Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu

Avaliação de risco de reutilização da água tratada da ETAR Viseu Sul para usos de rega e afins

Lenise Maria Leite dos Santos

Relatório de Estágio

Mestrado em Tecnologias Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Doutora Isabel Paula Lopes Brás

Outubro de 2023

Politécnico
de Viseu

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Avaliação de risco de reutilização da água tratada da ETAR Viseu Sul para usos de rega e afins

Lenise Maria Leite dos Santos

Relatório de Estágio

Mestrado em Tecnologias Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Isabel Paula Lopes Brás

Outubro de 2023

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este trabalho, gostaria de deixar o meu mais sincero reconhecimento e agradecimento a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para que a realização deste sonho fosse possível, auxiliando no meu crescimento a nível académico, profissional e pessoal.

À minha orientadora, Professora Doutora Isabel Brás, pela constante partilha de conhecimento científico, mas também pela paciência e dedicação ao longo desta etapa. Pela forma atenciosa e compreensiva com que sempre me orientou ao longo desta dissertação e ainda pelo encorajamento que me permitiu continuar com toda a motivação e finalizar esta etapa.

Ao SMAS - Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Viseu pela possibilidade de realizar o estágio profissional e por me ter disponibilizado os dados para os estudos efetuados no presente trabalho. Um agradecimento especial a todos os colaboradores da ETAR Viseu Sul, apesar do pouco tempo que estive com eles, sempre me fizeram sentir acolhida.

Aos meus pais pela oportunidade que me deram de fazer o curso, pelos conselhos dados, por serem os modelos de coragem que me ajudaram incansavelmente a alcançar os meus objetivos e superar os meus problemas. A eles devo tudo que sou e me tornei. Obrigada por terem iluminado o meu caminho e não me deixarem esquecer dos verdadeiros objetivos.

Ao Ítalo, meu companheiro de vida, por ter sido o meu pilar durante estes anos. Sem ti, este caminho não seria possível. Foste o grande incentivador para eu nunca desistisse perante asdificuldades.

Aos meus familiares e amigos, pelo afeto e incentivo incondicional, que sempre estiveram presentes em minha vida, apesar da distância, vibrando a cada conquista e dando o suporte emocional que me era necessário.

RESUMO

A água é um bem essencial para sobrevivência humana e está diretamente ligada ao desenvolvimento socioeconómico. Sendo assim considerada um dos bens mais valiosos do mundo. Porém há uma limitação quanto a esse bem tão preciso, ele é finito. Devido as crescentes alterações climáticas e o aumento populacional a escassez de água já é uma realidade em diversas partes do mundo. Esta necessidade impulsiona a procura de soluções sustentáveis para a crise hídrica que está a crescer. Neste contexto surge a possibilidade de reutilizar águas residuais tratadas como fonte de água não potável para atividades básicas. A reutilização de águas tratadas traz benefícios ambientais e sociais, porém também há riscos associados, o que torna necessário o desenvolvimento de uma avaliação de riscos.

Esta dissertação teve como objetivo desenvolver a avaliação de risco da reutilização de águas, a nível de saúde pública e de recursos hídricos, para produção e utilização interna pela Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Viseu Sul e para utilização externa na rega dos espaços verdes de Viseu. Também foram desenvolvidos uma ferramenta que facilita o processo de desenvolvimento da avaliação no Microsoft Excel e um vídeo para uma campanha de sensibilização a população sobre a reutilização de água.

A metodologia utilizada foi a semi-quantitativa de avaliação de risco relativamente à saúde pública e aos recursos hídricos. Foram identificados 8 recetores, sendo 3 destes na produção e utilização interna e 5 envolvidos na utilização externa, dispostos em 47 cenários, divididos entre cenários de ingestão, inalação e adsorção dérmica.

O resultado obtido demonstrou que há viabilidade para produção e utilização de Água para Reutilização (ApR) pela ETAR Viseu Sul, com risco global para saúde pública de 0,68, e para utilização na rega dos espaços verdes de Viseu, com risco de 0,75. O risco global para os recursos hídricos foi de 2,33 para azoto e fósforo e 0,78 para *E. coli*.Todos os riscos foram considerados desprezáveis, considerando os critérios definidos pelo método.

Sendo assim, possível concluir que a reutilização de água residual tratada na ETAR Viseu Sul é uma possibilidade boa e viável para suprir as necessidades hídricas da cidade de Viseu, sem colocar em risco a população e o meio ambiente.

Palavras-chave: Avaliação de risco; Reutilização de água; ApR; ETAR Viseu Sul.

ABSTRACT

Water is essential for human survival, it is directly related to socioeconomic development, it is indispensable for food production and industrial growth. Thesecharacteristics make it one of the most valuable assets in the world, however there is a limitationon this resource, it is finite. Due to constant climate changes and population growth, water scarcity is already a reality in many parts of the world. This need drives the search for sustainable solutions to the growing water crisis. In this context, the possibility of reusing treated wastewater as a source of non-potable water for basic activities. The reuse of treated water brings environmental and social benefits, but there are also risks associated with the reuse of water, which makes it necessary to develop a risk assessment.

This dissertation aimed to develop the risk assessment of the reuse of water for production and internal use by the WWTP Viseu Sul and for external use in the irrigation of the green spaces of Viseu, in terms of public health and water resources. A tool that facilitates the evaluation development process in Microsoft Excel and a video were also developed for a campaign to raise awareness among the population about water reuse.

The methodology used was semi-quantitative risk assessment in relation to public health and resources. 8 receptors were identified, 3 of which were in production and internal use and 5 involved in external use, arranged in 47 scenarios, divided between ingestion, inhalation and dermal adsorption scenarios.

The result obtained was favorable, demonstrating that there is feasibility for the production and use of Water for Reuse (ApR) by the WWTP Viseu Sul, with a global public health risk of 0.68, and for use in the irrigation of the green spaces of Viseu, with risk overall for public health of 0.75. The overall risk for water resources was 2.33 for nitrogen and phosphorus and 0.78 for *E. coli*. All risks were considered negligible.

Therefore, it is possible to conclude that the reuse of treated wastewater is a good and viable possibility to supply the Viseu's water needs, without risks to the population and the environment.

Keywords: Risk assessment; Water reuse; ApR

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO 1
1.1. Enquadramento 1
1.2. Objetivos da investigação 2
1.3. Abordagem metodológica 2
1.4. Estrutura da dissertação 3
2. ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO 5
2.1. Importância da reutilização de água 5
2.2 Aplicações para utilização de ApR 6
2.3 Panorama da reutilização de água no mundo 9
2.3.1 Panorama da reutilização de água em Portugal 12
2.4 Enquadramento legal para reutilização de água 13
2.5 Riscos e benefícios associados ao uso de ApR 14
3. AVALIAÇÃO DE RISCO 17
3.1 Avaliação de risco para saúde pública 18
3.1.1 Perigo 18
3.1.2 Recetores, via e cenários de exposição 19
3.1.3 Vulnerabilidade do recetor 21
3.1.4 Barreiras 22
3.1.5 Dano 23
3.1.6 Risco 25
3.2 Avaliação de risco para recursos hídricos 26
3.2.1 Perigo 26
3.2.2 Recetores e vias de exposição 27
3.2.3 Cenários de exposição e barreiras 28
3.2.4 Vulnerabilidade 29
3.2.5 Dano 30
3.2.6 Risco 32
4. ESTUDO DE CASO 33
4.1. ETAR Viseu Sul 33
4.1.1 Tratamento da água residual 35
4.1.1.1 Pré-tratamento 36
4.1.1.2 Tratamento Secundário 38
4.1.1.3 Ultrafiltração 39

