção, com médias de $5,52 \times 10^{-4}$ e $2,37 \times 10^{-3}$ DALY por pessoa por ano, respectivamente. Esses níveis de risco foram relativamente estáveis ao longo dos três anos, mas apresentaram variações significativas entre as estações do ano, alcançando diferenças de até três ordens de grandeza. Os riscos foram mais elevados no verão e no outono, enquanto os níveis mais baixos foram observados no inverno. No verão, os maiores riscos de infecção foram de $8,09 \times 10^{-4}$ e $2,75 \times 10^{-3}$ DALY por pessoa por ano para torneiras e chuveiros, respectivamente.

Os autores deste estudo concluíram que, durante o verão e o outono, há um aumento significativo do risco de infecção associado à exposição a aerossóis contaminados com *Legionella* no sistema de água estudado. Assim, a avaliação da saúde pública e as medidas de prevenção devem focar especialmente nesses períodos.

No entanto, o estudo apresenta uma limitação importante: a necessidade de desenvolver e implementar modelos QMRA específicos para cepas de *Legionella*, uma vez que os níveis de virulência podem variar significativamente entre as diferentes cepas da bactéria (Sharaby et al., 2019).

Kermani et al. (2022) conduziram um estudo sobre a *Legionella* em ambientes hospitalares, ressaltando a importância da monitorização e avaliação da presença dessa bactéria em sistemas de distribuição de água, especialmente devido à vulnerabilidade dos pacientes internados. A pesquisa foi realizada em hospitais de Teerã, onde foram recolhidas

100 amostras de torneiras de chuveiros e sanitas, resultando em 38 casos positivos para *Legionella*.

Para avaliar o risco quantitativo associado à exposição à *Legionella*, foi utilizada a QMRA. A carga microbiana potencialmente inalatória foi calculada com base na concentração de *Legionella* encontrada nas amostras de água. Parâmetros como taxa de inalação e tempo de exposição foram obtidos de estudos anteriores, considerando uma duração média de internação hospitalar de 3 a 6 dias. O modelo exponencial foi aplicado para estimar o risco de infecção ($\gamma=0,06$) por inalação de *Legionella pneumophila* em cada evento de exposição. Os resultados mostraram que a concentração média de *Legionella* (10^3 UFC/L) resultou em riscos de infecção para torneiras de sanitas de 0,23 a 2,3 e de 3,5 a 21,9 para chuveiros, por cada 10.000 pacientes internados. Esses valores foram comparados com os níveis de risco toleráveis definidos pela EPA dos EUA e pela OMS, e revelaram que os riscos excediam os limites da OMS para patógenos transmitidos pela água em hospitais. O estudo concluiu que, mesmo com o uso da água tratada proveniente das redes urbanas, 38% das amostras estavam contaminadas com *Legionella*, evidenciando que torneiras e chuveiros podem ser fontes de transmissão.

No entanto, o estudo também reconheceu limitações nos modelos QMRA aplicados à doença dos Legionários. Uma das principais limitações é a lacuna entre o risco real e o previsto, que pode ser influenciada pela distribuição de grupos vulneráveis. Além disso, as correlações dose-resposta utilizadas foram baseadas em dados de inalação em cobaias expostas a *Legionella pneumophila*, o que pode não representar adequadamente a virulência de outras espécies de *Legionella* encontradas em sistemas de água. Os autores sugerem que, apesar das limitações, os modelos QMRA podem fornecer uma compreensão valiosa dos riscos à saúde associados à exposição à *Legionella* e auxiliar no desenvolvimento de diretrizes para a gestão do risco de infecções (Kermani et al., 2022b).

Este estudo publicado por Sánchez et al. (2022) analisou a presença de *Legionella* em 204 hotéis das Ilhas Canárias entre 2015 e 2019. A bactéria, causadora da doença do Legionário, foi detectada em 6% das 2.318 amostras. A contaminação foi mais comum nos sistemas de água (7,4%) do que nas correntes (4,7%), especialmente na água quente. A prevalência aumentou com níveis baixos de cloro e temperaturas abaixo de 50°C. A *Legionella pneumophila* foi a espécie mais encontrada, com serogrupos 2-14 predominantes. A contaminação foi maior nos meses de verão, principalmente nas ilhas ocidentais. Apesar

das taxas de contaminação serem menores que as de outros países europeus, ainda são necessárias melhorias no controlo da bactéria. É de salientar que o mesmo revela que a prevalência da *Legionella* em hotéis de destinos turísticos como Itália, Grécia ou Turquia tem sido amplamente investigada, o contrário acontece nos hotéis de Espanha, sendo este um importante destino turístico, mas as informações a este respeito são ainda muito limitadas.

Os resultados dos estudos incluídos nesta revisão, que avaliaram o risco de *Legionella* spp. e *Legionella pneumophila* em edifícios como residências, hotéis e hospitais, mostraram que a maioria apresentou resultados positivos para a presença dessas bactérias nos sistemas e equipamentos analisados. Isso evidencia que ainda há um longo caminho a percorrer e ressalta a necessidade de um investimento contínuo e intensivo na avaliação de riscos em todos estes tipos de edifícios, sem exceção, uma vez que o risco de contaminação permanece presente, embora varie entre os diferentes locais.

4.2. Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés dos estudos incluídos

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 6), considerou-se que os estudos na generalidade corresponderam aquilo que era pretendido nesta revisão sistemática, uma vez que para além de apresentarem uma boa qualidade metodológica, também conseguiram responder aos objetivos e às questões de investigação referentes à presente revisão. Em relação à avaliação do risco de viés segundo a lista de verificação da JBI, a mesma corresponde a uma ferramenta de avaliação crítica utilizada na maioria das vezes nas revisões sistemáticas e principalmente naquelas que envolvem questões de saúde pública.

Dada a diversidade de estudos encontrados relativamente ao edifício em questão e aos diferentes sistemas/equipamentos que foram analisados para viabilizar a avaliação de risco, é importante destacar que esta avaliação ocorreu em várias etapas, de acordo com a variação na tipologia e no objeto de estudo. Embora os estudos tenham origens bastante divergentes, uma vez que as populações ou regiões abordadas não eram as mesmas, as informações analisadas são de carácter semelhante, isto deve-se ao facto de que a importância da avaliação de risco nesta matéria é regulamentada, o que já confere uma abordagem mais global.