4.1.1.4 Tratamento de Lamas 41
4.1.1.5 Desodorização 42
4.1.2 Monitorização 43
4.1.3 Qualidade da água tratada 46
4.2 Área de utilização da ApR 47
4.2.1. Caracterização hidrogeológica 48
4.3 Ferramenta de apoio da avaliação de risco 50
4.4 Campanha de sensibilização ambiental 51
5. RESULTADOS 52
5.1. Avaliação de riscos para saúde pública 52
5.1.1. Produção e Utilização pela ETAR Viseu Sul 52
5.1.1.1. Identificação do Perigo 52
5.1.1.2. Recetores, Vias, Cenários e Vulnerabilidade 53
5.1.1.3. Barreiras e Dano 55
5.1.1.4. Riscos 57
5.1.2. Utilização da ApR para rega dos espaços verdes de Viseu 57
5.1.2.1. Identificação do Perigo 57
5.1.2.2. Recetores, Vias, Cenários e Vulnerabilidade 57
5.1.2.3. Barreiras e Dano 59
5.1.2.4. Riscos 60
5.2. Avaliação de riscos para Recursos Hídricos 61
5.2.1. Identificação do Perigo 62
5.2.2. Barreiras e Dano 62
5.2.3. Recetores e Vulnerabilidade 63
5.2.4. Riscos 64
5.3. Sensibilização da população quanto a reutilização de água 64
5.4. Plano de gestão de riscos 65
6. CONCLUSÃO 69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71
ANEXOS
Anexo 1: Anexos I, II, III, IV e V do O Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto, republicado pelo Decreto-Lei n.º 11/2023 de 10 de fevereiro, relativos as normas de qualidade, aplicação de barreiras e monitorização para produção e utilização de ApR.
Anexo 2: Tabela da qualidade da água na ETAR Viseu Sul, afluente e efluente, relativa ao ano de 2022.

Anexo 3: Manual de utilização da ferramenta de apoio à avaliação de risco para reutilização de água para rega (ApR).

Anexo 4: Tabela dos cenários justificados da avaliação de riscos para saúde pública da produção e utilização pela ETAR Viseu Sul.

Anexo 5: Tabela dos cenários justificados da avaliação de riscos para saúde pública da utilização para rega dos espaços verdes de Viseu.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Panorama mundial da reutilização de água 10
Tabela 2 – Benefícios e riscos associado ao meio ambiente, a saúde humana e a economia da utilização de ApR. (Adaptado de Angelakis & Snyder, 2015; European Comission, 2016; Paranychianakis *et al.,* 2015; Santos, 2008)..... 15
Tabela 3 – Nível importância (Saaty, 1980)..... 18
Tabela 4 – Tipo de tratamento, concentração de *E. coli* em ucf/100 mL e a classificação associada ao perigo (adaptado de Rebelo, 2018) 19
Tabela 5 – Fatores de importância de cada via de exposição e sua justificativa (adaptado de WHO - World Health Organization, 2006)..... 20
Tabela 6 – Fatores de importância associados a cenários de exposição (adaptado de Rebelo, 2018)..... 20
Tabela 7 – Probabilidade de ocorrência dos cenários de exposição (ISO 20426:2018). 21
Tabela 8 – Classificação da severidade do dano (Sev.) (adaptado de APA, 2019)..... 23
Tabela 9 – Qualificação do dano parcial (Adaptado de Rebelo *et al.,* 2020)..... 24
Tabela 10 – Nível de perigo para aplicação de ApR em zonas sensíveis à eutrofização, vulnerabilidade à poluição por nitratos ou massas de água com estado inferior a bom (parâmetros N ou P) (APA, 2019)..... 27
Tabela 11 – Descrição das medidas de controlo/prevenção (barreiras) (adaptado de APA, 2019)..... 28
Tabela 12 – Vulnerabilidade dos recursos hídricos (V_{rh}) expressa pelo fator de importância ($V_{rh\ i}$) (APA, 2019) 30
Tabela 13 – Probabilidade de ocorrência de exposição dos recursos hídricos à contaminação (APA, 2019) 31
Tabela 14 – Severidade dos danos para os recursos hídricos (APA, 2019) 31
Tabela 15 – Parâmetros de controlo do processo. 44
Tabela 16 – Periodicidade do controlo operacional a efetuado à fase líquida. 45
Tabela 17 – Periodicidade do controlo operacional a efetuado à fase sólida..... 46
Tabela 18 – Classificação do perigo (avaliação de risco para saúde pública – Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul). 53
Tabela 19 – Vulnerabilidade dos recetores (Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul). ... 55
Tabela 20 – Barreiras implementadas e o dano parcial e total do projeto de reutilização (avaliação de risco para saúde pública – Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul)..... 56
Tabela 21 – Riscos dos recetores e risco global (avaliação de risco para saúde pública – Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul). 57
Tabela 22 - Vulnerabilidade dos recetores (Utilização para rega dos espaços verdes de Viseu). 59
Tabela 23 – Barreiras implementadas e o dano parcial e total do projeto de reutilização (Utilização para rega dos espaços verdes de Viseu)..... 60
Tabela 24 – Risco dos recetores e risco global (Utilização para rega dos espaços verdes de Viseu). 61
Tabela 25 – Classificação do perigo (avaliação de risco para recursos hídricos – Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul). 62
Tabela 26 – Barreiras e dano para o projeto de reutilização (avaliação de risco para recursos hídricos – Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul)..... 63
Tabela 27 -Vulnerabilidade para recursos hídricos. 63

Tabela 28 – Risco global para recursos hídricos para produção e utilização de ApR. 64
Tabela 29 – Plano de gestão de riscos para reutilização de água tratada 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Reutilização global de água após tratamento avançado: percentagem de mercado por utilização (Adaptado de Lautze et al., 2014) 7
Figura 2 – Etapas para o desenvolvimento da avaliação de risco (Adaptado de APA, 2019). 17
Figura 3 – Matriz de determinação do fator do cenário de exposição corrigido (Adaptado de APA, 2019)..... 21
Figura 4 – Matriz de danos parciais (adaptada da ISO 20426:2018). 24
Figura 5 – Expressão de dano parcial (d_i) associado à falha da barreira (adaptado de Rabelo et al, 2020)..... 25
Figura 6 – Vias de exposição para os recursos hídricos (adaptado de Rebelo *et al.*, 2014)..... 27
Figura 7 – Vulnerabilidade parcial das águas superficiais e subterrâneas (adaptado de 16075: 2020)..... 29
Figura 8 – Matriz de determinação do dano parcial (APA, 2019) 32
Figura 9 – Localização da ETAR Viseu Sul (*Google Maps*, 2023) 34
Figura 10 – ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018) 34
Figura 11 – Fluxograma do esquema de tratamento na ETAR de Viseu Sul. 36
Figura 12 – Áreas e equipamentos pertencentes ao pré-tratamento da ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018) 37
Figura 13 – Reatores biológicos da ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018)..... 39
Figura 14 – Dimensão de partículas e microrganismos removidos por processos de membranas (adaptado de EPRI, 1997) 40
Figura 15 – Trens e cassete das membranas de ultrafiltração da ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018)..... 41
Figura 16 – Áreas e equipamentos para tratamento de lamas da ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018)..... 42
Figura 17 – Área dos reagentes químicos e das torres de desodorização da ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018) 43
Figura 18 – Área verdes do Concelho de Viseu (Imagens cedidas pela DAHUEV) 47
Figura 19 – As freguesias com mais áreas verdes de Viseu. 48
Figura 20 – Mapa da Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis (RH4) e a delimitação dos concelhos. (Adaptado de ARH-C, 2011) 49
Figura 21 – Distribuição das unidades hidrogeológicas em Portugal Continental (SNIRH, 2023)..... 50
Figura 22 – Vídeo de sensibilização sobre a reutilização de água residual tratada (nos documentos digitais encontra-se uma cópia) 51

LISTA DE SIGLAS / ABREVIATURAS

Af – Afluente.