Assim todos os estudos, apesar de terem uma base semelhante, apresentam um nível diferencial de análise, seja porque não possuem as mesmas condições para atender às expectativas ou porque o nível de preocupação com a saúde ainda não é o ideal, pois a prioridade não é a ideal. Apenas foi realizada uma análise qualitativa dos resultados obtidos em todos os estudos incluídos nesta revisão. Destacam-se os seguintes pontos nos resultados deste estudo:

- A percepção dos países incluídos nesta avaliação;
- Os tipos de edifícios envolvidos nos estudos, com o objetivo de identificar quais são mais frequentemente alvo de avaliações de risco e entender as razões para isso;
- Os equipamentos/sistemas estudados, de forma a deduzir as semelhanças a este nível;
- Fatores de risco associados ao crescimento e proliferação desta bactéria.

Após a utilização da lista de verificação da JBI, a qual foi devidamente preenchida e se encontra no **Anexo C (Tabela 6)**, é necessário proceder à avaliação das respostas obtidas. Este processo envolve as seguintes etapas (Aromataris & Munn, 2020):

1. Contagem das respostas positivas: deve-se contar a quantidade de respostas classificadas como "sim", que indica a qualidade do estudo avaliado.
2. Análise de critérios específicos: é fundamental examinar quais questões foram respondidas com "não", "não conforme" ou "não aplicável", avaliando se essas questões são cruciais para a validade do estudo.
3. Classificação do risco de viés: com base na contagem das respostas positivas e na análise das respostas negativas, proceder-se-á à classificação do risco de viés do estudo em categorias de baixo, moderado ou alto. Esta classificação é essencial para determinar a confiabilidade dos resultados e a relevância do estudo no contexto da revisão. Nesta revisão em concreto, a classificação do risco de viés do estudo foi realizada da seguinte forma (Aromataris & Munn, 2020):
 - Baixo risco de viés: se a maioria das respostas forem "sim" (geralmente 8 ou mais), e não houver questões críticas com respostas negativas, pois caso aconteça pode-se considerar o estudo de baixo risco de viés.
 - Moderado risco de viés: se o estudo tiver entre 5 a 7 respostas positivas, isto pode indicar um risco moderado de viés. Sugerindo que há algumas preocupações, mas o estudo ainda pode fornecer informações úteis.

- Alto risco de viés: se o estudo tiver 4 ou menos respostas positivas, isto indica um alto risco de viés. Isso significa que o estudo pode ter limitações significativas o que pode comprometer as conclusões finais acerca dos mesmos.

Esta avaliação em específico do risco de viés dos estudos foi realizada no mesmo local, na **Tabela 6** sendo que as legendas e as cores específicas, explicitam os resultados que foram obtidos para cada um deles. É importante ressaltar que as questões identificadas como críticas são as seguintes, e as razões para essa classificação são apresentadas a seguir (Aromataris & Munn, 2020):

- Questão 1: definição clara da questão de pesquisa, sendo por isso essencial para direcionar toda a revisão. A pergunta deve focar especificamente na avaliação de risco da *Legionella*, uma vez que assim define o pretendido a investigar.
- Questão 2: definição de critérios de elegibilidade ajuda a assegurar que apenas sejam abordados estudos relevantes e de qualidade que façam a avaliação de risco da *Legionella*, o que proporciona uma base sólida para suas conclusões.
- Questão 3: seleção adequada dos estudos garante que os dados extraídos sejam relevantes e contribuam para uma compreensão precisa dos riscos associados à *Legionella* em diferentes tipos de edifícios.
- Questão 4: a existência de um processo de extração de dados rigoroso é fundamental para assegurar a consistência e a precisão dos dados, que são críticos para avaliar os riscos de forma eficaz.
- Questão 5: avaliação da qualidade dos estudos incluídos, é essencial para garantir que as conclusões sejam baseadas em evidências confiáveis. Os estudos de baixa qualidade podem levar a resultados enganadores acerca dos riscos da *Legionella*.
- Questão 6: a interpretação adequada dos resultados em relação à avaliação de risco da *Legionella* é crucial, para desenvolver recomendações e práticas eficazes de gestão de risco.

A razão para esta escolha foi o facto de estas questões afetarem claramente a problemática associada a esta investigação, e assim sendo estas questões são fundamentais para garantir que a presente revisão sistemática sobre a avaliação de risco da *Legionella* em

edifícios seja rigorosa, confiável, útil e reproduzível. Cada uma delas desempenha um papel crucial na qualidade geral da pesquisa, afetando diretamente a validade e aplicabilidade dos resultados (Aromataris & Munn, 2020).

Em relação aos resultados obtidos na classificação do risco de viés, pode-se concluir que, dos 18 artigos incluídos, aqueles que apresentam resultados e avaliações mais coerentes estão destacados em verde, pois obtiveram um maior número de respostas positivas, alinhando-se, assim com os objetivos propostos nesta revisão.

Além disso, um artigo se destaca não apenas pelo número elevado de respostas positivas, mas também pela sua efetividade, uma vez que está em conformidade com as questões críticas apresentadas anteriormente. Relativamente a todos os outros devido à não conformidade e/ou Não ficaram aquém dos parâmetros específicos compreendidos nesta lista de verificação e por isso alcançaram uma classificação de risco moderado e alto. No entanto pode-se concluir que apesar de tudo todos eles chegaram aos 6 Sim, ultrapassando assim mais de metade de respostas positivas.

Os resultados obtidos nesta análise e avaliação sobre a qualidade metodológica e de risco dos estudos incluídos permitem afirmar que, em todos eles, há sempre margem para melhorias. Isto deve-se ao facto de todos os estudos terem identificado a presença de *Legionella* spp. e de *Legionella pneumophila*.

Os estudos também indicam a necessidade de um maior foco e aposta no campo da prevenção, especialmente através de medidas de manutenção e desinfecção adequadas ao cenário em questão. Essas ações são fundamentais para mitigar o risco de contaminação por esta bactéria patogénica e altamente perigosa para a saúde pública.

5. Discussão

A exposição à *Legionella pneumophila* em edifícios apresenta um risco significativo para a saúde pública, sendo essencial implementar estratégias de monitorização contínua dos sistemas e equipamentos para prevenir contaminações (Benoliel et al., 2018; ALS, 2024). A maioria dos estudos analisados reporta a presença de *Legionella* spp. e *Legionella pneumophila*, o que revela falhas nos planos de gestão de risco preventivo e exige intervenções imediatas, tanto em termos de limpeza e desinfecção, como na avaliação do estado das infraestruturas (Benoliel et al., 2018; Lee, 2018; Monte et al., 2018; ALS, 2024). A avaliação de risco nos estudos foi influenciada por fatores estruturais (tanques de água, aerossóis, estagnação), de manutenção (cloro residual, biofilme, contaminação microbiológica) e operacionais (temperatura e frequência de uso da água) (ALS, 2024). O elevado risco identificado justifica a implementação de medidas corretivas, evidenciando a falha do plano de gestão de prevenção. Os tanques de água fria, em particular, são fontes recorrentes de contaminação bacteriana, exigindo amostras regulares para a monitorização microbiológica, como parte de uma estratégia de controlo da *Legionella* (Crook et al., 2020). A análise de amostras representativas de água é fundamental para identificar riscos microbiológicos e funciona como guia para as ações corretivas (Bédard et al., 2015; Peter & Routledge, 2018).

Os problemas como a formação de incrustações, sedimentos e corrosão em tanques metálicos aumentam o risco de proliferação da *Legionella*, estes são agravados pela má circulação de água nos tanques. A disposição incorreta dos tubos de entrada e saída ou diferenças no dimensionamento dos tubos podem levar à estagnação da água, aumentando a temperatura e promovendo a formação de biofilme, condições ideais para a bactéria (Peter & Routledge, 2018).

A estagnação da água contribui para a formação de biofilmes, que criam condições ideais para a proliferação de *Legionella pneumophila*. Os biofilmes são uma fonte significativa de contaminação bacteriana e estão frequentemente associados a infecções recorrentes nos sistemas de água. Eles permitem a sobrevivência e a dispersão de microrganismos em ambientes hostis, além de causarem corrosão nos materiais de armazenamento de água e reduzirem a eficácia da desinfecção, servindo como reservatório para a *Legionella* (Bédard et al., 2015; C.K. Huang et al., 2023; Kmiecik et al., 2021; Peter & Routledge, 2018).

Além disso, as tecnologias para reduzir o consumo de água, como os chuveiros que atomizam a água, foram introduzidas recentemente no mercado. Apesar de promoverem a poupança de água, estas tecnologias aumentam o risco de exposição a bioaerossóis patogénicos, incluindo *Legionella pneumophila*, que pode estar presente na água contaminada. Existem estudos comparativos entre chuveiros convencionais e ecológicos que analisaram o impacto no crescimento de biofilmes e na emissão de aerossóis. Os resultados indicaram que a hidrodinâmica é essencial na formação de biofilmes, mas que os chuveiros ecológicos apresentam menor risco de infecção durante o banho em comparação com os convencionais (Hamilton et al., 2019; Niculita-Hirzel et al., 2023).

A vigilância epidemiológica e ambiental de doenças transmitidas pela água é particularmente desafiadora nos ambientes de construção dos cuidados de saúde, dificultando a capacidade de reconhecer, avaliar e controlar os riscos. Um projeto inadequado da distribuição de água pode aumentar a colonização por bactérias como a *Legionella*, e a eficácia de estratégias de mitigação, como a temperatura e o desinfetante, diminui com a falta de movimento da água. A ferramenta WMC-ICRA é recomendada para orientar atividades como descarga, verificações de temperatura e desinfecção, auxiliando na prevenção de surtos o que garante a segurança da água em edifícios de saúde (Scanlon et al., 2022).

Embora pouco frequentes, as avaliações de contaminação em redes domésticas são importantes nas residências pessoais, pois até 80% dos casos de doença dos Legionários são adquiridos na comunidade. A subestimação destes casos ressalta a necessidade de ampliar as atividades de prevenção em edifícios residenciais. (Hamilton et al., 2019; Niculita-Hirzel et al., 2023; Sharaby et al., 2019; Totaro et al., 2017).

Os hotéis levantam uma preocupação adicional devido à elevada concentração de pessoas e aos sistemas utilizados, como ventilação e banheiras de hidromassagem, que criam condições ideais para a proliferação de *Legionella*, representando um risco para os hóspedes. Portanto, é crucial que adotem medidas rigorosas e sistemáticas de manutenção e monitorização (Bavari et al., 2022; Doménech-Sánchez et al., 2022b; Kermani et al., 2022b; Kmiecik et al., 2021; Sharaby et al., 2019).

Nas ETAR's, o foco foi avaliar os bioaerossóis libertados, uma vez que estes podem representar um risco à saúde dos trabalhadores e da comunidade, especialmente para

peças imunocomprometidas. A avaliação de risco dos bioaerossóis tem sido amplamente estudada devido ao seu impacto potencial na saúde pública (Xu et al., 2020). O método QMRA é amplamente utilizado para avaliar riscos à saúde causados por microrganismos patogênicos, integrando dados sobre a ocorrência, infetividade e resposta à dose. Este é crucial para desenvolver estratégias eficazes de controle, especialmente em ambientes hospitalares, ao fornecer estimativas de risco de infecção que complementam estudos epidemiológicos (Bavari et al., 2022; Kermani et al., 2022b; Montagna et al., 2018; Sharaby et al., 2019; Zayed et al., 2020).

No entanto, a sua utilização na avaliação de risco de bioaerossóis ainda é raro, o que sugere a necessidade de expandir a aplicação deste método em novas áreas de estudo (Hamilton et al., 2019; Kmiecik et al., 2021; Sharaby et al., 2019; Wilson et al., 2022; Xu et al., 2020).

Outro dos pontos relevantes é a importância das diretrizes de controle de temperatura para mitigar os riscos de *Legionella*, a sua implementação é muitas vezes limitada por restrições económicas, o que afeta a seleção dos pontos de controle e uma monitorização eficaz (Bédard et al., 2015; Hamilton et al., 2019; C. K. Huang et al., 2023; Kermani et al., 2022b; Kmiecik et al., 2021; Niculita-Hirzel et al., 2023; Peter & Routledge, 2018; Scanlon et al., 2022; Zayed et al., 2020).

Todos os estudos revisados destacam a importância da monitorização, tanto preventiva quanto corretiva, para a gestão do risco da *Legionella*. Embora necessária, essa monitorização é dispendiosa e deve focar em ações preventivas eficazes (Bédard et al., 2015; Peter & Routledge, 2018). As estratégias de gestão de risco têm concentrado uma maior atenção para os ambientes de saúde, negligenciando outros edifícios públicos (Kmiecik et al., 2021). A avaliação microbiológica ambiental e testes moleculares são essenciais para as intervenções preventivas (Montagna et al., 2018; Peter & Routledge, 2018). As principais intervenções incluem a manutenção regular e as estratégias de monitorização adaptadas ao tipo de edifício, especialmente em hospitais, hotéis e edifícios industriais com torres de refrigeração (Hamilton et al., 2019; Kmiecik et al., 2021).

Em suma, a presente revisão destaca a variação significativa no risco de contaminação por *Legionella* dependendo do tipo de edifício, com os hospitais e as unidades de saúde a apresentar um maior risco devido à complexidade dos sistemas de água e à vulnerabilidade dos ocupantes. A manutenção inadequada e o uso irregular de sistemas de água em hotéis e edifícios residenciais também aumentam o risco. Já nos edifícios industriais e comerciais,

o risco é elevado devido às condições favoráveis de proliferação da *Legionella*, especialmente nas torres de refrigeração. Para mitigar esses riscos, é fundamental implementar estratégias de monitorização e manutenção adequadas, conforme recomendado pela OMS (Bédard et al., 2015; Kermani et al., 2022b; Niculita-Hirzel et al., 2023).