An – Câmara anóxica.

APA – Agência portuguesa do Ambiente.

ApR – Água para Reutilização.

AR – Água Residual.

C.F. – Coliformes Fecais.

B_{eq} – Barreira equivalente.

C.T. – Coliformes Totais.

CBO_5 – Carência Bioquímica de Oxigênio (5 dias).

CQO – Carência Química de Oxigênio.

D – Dano global.

d – Dano parcial.

DAHUEV – Divisão de Ambiente, Higiene Urbana e Espaços Verdes.

DD – Desarenador/desengordurador.

d_i – Dano parcial.

EF – Efluente final.

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais.

Fa – Câmara facultativa.

f_i – Fator de importância.

$f_{i\,b}$ –Fator de importância da barreira (recursos hídricos).

$f_{i.cen}$ – Fator de importância do cenário de exposição corrigido.

$f_{i.via}$ – Fator de importância da via de exposição.

f_{iC} – Fator de importância cenários de exposição

f_{imax} – Maior valor na escala de importância.

f_{normal} – Fator de normalização.

fp – Fator de ponderação.

ISO – International Organization for Standardization (organização mundial internacional de normalização).

IVL – Índice Volumétrico de Lamas.

M.S. – Massa Seca.

MBR – Membrane Bioreactor.

n – Número de barreiras equivalentes.

N. org. – Azoto Orgânico.

n^{o}_{cen} – número total de cenários existentes para este recetor.

Nt – Azoto Total.

O.D. – Oxigênio Dissolvido.

OMS – Organização mundial da Saúde.

Óx1 – Câmara óxida 1.

Óx2 – Câmara óxida 2.

Óx3 – Câmara óxida 3.

P – Classificação do nível de perigo associado a *E. coli*.

Pt – Fósforo Total.

RB – Reator Biológico.

Re – Recirculador.

R_{rec} – Risco do recetor.

S – Severidade do dano.

SMAS – Serviços Municipalizados de Água e Saneamento.

SS – Sólidos Suspensos.

SSF – Sólidos Suspensos Fixos.

SST – Sólidos Suspensos Totais.

SSV – Sólidos Suspensos Voláteis.

T – Temperatura.

V 30 – Volume de Sedimentação (30 min).

V 60 – Volume de Sedimentação (60 min).

V_{hr} – Vulnerabilidade dos recursos hídricos.

$V_{hr\ i\ -}$ Vulnerabilidade dos recursos hídricos descrito em importância.

Vp – Vulnerabilidade parcial.

V_{rec} – Vulnerabilidade do recetor.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Na atualidade a escassez de água é uma questão preocupante. Os sistemas de água doce do planeta estão a reduzir. Em 2016, cerca de 2/3 da população mundial sofria de escassez severa de água por pelo menos um mês por ano (Mekonnen & Hoekstra, 2016). Com o aumento do desenvolvimento económico, populacional, industrial e agrícola a necessidade de água também aumenta. Outros aspetos decisivos na escassez de água são as alterações climáticas, que vem interrompendo os padrões de precipitação e de o todo o ciclo da água no planeta (APA, 2019).

Infelizmente a água é um recurso finito de crescente procura e é indispensável a procura por alternativas que visem o uso sustentável. Neste cenário, a reutilização de água tratada é considerada uma interessante opção a fim de mitigar a escassez de água.

A Água para Reutilização (ApR) pode ser aplicada em diferentes áreas, desde o uso recreativo até o uso na rega agrícola ou paisagística. Este último fim é de grande importância, já que cerca de 70% de toda água doce do mundo é utilizada na agricultura (FAO, 2017).

A utilização de ApR para rega é uma alternativa bastante relevante para cidade de Viseu, visto que durante os meses do verão (junho a setembro) há um deficit de água potávelnesta região. Em 2022, a Câmara Municipal de Viseu, em conjunto com o Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS), teve de implementar medidas excecionais ea reduzir da rega dos espaços verdes públicos a 3 dias na semana, para além da implementaçãode outras medidas de gestão da água. Assim surgiu a necessidade de reutilizar a água tratada daEstação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) Viseu Sul para a rega dos espaços verdes de Viseu e consequentemente diminuir a pressão sobre os recursos hídricos potáveis.

Para que a ApR possa ser produzida e utilizada em Portugal é necessário seguir as normas estabelecidas pela legislação vigente, o Decreto-Lei nº 119/2019 de 21 de agosto, republicado pelo Decreto-Lei n.º 11/2023 de 10 de fevereiro. Estes diplomas legais, entre outros aspetos, determinam a necessidade de um licenciamento para produção da ApR e uma comunicação prévia para utilização da mesma, além de prescrever os critérios de qualidade para a rega agrícola, de jardins públicos ou relvados, campos desportivos e ambientes urbanos. O

Decreto-Lei estabelece ainda que é necessário a realização de uma avaliação de risco a nível de saúde pública e de recursos hídricos, a fim de viabilizar a reutilização de água.

Neste contexto, a presente dissertação teve como objetivo desenvolver a avaliação de risco referente a saúde pública e aos recursos hídricos para produção de ApR pela ETAR Viseu Sul, sua utilização interna e a utilização externa para a rega dos espaços verdes da cidade de Viseu.

1.2. Objetivos da investigação

Este trabalho teve como objetivo principal realizar a avaliação de risco da produção e utilização da ApR com o foco na rega de espaços verdes da cidade de Viseu e verificar a possibilidade do fornecimento de ApR pela ETAR Viseu Sul.

Como objetivos secundários, foi desenvolvida uma ferramenta, via Microsoft Excel, que apoia o processo de avaliação de risco para reutilização de água tratada e foi criado um vídeo para uma campanha de sensibilização sobre o uso de ApR.

Este projeto de dissertação englobou um estágio na empresa Águas de Viseu, responsável pelas políticas municipais para os setores de abastecimento de água e drenagem de águas residuais e pluviais, mais especificamente na ETAR Viseu Sul.

A avaliação de risco para produção de ApR desenvolvida durante o estágio foi utilizada no processo de licenciamento para produção e fornecimento de água para reutilização iniciado pela ETAR Viseu Sul, junto da Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

1.3. Abordagem metodológica

Para o desenvolvimento da metodologia desta dissertação foi necessário dividi-la em diferentes partes. Inicialmente, procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica sobre a avaliação risco para reutilização de água tratada. Esta revisão do estado atual do tema foi efetuada com base na legislação vigente, artigos científicos e documentos públicos.

No âmbito do caso de estudo e por meio do estágio curricular designado, foi realizado um levantamento sobre o funcionamento da ETAR Viseu Sul, com um detalhado estudo sobre

seu sistema de tratamento, a qualidade da água tratada e a possibilidade da sua reutilização, a fim de iniciar um processo de licenciamento para produção e utilização interna de ApR pela ETAR. Também foi realizado um levantamento sobre a área de utilização externa, os espaços verdes da cidade de Viseu.

Posteriormente foi desenvolvida uma ferramenta que facilite no processo da avaliação de risco para reutilização de água, através do programa de computador Microsoft Excel. A partir desta ferramenta foi possível selecionar os cenários de exposição, as barreiras, com suas probabilidades de falha e severidades e assim definir o risco da utilização da ApR. Por fim, foi criado o vídeo de animação, através do site Animaker.co, com o objetivo de criar uma campanha de sensibilização sobre a reutilização de água residual tratada.