6. Conclusão

A revisão sistemática demonstrou que o risco de contaminação por *Legionella pneumophila* varia entre diferentes tipos de edifícios, sendo os hospitais e unidades de saúde os mais vulneráveis devido à complexidade dos sistemas de água e à fragilidade dos ocupantes. Hotéis, edifícios industriais com torres de refrigeração e estruturas residenciais apresentam riscos variáveis, dependentes da idade e da manutenção das infraestruturas. A proliferação da *Legionella* está ligada a sistemas e equipamentos de água, sendo influenciada por fatores como nutrientes, estado da água, contato com outros organismos e características físico-químicas. Fatores como temperatura inadequada (20–45°C), estagnação da água e falta de manutenção preventiva estão associados ao aumento do risco de proliferação.

Os resultados indicam a urgência de implementar medidas rigorosas de controlo e manutenção, especialmente em edifícios de alto risco. Manter a temperatura da água em níveis seguros e realizar desinfecções e monitorizações contínuas são cruciais para prevenir surtos. A avaliação dos riscos é fundamental para garantir a segurança dos sistemas de água.

O QMRA é a ferramenta preferencial para avaliar os riscos à saúde associados a microrganismos patogênicos. É vital desenvolver um plano de gestão de risco adaptado a cada edifício, visando a prevenção da *Legionella*. Essa abordagem sistemática e contínua permitirá a identificação e mitigação dos riscos associados à bactéria, garantindo a segurança da saúde pública.

A investigação ressalta a relevância contínua desta problemática em países desenvolvidos e em desenvolvimento, necessitando de monitorização constante devido às mutações da bactéria.

Em suma, a revisão confirmou que o risco de *Legionella pneumophila* varia entre tipos de edifícios, com hospitais e indústrias de arrefecimento sendo os mais vulneráveis. A

implementação de medidas preventivas robustas, como manutenção regular e monitorização da temperatura, é essencial para proteger a saúde pública e evitar doenças associadas à bactéria.

Assim é imperativo estar sempre um passo à frente, com a finalidade de agir de forma preventiva para evitar a doença, que é a consequência mais grave relativa à problemática em questão.

7. Limitações do Estudo

Este estudo, embora tenha proporcionado uma visão abrangente sobre a avaliação do risco associado à *Legionella pneumophila*, apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Em primeiro lugar, a diversidade dos métodos de avaliação de risco e dos contextos dos estudos pode influenciar a comparabilidade dos resultados obtidos. Embora tenha sido utilizado uma checklist do JBI para garantir a qualidade dos estudos selecionados, a subjetividade na avaliação de algumas respostas pode introduzir viés. Por fim, a quantidade de artigos destacados em verde, embora indicando uma maior confiabilidade, representa apenas uma porção dos estudos avaliados, o que sugere que ainda há uma necessidade de mais pesquisas rigorosas nesta área para uma compreensão mais completa dos riscos associados à *Legionella* em diversos ambientes.

Apesar de fornecer uma visão abrangente, esta revisão enfrenta limitações, nomeadamente a heterogeneidade dos métodos utilizados nos estudos incluídos e a escassez de dados consistentes para certos tipos de edifícios, o que pode limitar a generalização dos resultados.

8. Sugestões para Trabalhos Futuros

Uma investigação futura, poderá incidir no estudo desta bactéria, cuja proliferação é influenciada pelas mudanças ambientais resultantes das alterações climáticas globais. Assim um estudo direcionado para aquilo que é a influência das alterações climáticas nas condições favoráveis à *Legionella* percebendo com rigor os padrões sazonais e a epidemiologia associada a esta bactéria de modo a organizar modelos preditivos e uma monitorização de riscos apropriada aquilo que é um planeta em constante mudança.

Recomenda-se também que futuras investigações explorem mais profundamente o impacto de novas tecnologias de monitorização e purificação de água, bem como a avaliação de risco em edifícios novos versus antigos. Além disso, é crucial que regulamentos e políticas de manutenção sejam continuamente atualizados e implementados em diferentes contextos, para garantir a prevenção eficaz da proliferação de *Legionella pneumophila*.

Estas áreas podem fornecer uma compreensão integrada da interação entre alterações climáticas e *Legionella*, promovendo avanços em estratégias de prevenção e saúde pública.

Referências Bibliográficas:

- Administração Regional De Saúde De Lisboa E Vale, D. T. I. P. (2020). Prevenção e Controlo da *Legionella* em Estabelecimentos após um Período de Interrupção Parcial ou Total do seu Funcionamento. *Departamento de Saúde Pública*, 1–14.
- Ahmad, J. I., Liu, G., van der Wielen, P. W. J. J., Medema, G., & Peter van der Hoek, J. (2020). Effects of cold recovery technology on the microbial drinking water quality in unchlorinated distribution systems. *Environmental Research*, 183. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109175>
- AHRESP. (2022, July). *Legionella*. Saiba o Que Fazer. <https://ahresp.com/2022/07/legionella-saiba-o-que-fazer/>
- Allegra, S., Leclerc, L., Massard, P. A., Girardot, F., Riffard, S., & Pourchez, J. (2016). Characterization of aerosols containing *Legionella* generated upon nebulization. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep33998>
- Aromataris, E., & Munn, Zachary. (2020). *JBI manual for evidence synthesis edited by E. Aromataris, Z. Munn*. Joanna Briggs Institute. <https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MANUAL/355599504/Downloadable+PDF+-+current+version?attachment=%2Fdownload%2Fattachments%2F355599504%2FJBI%2520Manual%2520for%2520Evidence%2520Synthesis%25202024.pdf&type=application%2Fpdf&filename=JBI%20Manual%20for%20Evidence%20Synthesis%202024.pdf>
- Assaidi, A., Soummane, A., Ellouali, M., Latrache, H., Timinouni, M., Zahir, H., & Mliji, E. M. (2021). Environmental surveillance of *Legionella pneumophila* in hot water systems of hotels in Morocco. *Journal of Water and Health*, 19(5), 855–863. <https://doi.org/10.2166/wh.2021.175>
- Atkinson, A. J., Morrison, C. M., Frehner, W., Gerrity, D., & Wert, E. C. (2022). Design and operational considerations in response to *Legionella* occurrence in Las Vegas Valley groundwater. *Water Research*, 220. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118615>
- Barreiros, C., Matos, A., & Noronha, V. (2015). *Gestão de Sistemas de Distribuição Predial de Água em Hospitais* (pp. 1–67). Administração Regional de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo, I.P. https://www.arslvt.min-saude.pt/wp-content/uploads/sites/5/2020/08/Gest_o_de_Sistemas_de_Distribui_o_Predial_de_gua_em_Hospitais.pdf

- Bavari, S., Mirkalantari, S., Masjedian Jazi, F., Darban-Sarokhalil, D., & Golnari Marani, B. (2022). Risk assessment and quantitative measurement along with monitoring of *Legionella* in hospital water sources. *New Microbes and New Infections*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2021.100948>
- Bennett, J., Allen, J., Ganser, J., Gilbert, J., Gold, D., Green, J., Haas, C., Hernandez, M., Holt, R., Latanision, R., Levin, H., Loftness, V., J., K., Peccia, J., Persily, A., & Zhou, J. (2017). *Microbiomes of the Built Environment* (Vol. 202). National Academy of Science. <https://doi.org/10.17226/23647>
- Benoliel, M., Fernando, A., & Diegues, P. (2018). *Prevenção e Controlo da Legionella nos Sistemas de Água* (Instituto Português da Qualidade em parceria com a EPAL & S. A. Empresa Portuguesa das Águas Livres, Eds.; 3ª edição). Instituto Português da Qualidade Comissão Setorial para Água (CS/04). <http://phil.cdc.gov/phil/home.asp>
- Brunello, A., Civilini, M., De Martin, S., Felice, A., Franchi, M., Iacumin, L., Saccomanno, N., & Vitacolonna, N. (2022). Machine learning-assisted environmental surveillance of *Legionella*: A retrospective observational study in Friuli-Venezia Giulia region of Italy in the period 2002–2019. *Informatics in Medicine Unlocked*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100803>
- Campaña, M., del Hoyo, R., Monleón-Getino, A., & Checa, J. (2023). Predicting *Legionella* contamination in cooling towers and evaporative condensers from microbiological and physicochemical parameters. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114117>
- CDC. (2024a, April 17). *Evaluating Sources of Exposure*. Investigating Legionnaires' Disease.
- CDC. (2024b, April 17). *Health Departments: Outbreak Investigations*. Investigating Legionnaires' Disease.
- CDC. (2024c, April 17). *Implementing Control Measures*. Investigating Legionnaires' Disease.
- CDC. (2024d, April 17). *Public Health Guidance for Community-associated Outbreaks*. Investigating Legionnaires' Disease.
- CDC. (2024e, April 17). *Public Health Response for Legionnaires' Disease*. Investigating Legionnaires' Disease.

- Çelik, O., Yilmaz, S. E., Yildizhan, H., & Ameen, A. (2023). Consumer purchasing behavior and its organizational evaluation toward solar water heating system. *Energy Reports*, *10*, 1589–1601. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.08.031>
- Crook, B., Willerton, L., Smith, D., Wilson, L., Poran, V., Helps, J., & McDermott, P. (2020). *Legionella* risk in evaporative cooling systems and underlying causes of associated breaches in health and safety compliance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *224*. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113425>
- De Giglio, O., Diella, G., Lopuzzo, M., Triggiano, F., Calia, C., Pousis, C., Fasano, F., Caggiano, G., Calabrese, G., Rafaschieri, V., Carpagnano, F., Carlucci, M., Gesualdo, L., Ricci, M. L., Scaturro, M., Rota, M. C., Bonadonna, L., Lucentini, L., & Montagna, M. T. (2020). Impact of lockdown on the microbiological status of the hospital water network during COVID-19 pandemic. *Environmental Research*, *191*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110231>
- De Giglio, O., Napoli, C., Diella, G., Fasano, F., Lopuzzo, M., Apollonio, F., D'Ambrosio, M., Campanale, C., Triggiano, F., Caggiano, G., & Montagna, M. T. (2021). Integrated approach for legionellosis risk analysis in touristic-recreational facilities. *Environmental Research*, *202*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111649>
- DGS. (2017, November 15). *Norma 024/2017_Legionella*. Norma nº 024/2017 de 15/11/2017.
- DGS. (2024). *Programa Nacional de Saúde Ocupacional*. Legislação. <https://www.dgs.pt/saude-ocupacional/legislacao/leis.aspx>
- Direção-Geral da Saúde, da Graça Freitas, M., Maria da Graça Freitas Diretora Executiva Maria de Fátima Quitério, C., Cristina Garcia Manuela Mendonça Felício Equipa de Apoio Carlos Matos Clarisse Martinho Gabriela Soares Machado Isabel Alves Jorge Tavares Pedro Ferreira Sofia Rocha Teresa Montez Consultores Técnicos Carolina Teixeira Rita Roquette Vasco Machado, A., Melo, A., Balonas, S., Ruão Marta Alves, T., & Ferreira, M. (2022). *Ficha técnica Plano Nacional de Saúde 2021–2030 Saúde Sustentável: de tod@s para tod@s*.
- Doménech-Sánchez, A., Laso, E., & Albertí, S. (2022a). Determination of *Legionella* spp. prevalence in Spanish hotels in five years. Are tourists really at risk? *Travel Medicine and Infectious Disease*, *46*. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2022.102269>

- Doménech-Sánchez, A., Laso, E., & Albertí, S. (2022b). Determination of *Legionella* spp. prevalence in Spanish hotels in five years. Are tourists really at risk? *Travel Medicine and Infectious Disease*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2022.102269>
- Ecdc. (n.d.). *External quality assessment schemes to support European surveillance of Legionnaires' disease in EU/EEA countries, 2022-2023 External quality assessment schemes to support European surveillance of Legionnaires' disease in EU/EEA countries*. <https://doi.org/10.2900/321563>
- ECDC. (2021). *Legionnaires' disease Annual Epidemiological Report for 2021 Key facts*. <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/legionnaires-disease-annual-epidemiological-report-2021.pdf>
- ECDC. (2024). *External quality assessment schemes to support European surveillance of Legionnaires' disease in EU/EEA countries, 2022-2023 External quality assessment schemes to support European surveillance of Legionnaires' disease in EU/EEA countries*. <https://doi.org/10.2900/321563>
- EPAL. (2021). *LEGIONELLA*. 08/07/2024 <https://www.epal.pt/EPAL/docs/default-source/agua/ficha-legionella-pdf.pdf?sfvrsn=2>
- ESGLI. (2017). *European Technical Guidelines for the Prevention, Control and Investigation, of Infections Caused by Legionella species*. ESGLI_European_Technical_Guidelines_for_the_Prevention_Control_and_Investigation_of_Infections_Caused_by_Legionella_species_June_2017.pdf (unito.it)
- EU-OSHA European Agency for Safety and Health at Work. (2021, March 19). *Orientações técnicas europeias para a prevenção, controlo e investigação de infeções causadas por espécies de Legionella*. Exposição a Agentes Biológicos-Orientações Da UE. <https://osha.europa.eu/en/legislation/guidelines/european-technical-guidelines-prevention-control-and-investigation-infections-caused-legionella-species>
- European Centre for Disease Prevention and Control. (2024, July 7). *Legionnaires'disease*. Infectious Disease Topics. <https://www.ecdc.europa.eu/en/legionnaires-disease>
- Federigi, I., De Giglio, O., Diella, G., Triggiano, F., Apollonio, F., D'ambrosio, M., Cioni, L., Verani, M., Montagna, M. T., & Carducci, A. (2022). Quantitative Microbial Risk Assessment Applied to *Legionella* Contamination on Long-Distance Public Transport. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph19041960>