Deste modo, desenvolveu-se uma metodologia semi-quantitativa de avaliação de risco relativamente à saúde pública e aos recursos hídricos para produção e utilização interna da ApR pela ETAR Viseu Sul e utilização externa na rega dos espaços verdes da cidade de Viseu, Viseu-Portugal, acompanhada de um plano de gestão de riscos.

1.4. Estrutura da dissertação

Para além deste capítulo introdutório, onde se apresenta o tema a desenvolver, os objetivos, a metodologia seguida e a estrutura adotada para o trabalho, esta presente dissertação se desenvolve em mais cinco capítulos, totalizando seis capítulos.

O segundo capítulo é dedicado aos estudos sobre a reutilização da água, abordando a importância da reutilização de água, os tipos de aplicações possíveis para ApR, com ênfase na rega, o panorama mundial e nacional da utilização de ApR e sua legislação, finalizando com os benefícios e os riscos que podem está associado a reutilização da água tratada.

O terceiro capítulo trata diretamente da avaliação de risco no que diz respeito à saúde pública e aos recursos hídricos, retratando conceitos teóricos e exemplificando os cálculos utilizados posteriormente, no quinto capítulo.

No quarto capítulo apresenta-se o estudo de caso, caracterizando o local da produção da ApR, a ETAR Viseu Sul, e a área de utilização, os espaços verdes de Viseu. Neste capítulo também é descrita ferramenta de simplificação da avaliação de risco desenvolvida para facilitar o trabalho e aborda o processo de criação do vídeo de sensibilização.

O quinto capítulo apresenta o resultado da avaliação de risco para produção e utilização da ApR, juntamente com as discussões relevantes e um plano de gestão de riscos.

O sexto capítulo disserta sobre as conclusões retiradas da presente dissertação.

E por fim, apresentam-se as referências bibliográficas utilizadas ao longo deste trabalho e os anexos.

2. ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO

2.1. Importância da reutilização de água

A água possui um papel fundamental perante o desenvolvimento socioeconómico, sendo necessária para a produção de alimentos, de energia, na construção de ecossistemas e na sobrevivência da espécie humana.

A possibilidade do acesso universal à água potável e ao saneamento em países de baixa e média renda é estimado em torno de 106 mil milhões de euros por ano (WWDR, 2021). Um retorno benéfico e significativo é esperado deste investimento, uma vez que o acesso à água de boa qualidade contribui para uma vida digna e igualitária. Porém esse recurso único e insubstituível não é inesgotável. A disponibilidade de água de uma região está diretamente ligada ao seu clima e a eventual afluência de água proveniente de bacias hidrográficas e de sistemas aquíferos (APA, 2021), entretanto estes recursos hídricos não estão disponíveis de forma abundante em quantidade e qualidade durante todo o ano.

O aumento populacional, o desenvolvimento agrícola e industrial, e as agravantes alterações climáticas vêm gerando desequilíbrio entre a necessidade e a disponibilidade da água em todo o mundo.

Para garantir uma eficiente disponibilidade de água é necessário um gerenciamento responsável e sustentável. Mesmo com desenvolvimento tecnológico auxiliando a gerir recursos hídricos, como com a dessalinização da água marinha e com a construção de barragens, ainda é necessário e assumir estratégias que conservem os recursos hídricos existentes de forma sustentável e implementem medidas mais eficientes para o uso da água, colocando em prática ações como a reutilização da água.

A reutilização de água pode auxiliar na recuperação do estado do ambiente de forma qualitativa e quantitativa, com a diminuição de descargas em zonas sensíveis e com a redução os volumes de água captados, além de ser considerada uma estratégia eficiente para solucionar questões ambientais, económicas e sociais (Decreto-Lei n.º 11/2023, de 10 de fevereiro, 2023). Ainda possibilita desenvolver projetos específicos que podem ter um consumo elevado de água, auxilia na redução dos efeitos de seca e de escassez e contribui para a redução de emissão de gases com efeito estufa (APA, 2019).

A união entre as vantagens apresentadas e os atuais desenvolvimentos tecnológicos no tratamento de águas residuais, culminaram no aumento do volume mundial de água reciclada, de 33,7 milhões de m^3/dia para 54,5 milhões m^3/dia, entre 2010 e 2015 (Pearce, 2018).

Não é recente a ideia de reaproveitar água já antes utilizada. Durante a idade do Bronze (entre 3200 a 1100 AC) já eram utilizadas águas residuais domésticas para irrigar plantações, apesar de ocorrer de maneira não adequada (Angelakis & Gikas, 2014). Gregos e romanos também utilizavam a ApR para rega agrícola, na preparação de fertilizantes, além de construírem câmaras de armazenamento para as águas residuais domésticas que eram transportadas pelo sistema de esgoto público na Grécia (Jaramillo & Restrepo, 2017; Tzanakakis *et al.*, 2007).

O reaproveitamento de águas residuais tratadas para reutilização surgiu da necessidade de diminuir a escassez hídrica a nível mundial. Considerados como um novo recurso hídrico, os efluentes de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), podem ser utilizados em atividades que requeiram um padrão menor de qualidade da água, permitindoassim uma maior disponibilidade de água doce de boa qualidade para as atividades que exigem.

Por ser uma estratégia promissora para a gestão sustentável da água, a reutilização de águas precisa de projeto adequado, que vem sendo desenvolvido a nívelmundial, como a Organização Mundial da Saúde (OMS), que tem como finalidade de preservara saúde pública, principalmente em casos de usos de potáveis. Têm sido desenvolvidas pela Organização Internacional de Normalização (ISO), através do Comité Técnico ISO TC 282, normas visam a utilização de águas residuais tratadas para diversas finalidades (rega, usos urbanos e usos industriais) e avaliam os seus riscos para a saúde. Também foi adotado um guia para a reutilização de água, com objetivo de alcançar e manter um bom estado das águas residuais de origem urbana reutilizadas nas regas agrícolas (Directiva do Conselho 91/271 / CEE de 21 de maio de 1991, foi traduzida para o direito nacional na língua atual pelo decreto Legislativo nº 152/97 de 19 de junho de 1991) (APA, 2021).

2.2. Aplicações para utilização de ApR

Atualmente há uma grande diversidade de potenciais aplicações para a reutilização das águas residuais tratadas. Um foco especial vem sendo dado a irrigação na agricultura, graças às vantagens encontradas pela recuperação dos nutrientes, redução no uso de fertilizantes,

impactes sociais e económicos, além da diminuição da descarga de efluentes tratados em meio hídrico (Lautze *et al.*, 2014).

A reutilização agrícola, industrial, urbana, paisagística, ambiental e recreativa são, atualmente, as principais aplicações para as ApR, sendo a rega agrícola a principal aplicação, com aproximadamente 32% do total de reutilização de água no mundo (Lautze *et al.*, 2014). Em seguida encontra-se a rega paisagística e os usos industriais, com 20% e 19%, respetivamente (Figura 1) (Lautze *et al.*, 2014). A reutilização de águas residuais urbanas pode conter especificações diferentes de acordo com o seu uso, podendo ser caracterizada como reutilização direta ou indireta.

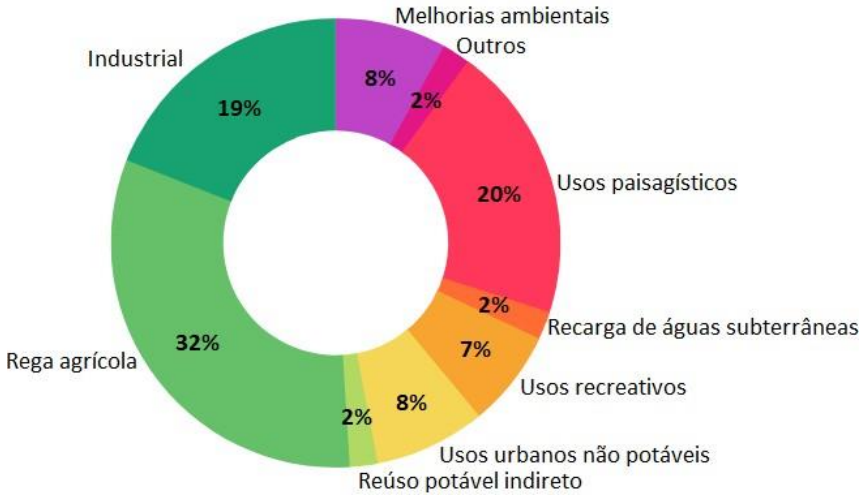

Figura 1 – Reutilização global de água após tratamento avançado: percentagem de mercado por utilização (Adaptado de Lautze *et al.*, 2014).

As atividades que requerem tecnologia apropriada e monitorização adequado para cada finalidade específica constituem reaproveitamento direto de água potável. Já o reúso indireto potável consiste no lançamento de água em uma nascente para fins de diluição para reutilização na captação de água bruta ou para consumo humano. A autodepuração da água ajuda a remover os contaminantes libertados e a restaurar suas características, proporcionandouma opção viável como fonte de água (WWDR, 2017). Embora esta metodologia seja amplamente utilizada, geralmente é feita de forma não planeada (Angelakis *et al.*, 2018). Aindaexiste a reutilização de água não potável, necessário onde os padrões de qualidade da água nãosão tão exigentes. Porém, devido aos possíveis riscos associados ao contato direto da água nãopotável com a água potável, são feitos elevados investimentos com a manutenção de estruturasque mantêm estas águas separadas adequadamente (WWDR, 2017).

Para reutilização agrícola existem considerações específicas para que possa ser implementado o programa de reutilização no caso de rega (USEPA, 2004). O reaproveitamento de águas na irrigação agrícola visa prevenir e mitigar a poluição dos rios, conservando água e nutrientes. O efluente tratado contém nutrientes como nitrogénio, fósforo, potássio e enxofre na sua composição. Esses nutrientes são reciclados, o que, consequentemente, reduz o uso de fertilizantes químicos, ajudando a melhorar a agricultura (Bixio *et al.*, 2006; Poustie *et al.*, 2020). Esta água pode ser utilizada em culturas alimentares, cereais, forragens, fibras e na silvicultura. O risco quanto ao reúso destas águas está associado a culturas que podem servir de alimento a animais, por haver a possibilidade decausar danos à sua saúde (Angelakis & Gikas, 2014).

Com o aumento da necessidade de água devido ao crescimento populacional, em conjunto com a sua escassez, desde o início dos anos 90 aumentou-se a procura por ApR nas indústrias (USEPA, 2004). Estas águas são utilizadas comumente para o aquecimento e arrefecimento de equipamento, lavagem da maquinaria e de pavimentos, ainda podendo ser destinados ao combate de incêndios (Gomes, 2011). Em regiões industrializadas, como a Europa, há uma grande necessidade de água para usos industriais, o que torna implantação do reúso de efluentes nas indústrias um importante fator ligado à gestão da água (Bixio *et al.*, 2006). A sua maior restrição está na possibilidade de contaminação cruzada, além da possibilidade de formar incrustações, biofilmes e corrosão das tubagens, embora muitas destas indústrias tenham processos de tratamento da água que utilizam. Também há a preocupação por parte da saúde pública sobre emissões ou salpicos de água que possam ocorrer durante a sua utilização nas atividades da indústria (USEPA, 2004).

A reutilização de água residual para uso urbano pode ser feita para diversos fins não potáveis, principalmente em utilizações que não exijam a necessidade de elevada qualidade da água, como a lavagem de espaços urbanos, parques, cemitérios, instalações públicas, autoestradas, pátios escolares, entre outros. Porém, a exposição de aerossóis formados a partir da rega por aspersão, a aceitação e a saúde pública são as suas principais restrições ao uso (USEPA, 2004).

Para a recarga de aquíferos, a reutilização de água tem como objetivo aumentar a quantidade de água, servir de armazenagem de água para futura recuperação e reutilização, evitar a redução do nível freático e oferecer tratamento adicional para uma futura reutilização. Este sistema de reutilização tem como restrição a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas (Angelakis *et al.*, 2018).

A aplicação de ApR para uso recreativo e ambiental normalmente acontece comobjetivo da preservação do ambiente e dos habitats e realização de atividades de lazer, como desportos e pesca. Estes sistemas são utilizados em massas de águas naturais ou artificiais de forma que não ocorra toxicidade da vida aquática e não o desenvolvimento de eutrofização nosrios e lagos, sendo assim necessário um controle intensivo da qualidade da água (ERSAR, 2022;USEPA, 2004).

A rega paisagística a partir de ApR é comumente caracterizada pela rega de espaços verdes, como jardins, parques, rotundas, e campos desportivos (Monte & Albuquerque, 2010). Para a utilização de ApR para rega de espaços verdes, assim como para rega agrícola, há considerações específicas quanto a qualidade da água, a forma de aplicação e sinalização adequada, que precisam ser seguidas (APA, 2019), uma vez que a exposição dos recetores é considerada alta, já que estas áreas normalmente possuem livre acesso.

2.3. Panorama da reutilização de água no mundo

A crescente utilização de ApR no mundo deve-se à necessidade de alternativas aos recursos hídricos disponíveis. É considerada essencial para o desenvolvimento sustentável e a gestão da água. A reutilização de águas residuais tratadas da irrigação agrícola é praticada em muitas regiões áridas do mundo. Nos países em desenvolvimento da América Latina, África e Ásia, principalmente em regiões mais secas, o uso de ApR para irrigação de plantações está em crescimento, embora não seja planeado (USEPA, 2004). Neste contexto, é possível afirmar que o reúso de efluentes tratados é crescente e está sendo cada vez mais aceite no mundo com forte tendência de se desenvolver rapidamente. Na Tabela 1 é possível observar o panorama da reutilização de água em diferentes partes do mundo.

Tabela 1 – Panorama mundial da reutilização de água.

Local		**Panorama**	**Referências**
Europa	França	Distribuição instável de recursos hídricos, o que leva a parte do país a ter déficits sazonais. O setor industrial está a implementar tecnologias mais eficientes para o tratamento de águas com a finalidade de reutilizar os efluentes industriais. Reutiliza aproximadamente 12000 m³/ano.	European Comission (2014).
	Itália	As regiões mediterrâneas sofrem com a falta de água devido às recorrentes secas, além de sofrer com o problema de eutrofização, devido a descargas de águas residuais nos rios e no mar. Reutiliza cerca de 53000 m³/ano	
África	-	A disponibilidade e a necessidade de água doce variam de forma inversamente proporcional, por causa da agricultura, indústria e mineração. A utilização de ApR é limitada pela falta de infraestrutura de operação adequada e de profissionais qualificados, além da insuficiente capacidade de monitorização da água residual antes e depois do tratamento e da baixa captação de água residual.	WWDR (2017).
Ásia	Japão	Um dos precursores na reutilização de água residual, implementada em 1951. Na metrópole de Tóquio, em novos edifícios com área útil maior que 30 000 m² é obrigatório a utilização de ApR	Santos, (2008); USEPA (2004).
	China	Estão a ser implementados métodos para reduzir a poluição da água e a aplicação de tratamentos mais eficientes, como a tecnologia de membranas.	Duong & Saphores (2015); WWDR (2017)
	Israel	É considerado um dos países com maior escassez de água do mundo, graças aos vários anos de seca que ocorrem no país. Reutiliza a água para grandes atividades desde os anos 70, sendo a principal fonte de água para irrigação do país. No projeto “Dan”, o volume de água residual gerado em Tel Aviv é tratado é direcionado à agricultura. Reutiliza acima de 85% do efluente gerado no país.	Lazarova & Asano (2013); Marin *et al.* (2017).