- Fernandes, A. G. (2015). *Programa de Vigilância Ambiental da Legionella SPP*.
- Gagliardi, M., Agostini, M., Lunardelli, F., Lamanna, L., Miranda, A., Bazzichi, A., Luminare, A. G., Cervelli, F., Gambineri, F., Totaro, M., Lai, M., Maisetta, G., Batoni, G., Pistello, M., & Cecchini, M. (2023). Surface acoustic wave-based lab-on-a-chip for the fast detection of *Legionella pneumophila* in water. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 379. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2023.133299>
- Girolamini, L., Brattich, E., Marino, F., Pascale, M. R., Mazzotta, M., Spiteri, S., Derelitto, C., Tositti, L., & Cristino, S. (2023). Cooling towers influence in an urban environment: A predictive model to control and prevent *Legionella* risk and Legionellosis events. *Building and Environment*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109891>
- Hamilton, K. A., Hamilton, M. T., Johnson, W., Jjemba, P., Bukhari, Z., Lechevallier, M., Haas, C. N., & Gurian, P. L. (2019). Risk-Based Critical Concentrations of *Legionella pneumophila* for Indoor Residential Water Uses. *Environmental Science and Technology*, 53(8), 4528–4541. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b03000>
- Hartmann, J., Chacon-Hurtado, J. C., Verbruggen, E., Schijven, J., Rorije, E., Wuijts, S., de Roda Husman, A. M., van der Hoek, J. P., & Scholten, L. (2021). Model development for evidence-based prioritisation of policy action on emerging chemical and microbial drinking water risks. *Journal of Environmental Management*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112902>
- Huang, C., Shen, Y., Smith, R. L., Dong, S., & Nguyen, T. H. (2020). Effect of disinfectant residuals on infection risks from *Legionella pneumophila* released by biofilms grown under simulated premise plumbing conditions. *Environment International*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105561>
- IGAS. (2023, January 25). *Guião para a Fiscalização da Prevenção e do Controlo da Legionella*. Inspeção Geral das Atividades em Saúde. www.igas.min-saude.pt
- IGAS(Inspeção Geral das Atividades em Saúde). (2018). *Manual de Segurança e Saúde no Trabalho* (MN/008/ED.01). https://www.igas.min-saude.pt/wp-content/uploads/2017/04/Manual_Seguranca_e_saude_no_trabalho.pdf
- Ishaq, S., Sadiq, R., Farooq, S., Chhipi-Shrestha, G., & Hewage, K. (2020). Investigating the public health risks of low impact developments at residential, neighbourhood, and municipal levels. *Science of the Total Environment*, 744. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140778>

- JBI. (2020). CHECKLIST FOR SYSTEMATIC REVIEWS AND RESEARCH SYNTHESSES
 Critical Appraisal tools for use in JBI Systematic Reviews. In *Faculty of Health and
 Medical Sciences at the University of Adelaide*. South Australia. Whiting P, Rutjes
 AWS, Reitsma JB, Bossuyt PMM, Kleijnen J. The development of QUADAS: a tool for
 the quality assessment of studies of diagnostic accuracy included in systematic
 reviews. *BMC Medical Research Methodology*. 2003;3:25 doi:10.1186/1471-2288-3-
 25.
- Kermani, M., Chegini, Z., Mirkalantari, S., & Norzaee, S. (2022a). Assessment of the risk of
Legionella pneumophila in water distribution systems in hospitals of Tehran city.
Environmental Monitoring and Assessment, 194(11).
<https://doi.org/10.1007/s10661-022-10469-y>
- Kermani, M., Chegini, Z., Mirkalantari, S., & Norzaee, S. (2022b). Assessment of the risk of
Legionella pneumophila in water distribution systems in hospitals of Tehran city.
Environmental Monitoring and Assessment, 194(11).
<https://doi.org/10.1007/s10661-022-10469-y>
- Kling, C., Ajami, N., Arthur, J., Dzombak, D., Graham, W., LeChevallier, M., Palmier, M.,
 Sedoença dos Legionáriosak, D., Wegner, D., & Whitlock, P. (2019). *Management of
 Legionella in Water Systems* (Vol. 360). National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/25474>
- Kmieciak, E., Wątor, K., Chochorek, A., Kołodziej, M., Mika, A., Krawiec, A., & Herzig, J. (2021).
 Health risk assessment resulting from the presence of *Legionella* bacteria in domestic
 hot water in public buildings – the results of a pilot study. *Geology, Geophysics and
 Environment*, 47(1), 41–52. <https://doi.org/10.7494/geol.2021.47.1.41>
- Kusumawardhana, A., Zlatanovic, L., Bosch, A., & van der Hoek, J. P. (2021). Microbiological
 health risk assessment of water conservation strategies: A case study in Amsterdam.
International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(5), 1–17.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18052595>
- Lee, S. (2018). An overview of the European technical guidelines for the prevention, control
 and investigation of infections caused by *Legionella* species. *Perspectives in Public
 Health*, 138(5), 1–7. <https://ecdc.europa.eu/en/publications-data/european-technical-guidelines-prevention-control-and-investigation-infections>.