Local		Panorama	Referências
	Singapura	Possui apenas 0,6 km³ de água doce disponível para uma população de 5,6 milhões de habitantes. Na década de 70 surgiu a ideia de reutilizar água, porém não era viável economicamente. O projeto “NEWater” surgiu em 2003 e é a nova fonte de abastecimento de água que se utiliza do reúso de águas residuais tratadas, que fornece cerca de 40% da necessidade de água do país. Há também um incentivo financeiro vinculado ao tarifário da água para o utilizador da "NEWater".	Duong & Saphores (2015); Lefebvre (2018); Smiderle *et al.* (2021).
América	EUA	Utilizam as ApRs maioritariamente para áreas mais secas, como a Califórnia, Colorado, Arizona e Texas, e em áreas de cultivo nos estados da Geórgia e Flórida. A Florida é o maior produtor de ApR do país.	Santos (2008); USEPA (2004).
	Brasil	Os estados de São Paulo, Ceará, Bahia, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro apresentam regulação sobre a reutilização de águas residuais. O Brasil é pioneiro no uso da tecnologia de ultrafiltração para produção de água tratada na América Latina.	Smiderle *et al*, (2021).
Oceânia	Austrália	Primeiro país a ter desenvolvido diretrizes nacionais para a reutilização de água para usos potáveis. Na Virgínia há um projeto que transporta 20 000 000 m³ de ApR para o norte da cidade, onde esta água pode ser utilizada na rega da cultura de hortaliças, incluindo as que podem ser consumidas de forma crua.	Santos (2008); USEPA (2004)

De forma geral é possível observar que a reutilização global da água é impulsionada por dois fatores principais: a reutilização é uma resposta à crescente procura por água, por conta das limitações na disponibilidade de água doce no mundo e é impulsionada pelo desejo de aproveitar os benefícios económicos da reutilização de águas residuais (Scott & Becken, 2010). Considerando todos os pontos focados anteriormente, deve ser referido que o uso de ApR é necessário também para que as águas residuais não tratadas, ou tratadas de forma ineficaz, não sejam descarregadas no meio ambiente.

2.3.1. Panorama da reutilização de água em Portugal

Portugal tem apresentado uma certa vulnerabilidade quanto aos impactes causados pelas alterações climáticas. Além da elevação do nível do mar, secas, inundações e ondas de calor, o stresse hídrico também vem afetando algumas regiões de Portugal, podendo ainda ser agravado com as futuras condições climáticas (Quinteiro *et al.*, 2019). Neste contexto, nos últimos anos, uma atenção especial tem sido dada à reutilização de água como uma possibilidade alternativa para o abastecimento de água (Lazarova & Asano, 2013).

No Algarve, no sul de Portugal, foram desenvolvidos alguns projetos de reutilização de água para rega de algumas culturas e de campos de golfe e para suporte de ecossistemas (European Comission, 2014). O grupo Águas do Tejo Atlântico, que abrange 23 municípios das regiões da grande Lisboa, é pioneiro na incorporação da economia circular e da gestão sustentável da água, criando o conceito da "Fábrica de Água", que reforça a natureza industrial da valorização de água, chegando até a produzir uma cerveja com a água reciclada, a "VIRA", com a finalidade de sensibilizar a população quanto a qualidade da água reutilizada.

Em Portugal vigora o Decreto-Lei n.º 11/2023 de 10 de fevereiro, que republica o Decreto-Lei nº 119/2019 de 21 de agosto, que regulamenta a reutilização de água de várias fontes para uso de diversos fins não potáveis, como rega agrícola, usos urbanos e até mesmo para suporte de ecossistemas (Decreto-Lei n.º 11/2023, de 10 de fevereiro, 2023). Com a intenção de promover a reutilização de água, Portugal tem adotado as seguintes práticas (APA, 2019):

- Estratégias de desenvolvimento de vários usos não potáveis (como agricultura, paisagem, silvicultura e ciclo urbano;

- Integração dos últimos desenvolvimentos de reutilização a nível europeu e suas melhores práticas;
- Avaliação dos produtores de água reutilizada e os utilizadores finais;
- Definição de uma de gestão flexível, sem que haja o comprometimento da segurança ambiental e da saúde pública.

Para garantir que são aplicadas as melhores práticas para preparação de ApR, foram adotados projetos suportados num quadro de gestão de risco em padrões de qualidade definidos pela abordagem "*fit-for-purpose*" (adequado ao uso), baseado nas normas ISO 16075-1:2015, reafirmando a qualidade da produção da água tratada, atendendo as necessidades dos utilizadores finais (ISO 16075, 2020).

A Agência Portuguesa do Ambiente, visando facilitar o processo de licenciamento, desenvolveu um guia que traz recomendações sobre vários aspetos do processo, além do apoio técnico à avaliação de risco para saúde e para o ambiente. Os padrões de qualidade aplicáveis para cada projeto de reutilização serão definidos através desta avaliação de risco, que também permite selecionar as condições da gestão de risco que devem ser seguidas para garantir o mínimo de risco associado (APA, 2019).

2.4. Enquadramento legal para reutilização de água

Em 1918, foi proposta primeira diretriz nos Estados Unidos da América, pelo Estado da Califórnia, que regulamentava o uso de ApR (Paranychianakis *et al.,* 2015). Esta diretriz foi considerada rigorosa pois seguia a abordagem de "risco zero" e adotava a "melhor tecnologia disponível", com a utilização do tratamento biológico convencional em conjunto com o tratamento terciário, filtração e desinfeção com cloro (Lavrnić *et al.,* 2017). Isso porque os microrganismos patogénicos podem se manter por meses no solo ou na plantação, podendo causar assim um problema de saúde pública (Bixio *et al.,* 2008).

Entretanto, a Organização Mundial da Saúde (OMS), em conjunto com grupo de especialistas, contestou ser extremamente rigoroso o padrão adotado pelo estado da Califórnia, sendo improvável que demais países conseguissem atender a esse padrão rigoroso, além de não ser justificado pelas evidências epidemiológicas conhecidas. Deste modo, em 1973, a OMS propõe uma diretriz mais flexível, com abordagem de "risco calculado", que pode ser aplicada em países em desenvolvimento com possibilidades económicas mais viáveis. A OMS também

recomenda que seja implementado um plano de gestão de riscos, incluindo a avaliação de riscos para uso de ApR (Licciardello *et al.*, 2018).

Em 2015 foram propostas pela organização mundial internacional de normalização, *International Organization for Standardization* (ISO), uma série de diretrizes para reutilização de água residual tratada na irrigação na norma ISO 16075-1:2015. Ainda não existe nenhuma política comum em toda União Europeia, mas diversos países, incluindo Portugal já adotaram normas que são vinculativas.

Em Portugal, a qualidade da água residual deve ser apropriada ao fim pretendido (*fit for purpose*), levando em consideração a segurança da saúde e do ambiente. Para isso devem ser realizadas análises de risco para identificação de potenciais perigos, recetores, cenários de exposição e a caracterização e gestão do risco, visando encontrar o melhor cenário, com menor valor, de risco possível (APA, 2019).

O Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto, republicado pelo Decreto-Lei n.º 11/2023 de 10 de fevereiro, regulamenta a produção e reutilização de águas, obtidas a partir do tratamento de águas residuais, em todo país. Nele são encontradas normas de qualidade de água para reutilização para rega, normas para a reutilização para rega para proteção das culturas agrícolas, descrição das classes de rega e as normas para a verificação da conformidade e monitorização (Anexo 1 – Anexos I, II, III, IV e V do O Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto, republicado pelo Decreto-Lei n.º 11/2023 de 10 de fevereiro).

2.5. Riscos e benefícios associados ao uso de ApR

Os principais benefícios encontrados para a utilização de ApR estão na conservação das fontes de água doce, principalmente para as localidades que possuem algum stresse hídrico e a redução das descargas de efluentes tratados. Porém outras questões são interessantes quando se fala sobre a reutilização de água. A nível económico o uso de ApR é uma opção para captação de água com menor custo quanto comparada a dessalinização e a construção de barragens, além da possibilidade de redução dos custos na adoção da ApR para uso industrial e rega agrícola. E ainda é possível associar o desenvolvimento regional ao aumento da disponibilidade de água de qualidade e em quantidades suficientes para suprir suas necessidades.

Porém, a depender da sua fonte, localização e do seu nível de tratamento essa água possui características (aspeto químico, físico e biológico) que podem oferecer efeitos nocivos

à saúde e ao meio ambiente. As características físicas e químicas são essenciais para compreender os seus efeitos ambientais. Já para os efeitos para a saúde pública, as características biológicas são as mais importantes. Sendo assim, é fundamental a necessidade da avaliação de risco destas águas, permitindo identificar o quão crítica é para a segurança de um projeto de uso de ApR e, consequentemente, ajudando a procurar soluções mais adequadas (APA, 2019).

Outros riscos, além do microbiológico, também podem ser encontrados na reutilização de águas residuais. Consequências danosas podem ser associadas a outros poluentes remanescentes na ApR, como metais, nutrientes, sólidos, micro poluentes e microrganismos patogénicos. Sendo a utilização para rega a aplicação em maior percentagem dentro do uso de ApR em todo o mundo, é nela também que se encontram o maior número de estudos quanto aos benefícios e aos riscos da sua utilização. Os seus benefícios e riscos podem ser divididos em ambientais, para saúde humana e económicos (Tabela 2).

Tabela 2 – Benefícios e riscos associado ao meio ambiente, a saúde humana e a economia da utilização de ApR. (Adaptado de Angelakis & Snyder, 2015; European Comission, 2016; Paranychianakis *et al.*, 2015; Santos, 2008).

	Benefícios	**Riscos**
Ambiental	A restauração de lagos, rios e pântanos, auxiliando no renascimento de ecossistemas aquáticos. Isto ocorre porque o uso de ApR pode aumentar o fluxo de lagoas e riachos, de forma natural ou artificial, o que auxilia na manutenção de massas de água superficiais e recarrega aquíferos, mantendo uma boa quantidade água o que diminui a deterioração das águas subterrâneas.	A ApR pode apresentar maiores níveis de salinidade, podendo ter implicações negativas no solo e nas plantas.
Saúde humana	A reutilização de água pode diminuir a necessidade de uso de fertilizantes artificiais, pelo fornecimento de nutrientes durante a rega, reduzindo assim riscos à saúde humana causados pelo consumo excessivo destes agroquímicos comumente presentes nos alimentos consumidos.	Em águas residuais sem tratamento adequado os microrganismos patógenos apresentam variações e composições sazonais. Há ainda a possibilidade de exposição de seres humanos a produtos químicos de desregulação endócrina, produtos farmacêuticos, produtos de cuidado pessoal, drogas ilegais e substâncias de desinfeção pela ingestão de culturas que tenham sidos alvo de ApR.

	Benefícios	Riscos
Económico	A redução da despesa com fertilizantes e produtos químicos, e a promoção da comercialização dos produtos que utilizaram a ApR para rega. A reutilização de águas residuais pode também acabar por estimular a adequação de um preço mais justo para água, o que consequentemente criará incentivos para reduzir o seu consumo.	A utilização de ApR pode ser compreendida como uma opção custosa, com baixos retornos sobre os investimentos, quando comparado com outras formas de captação de água.

É possível observar as inúmeras vantagens na reutilização de águas residuais, porém é necessário ter consciência que também existem riscos potenciais ligados a essa prática. É importante compreender que uma gestão adequada da água residual pode levar a um potencial fornecimento de água segura para reutilização, sendo sempre necessária a avaliação de risco para garantir a segurança da população (European Comission, 2016).

3. AVALIAÇÃO DE RISCO

Para realizar um projeto de reutilização de água, é necessário identificar os riscos potenciais dessa prática, o que requer uma análise de risco para determinar a real viabilidade dessa reutilização (APA, 2019). A avaliação de riscos é um método científico que culmina em uma análise qualitativa ou quantitativa dos riscos associados a determinados perigos, assim é possível minimizar estes riscos a um nível considerado aceitável, sendo este o seu principal objetivo.

A avaliação de risco pode seguir três modelos, o modelo qualitativo, o semi-quantitativo ou o quantitativo. O modelo qualitativo é normalmente utilizado para uma avaliação mais simples, utilizando apenas dados estatísticos de estudos antigos e o próprio conhecimento. O modelo quantitativo utiliza modelos matemáticos e "técnicas elaboradas de cálculo". O modelo semi-quantitativo é a junção entre os outros dois modelos e, em Portugal, é a metodologia indicada pelo Decreto-Lei nº 119/2019 de 21 de agosto, republicado pelo Decreto-Lei n.º 11/2023 de 10 de fevereiro (APA, 2019).

A avaliação de risco pode indicar uma análise do risco tanto para o ser humano, quanto para o meio ambiente, sendo assim dividida entre a avaliação de risco para saúde pública e para os recursos hídricos (APA, 2019). Para a identificação dos riscos é necessário que todo o processo seja dividido em partes, que facilita o desenvolvimento da avaliação de riscos. A figura 2 esquematiza as quatro etapas fundamentais para a produção da avaliação de risco.

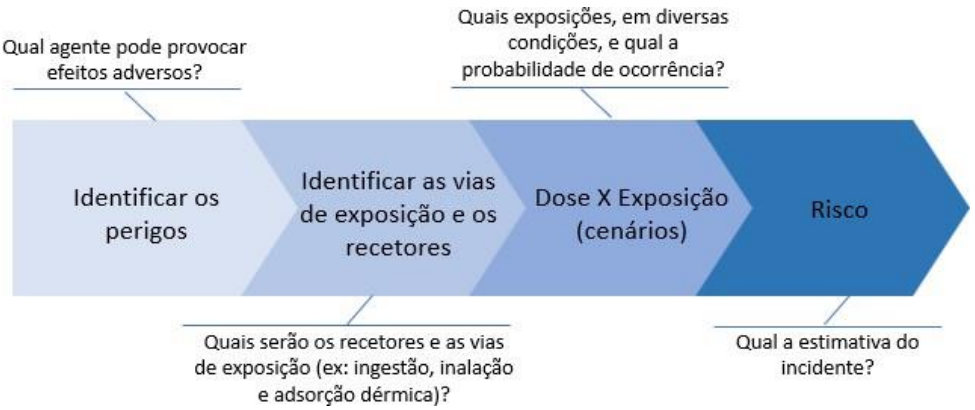

Figura 2 – Etapas para o desenvolvimento da avaliação de risco (Adaptado de APA, 2019).