- Ministério da Saúde. (2014). OMS considera surto de *Legionella* em Portugal como "grande emergência de saúde pública. *Público*.
<https://www.publico.pt/2014/11/11/sociedade/noticia/oms-considera-surto-de-legionella-em-portugal-como-grande-emergencia-de-saude-publica-1675862>
- Mondino, S., Schmidt, S., Rolando, M., Escoll, P., Gomez-Valero, L., & Buchrieser, C. (2019). Pathogenesis Mechanisms of *Legionella*. *Annu. Rev. Pathol. Mech. Dis.* 2020, 15, 439–466. <https://doi.org/10.1146/annurev-pathmechdis>
- Mraz, A. L., & Weir, M. H. (2018). Knowledge to predict pathogens: *Legionella pneumophila* lifecycle critical review Part I uptake into host cells. In *Water (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/w10020132>
- Mraz, A. L., & Weir, M. H. (2022). Knowledge to Predict Pathogens: *Legionella pneumophila* Lifecycle Systematic Review Part II Growth within and Egress from a Host Cell. In *Microorganisms* (Vol. 10, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10010141>
- Nakamura, I., Amemura-Maekawa, J., Kura, F., Kobayashi, T., Sato, A., Watanabe, H., & Matsumoto, T. (2020). Persistent *Legionella* contamination of water faucets in a tertiary hospital in Japan. *International Journal of Infectious Diseases*, 93, 300–304. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.002>
- OMS. (2014, November 11). OMS relata maior surto da doença do legionário em Portugal, com 233 casos. ONU News. <https://news.un.org/pt/story/2014/11/1492151#:~:text=Laura%20Gelbert%2C%20da%20R%3%A1dio%20ONU%20em%20Nova%20Iorque,Vila%20Franca%20de%20Xira%2C%20%3A1rea%20suburbana%20de%20Lisboa.>
- OMS. (2022, October 6). *Legionellosis*. Principais Factos e Visão Geral Da Doença. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/legionellosis>
- 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. In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- Paniagua, A. T., Paranjape, K., Hu, M., Bédard, E., & Faucher, S. P. (2020). Impact of temperature on *Legionella pneumophila*, its protozoan host cells, and the microbial diversity of the biofilm community of a pilot cooling tower. *Science of the Total Environment*, 712. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136131>
- Párraga-Niño, N., Cortès-Tarragó, R., Quero, S., Garcia-Núñez, M., Arqué, E., Sabaté, S., Ramirez, D., & Gavaldà, L. (2024). Persistence of viable but nonculturable *Legionella pneumophila* state in hospital water systems: A hidden enemy? *Science of the Total Environment*, 927. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172410>
- Plano de Prevenção e Controlo de *Legionella* (March 5, 2024). https://www.google.pt/search?q=plano+de+preven%C3%A7%C3%A3o+de+risco+da+legionella&sca_esv=af55f35308f0dbbd&sca_upv=1&sxsrf=ADOENÇA DOS LEGIONÁRIOSYWIIMPk7-zwLX36VpzZZM_C2GKp2HzA%3A1727220765595&source=hp&ei=HUzzZoPvleKJ9u8P5Pe_yQI&iflsig=AL9hbdgAAAAAZvNaLYNMeOpNv2hFzXjGSjJjVyjqXRPQ&oq=pleno+de+pre&gs_lp=Egdnd3Mtd2l6lgxwbGVubyBkZSBwcmUqAggAMgcQIxiwAhgnMgcQABiABBgNMgcQABiABBgNMgcQABiABBgNMgcQABiABBgNMgcQABiABBgNMgcQABiABBgNMgcQABiABBgNMgcQABiABBgNMgcQABiABBgNSMs4UP8OWPgmcAR4AJABAjgBzwGgAcINqgEGMC4xMi4xuAEBYAEA-Ahttps://siliamb.apambiente.pt/consultapublica/?file%3Dtrue%26code%3D384b09a432580994c674decd84d3a1d2
- Ren, A., Yao, M., Fang, J., Dai, Z., Li, X., van der Meer, W., Medema, G., Rose, J. B., & Liu, G. (2024). Bacterial communities of planktonic bacteria and mature biofilm in service lines and premise plumbing of a Megacity: Composition, Diversity, and influencing factors. *Environment International*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108538>
- Scanlon, M. M., Gordon, J. L., Tonozzi, A. A., & Griffin, S. C. (2022). Reducing the Risk of Healthcare Associated Infections from *Legionella* and Other Waterborne Pathogens Using a Water Management for Construction (WMC) Infection Control Risk Assessment (ICRA) Tool. *Infectious Disease Reports*, 14(3), 341–359. <https://doi.org/10.3390/idr14030039>
- Sciuto, E. L., Laganà, P., Filice, S., Scalese, S., Libertino, S., Corso, D., Faro, G., & Coniglio, M. A. (2021). Environmental management of *Legionella* in domestic water systems:

- Consolidated and innovative approaches for disinfection methods and risk assessment. In *Microorganisms* (Vol. 9, Issue 3, pp. 1–22). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030577>
- Sharaby, Y., Rodríguez-Martínez, S., Höfle, M. G., Brettar, I., & Halpern, M. (2019). Quantitative microbial risk assessment of *Legionella pneumophila* in a drinking water supply system in Israel. *Science of the Total Environment*, *671*, 404–410. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.287>
- Siponen, S., Jayaprakash, B., Hokajärvi, A. M., Gomez-Alvarez, V., Inkinen, J., Ryzhikov, I., Räsänen, P., Ikonen, J., Pursiainen, A., Kauppinen, A., Kolehmainen, M., Paananen, J., Torvinen, E., Miettinen, I. T., & Pitkänen, T. (2024). Composition of active bacterial communities and presence of opportunistic pathogens in disinfected and non-disinfected drinking water distribution systems in Finland. *Water Research*, *248*. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120858>
- SNS. (2017a, November 7). *Legionella-Avaliação do risco*. Notícias de Saúde. <https://www.sns.gov.pt/noticias/2017/11/07/legionella-avaliacao-e-gestao-do-risco/>
- SNS. (2017b, November 27). *Legionella-Vigilância Laboratorial*. Notícias de Saúde. <https://www.sns.gov.pt/noticias/2017/11/27/legionella-vigilancia-laboratorial/>
- SNS24. (2023, October 6). *Doença dos Legionários*. Doenças Infecciosas. <https://www.sns24.gov.pt/tema/doencas-infecciosas/doenca-dos-legionarios/>
- Syal, S. (2021). Learning from pandemics: Applying resilience thinking to identify priorities for planning urban settlements. *Journal of Urban Management*, *10*(3), 205–217. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2021.05.004>
- Treglia, M., Pallocci, M., Tenore, G. R., Castellani, P., Pizzuti, F., Bianco, G., Passalacqua, P., De Luca, L., Zanollo, C., Mazzuca, D., Gratteri, S., Messineo, A., Quintavalle, G., & Marsella, L. T. (2022). *Legionella* and Air Transport: A Study of Environmental Contamination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(13). <https://doi.org/10.3390/ijerph19138069>
- WHO. (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality FOURTH EDITION INCORPORATING THE FIRST ADDENDUM*.
- Wilson, A. M., Canter, K., Abney, S. E., Gerba, C. P., Myers, E. R., Hanlin, J., & Reynolds, K. A. (2022). An application for relating *Legionella* shower water monitoring results to

estimated health outcomes. *Water Research*, 221.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118812>

Zayed, A. R., Pecellin, M., Jaber, L., Butmeh, S., Bahader, S. A., Steinert, M., Höfle, M. G., Brettar, I., & Bitar, D. M. (2021). Cytotoxicity, intracellular replication, and contact-dependent pore formation of genotyped environmental *Legionella pneumophila* isolates from hospital water systems in the west bank, palestine. *Pathogens*, 10(4).
<https://doi.org/10.3390/pathogens10040417>

Decreto-Lei n.º 25/2021, de 29 de março. Diário da República n.º 61/2021, Série I de 2021-03-29, páginas 8 – 15. Presidência do Conselho de Ministros. Obtido de Decreto-Lei n.º 25/2021 | DR (diariodarepublica.pt)

Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto. Diário da República n.º 164/2007, Série I de 2007-08-27, páginas 5747 – 5765. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Obtido de Decreto-Lei n.º 306/2007 | DR (diariodarepublica.pt)

Decreto-Lei n.º 69/2023, de 21 de agosto. Diário da República n.º 161/2023, Série I de 2023-08-21, páginas 10 – 73. Presidência do Conselho de Ministros. Obtido de Decreto-Lei n.º 69/2023 | DR (diariodarepublica.pt)

Despacho n.º 10285/2017, de 27 de novembro. Diário da República n.º 228/2017, Série II de 2017-11-27, páginas 26720 – 26721. Saúde – Gabinete do Secretário de Estado Adjunto e da Saúde. Obtido de Despacho n.º 10285/2017 | DR (diariodarepublica.pt)

Despacho n.º 1547/2022, de 8 de fevereiro. Diário da República n.º 27/2022, Série II de 2022-02-08, páginas 131 – 139. Saúde e Ambiente e Ação Climática – Gabinetes do Secretário de Estado Adjunto e da Saúde e da Secretária de Estado do Ambiente. Obtido de diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/1547-2022-178809170

Diretiva (UE) 2020/2184 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2020 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. Jornal Oficial da União Europeia. Obtido de Diretiva - 2020/2184 - PT - EUR-Lex (europa.eu)

Diretiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. Jornal Oficial nº L 330 de 05/12/1998 p. 0032 – 0054. Obtido de Diretiva - 98/83 - PT - EUR-Lex (europa.eu)

Lei n.º 52/2018, de 20 de agosto. Diário da República n.º 159/2018, Série I de 2018-08-20, páginas 4229 – 4251. Assembleia da República. Obtido de Lei n.º 52/2018 | DR (diariodarepublica.pt)

Norma EN 15975-2 – Security of drinking water supply – Guidelines for risk and crisis management – Part 2: Risk management

Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro. Diário da República n.º 235/2013, 1º Suplemento, Série I de 2013-12-04, páginas 2 – 9. Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social. Obtido de Portaria n.º 353-A/2013 | DR (diariodarepublica.pt)

Anexos

(Anexo A)

JBI CRITICAL APPRAISAL CHECKLIST FOR SYSTEMATIC REVIEWS AND RESEARCH SYNTHESSES

Reviewer _____ Date _____

Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Is the review question clearly and explicitly stated?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Were the inclusion criteria appropriate for the review question?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Was the search strategy appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were the sources and resources used to search for studies adequate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Were the criteria for appraising studies appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Was critical appraisal conducted by two or more reviewers independently?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were there methods to minimize errors in data extraction?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Were the methods used to combine studies appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Was the likelihood of publication bias assessed?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Were recommendations for policy and/or practice supported by the reported data?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Were the specific directives for new research appropriate?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (Including reason for exclusion)

(Anexo B)

Tabela 6- Avaliação de risco de viés dos estudos incluídos, segundo a lista de verificação JBI (parte I)(JBI, 2020)

Artigo	Questão nº1				Questão nº2				Questão nº3				Questão nº4				Questão nº5				Questão nº6			
	S	N	NC	NA	S	N	NC	NA	S	N	NC	NA	S	N	NC	NA	S	N	NC	NA	S	N	NC	NA
(Peter & Routledge, 2018)	X						X		X				X						X		X			
(Niculita-Hirzel, Morales, & Parmar, 2023a)	X				X				X				X						X		X			
(Scanlon, Gordon, Tonozzi, & Griffin, 2022)	X						X		X				X						X		X			
(Totaro et al., 2017)	X						X		X				X						X		X			
(Hamilton et al., 2019a)	X				X				X				X				X				X			
(Bédard et al., 2015)	X						X		X				X						X		X			
(Kmieciak et al., 2021)	X				X				X				X						X		X			
(Zayed et al., 2020)	X						X		X				X						X		X			
(Xu, Zhang, Mou, & Wang, 2020)	X						X		X				X				X				X			
(Montagna et al., 2018)	X						X		X				X						X		X			
(Wilson et al., 2022)	X						X		X				X				X				X			
(Crook et al., 2020)	X						X		X				X						X		X			
(Bavari, Mirkalantari, Masjedian Jazi, Darban-Sarokhalil, & Golnari Marani, 2022)	X						X		X				X						X		X			
(C. K. Huang et al., 2023)	X								X				X						X		X			
(Kermani, 2022)	X				X				X				X				X						X	
(Sharoby, 2019)	X				X				X				X				X						X	

(Assaidi et al., 2021)	X					X	X				X					X	X		
(Sánchez et al., 2022)	X					X	X				X					X		X	

Tabela 6–Avaliação de risco de viés dos estudos incluídos, segundo a lista de verificação JBI (parte II)(JBI, 2020)

Artigo	Questão nº7				Questão nº8				Questão nº9				Questão nº10				Questão nº11				Classificação Risco Viés
	S	N	NC	NA	S	N	NC	NA	S	N	NC	NA	S	N	NC	NA	S	N	NC	NA	
(Peter & Routledge, 2018)		X				X							X	X			X				3
(Niculita–Hirzel, Morales, & Parmar, 2023a)	X				X								X	X			X				3
(Scanlon, Gordon, Tonozzi, & Griffin, 2022)		X				X							X	X			X				3
(Totaro et al., 2017)		X				X							X	X			X				3
(Hamilton et al., 2019a)	X				X								X	X			X				1
(Bédard et al., 2015)		X				X							X	X			X				3
(Kmiecik et al., 2021)	X				X								X	X			X				1
(Zayed et al., 2020)	X					X							X	X			X				3
(Xu, Zhang, Mou, & Wang, 2020)	X				X								X	X			X				1
(Montagna et al., 2018)	X				X								X	X			X				1
(Wilson et al., 2022)	X				X								X	X			X				1
(Crook et al., 2020)		X			X								X	X			X				2
(Bavari, Mirkalantari, Masjedian Jazi, Darban–Sarokhalil, &	X				X								X	X			X				3