A metodologia descrita a seguir compreende o modelo semi-quantitativo da avaliação de riscos no âmbito da saúde pública e dos recursos hídricos, suportada na escala proposta por Saaty (1980) para níveis de importância, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Nível importância (Saaty, 1980).

Nível de importância	Fator de importância (fi)
Importância baixa	1
Importância fraca	3
Importância essencial ou forte	5
Importância demonstrada	7
Importância absoluta	9
Importância intermediária entre dois níveis de decisão	2, 4, 6 e 8

Para o desenvolvimento do trabalho a avaliação de risco foi dividida entre a produçãoe utilização interna de ApR pela ETAR Viseu Sul e a utilização externa da ApR na rega dos espaços verdes de Viseu e toda a metodologia a seguir proposta foi baseada no "Guia para reutilização de água – Usos não potáveis" da APA (APA, 2019).

3.1. Avaliação de risco para saúde pública

3.1.1. Perigo

O processo de avaliação de risco inicia-se com a identificação dos possíveis perigos, a partir do reconhecimento dos agentes que causam e influenciam danos à saúde pública. Segundo APA (2019), os perigos associados à reutilização de águas residuais tratadas para a saúde humana podem ser analisados através da concentração de microrganismos existentes na ApR.

Embora sejam encontrados vários agentes microbiológicos danosos à saúde humana, no processo de avaliação de risco apenas microrganismos indicadores são utilizados. A *Escherichia coli* (*E. coli*) é o principal microrganismo indicador de contaminação microbiológica, sendo considerado o mais adequado à contaminação fecal, por ser facilmente detetável e por não ter a capacidade de multiplicação no ambiente. Desta forma, a concentração do *E. coli* definirá o perigo, que está diretamente associado aos tratamentos utilizados nas águas residuais. Quanto mais avançado o tratamento empregado nas águas residuais, menor a concentração de *E. coli* e, consequentemente, menor a classificação do perigo (Tabela 4).

Tabela 4 – Tipo de tratamento, concentração de *E. coli* em ucf/100 mL e classificação associada ao perigo (adaptado de Rebelo, 2018).

Tipo de tratamento	***E. coli* (ucf/100 mL)**	**Classificação (f_{iP})**
Secundário	$\geq 10^4$	9
Secundário + desinfeção	$10^3 < E.\ coli < 10^4$	7
Avançado	$10^2 < E.\ coli < 10^3$	5
Secundário + desinfeção + pós-cloragem	$10^1 < E.\ coli < 10^2$	3
Avançado + pós-cloragem	$\leq 10^1$	1

3.1.2. Recetores, via e cenários de exposição

Para a avaliação de uma exposição é preciso identificar a quantidade e a relevância do perigo quanto às vias e os cenários de exposição convenientes (WHO - World Health Organization, 2016). Sendo assim, para avaliação de riscos para saúde pública é necessário a identificação dos recetores, que são os agentes mais suscetíveis ao contato com a ApR, podendo estes serem divididos em pessoas (trabalhadores, adultos, crianças), animais, vegetação, entre outros.

As vias de exposição para recetores humanos, sendo o meio de transmissão a água, são sempre a ingestão, inalação e a adsorção dérmica, podendo ocorrer de forma direta ou indireta. As vias diretas ocorrem quando há contato direto com a água ou com a superfície molhada, já as vias indiretas ocorrem quando os recetores estão em contato com microrganismos que possam estar presentes na ApR (pode se dar pelo contato com animais domésticos ou com vegetação húmida) (APA, 2019).

A cada via de exposição está associado um fator de importância (f_i), como é possível observar na Tabela 5.

Tabela 5 – Fatores de importância de cada via de exposição e sua justificativa (adaptado de WHO - World Health Organization, 2006).

Vias de exposição	**Fator de importância ($f_{i.via}$)**	**Justificativa**
Ingestão	9	É sempre considerado de absoluta importância
Inalação	9	Importância absoluta em sistema de irrigação por aspersão
	5	Importância essencial ou forte em outros sistemas de irrigação (possibilidade ocorrência de vazamentos de gotas ou gotículas)
Adsorção dérmica	3	Importância fraca devido a menos evidências de infeção

A forma que a população é exposta às vias caracteriza os possíveis cenários de exposição, que só podem ser avaliados após a identificação das vias de exposição e dos recetores. Definir e caracterizar cenários é uma das fases mais críticas do processo de avaliação de risco, isto porque é preciso detalhar de forma minuciosa as potenciais conjunções de exposição e avaliar suas possibilidades. Para isto é necessário conter características do local, como a organização e ocupação dos espaços, barreiras físicas e artificiais existentes e forma de aplicação das ApR (APA, 2019).

Associado a cada cenário há um fator de importância (f_{iC}) quanto a sua existência, sendo assim é possível identificar se para esse cenário há chances de existência ou não da exposição ao perigo. O fator de importância varia entre 1 e 9, sendo 1 ausência de via de infeção demonstrada e 9 via de infeção demonstrada, como descrito na Tabela 6.

Tabela 6 – Fatores de importância associados a cenários de exposição (adaptado de Rebelo, 2018).

Observações	**f_{iC}**
Vias de infeção demonstrada	9
Via de infeção possível	7
Eventual via de infeção (possíveis casos de contaminação)	5
Ausência de dados sobre a via de infeção	3
Ausência da via de infeção demonstrada	1

Ainda ligado aos cenários é possível observar a probabilidade (Prob), que é a possibilidade de ocorrência com aquele recetor. A probabilidade varia entre 1 e 5, em que 1 é

um cenário que nunca ocorreu e o 5 um cenário em que há registos de ocorrência frequente, como descrito na Tabela 7.

Tabela 7 – Probabilidade de ocorrência dos cenários de exposição (ISO 20426:2018).

Descrição	Classificação	Nível
Nunca ocorreu no passado e é altamente improvável que ocorra num período razoável	Raro	1
Nunca no passado, mas pode ocorrer em circunstâncias normais excecionais num período razoável	Pouco provável	2
Pode ter ocorrido no passado e/ou pode ocorrer em circunstâncias normais num período razoável	Possível	3
Há registos de ocorrência no passado e é provável que ocorra num período razoável	Provável	4
Há registos de ocorrência frequente no passado e/ou é quase certo que ocorra na maioria das circunstâncias num período razoável	Quase certo	5

Após verificar os possíveis cenários e classificá-los quanto ao fator de importância (f_{iC}) é necessário identificar o fator de importância do cenário de exposição corigido ($f_{i.cen}$). A determinação do $f_{i.cen}$ é feita através da matriz apresentada na Figura 3, onde a probabilidade de ocorrência do cenário é associada ao fator de importância (f_{iC}) para a obtenção do $f_{i.cen}$.

		Probabilidade de ocorrência				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**
f_{iC}	**1**	1	2	3	4	5
	3	2	3	4	5	6
	5	3	4	5	6	7
	7	4	5	6	7	8
	9	5	6	7	8	9

Figura 3 – Matriz de determinação do fator do cenário de exposição corrigido (Adaptado de APA, 2019).

3.1.3. Vulnerabilidade do recetor

Para a determinação da vulnerabilidade do recetor é necessário ter conhecimento sobre as vias e os cenários de exposição e seus respetivos fatores de importância.

Para o cálculo da vulnerabilidade do recetor são utilizadas as equações Eq. 1 e Eq. 2.

$$V_{rec} = \frac{f_{i.via} \times f_{i.cen}}{f_{normal}} \quad \text{Eq. 1}$$

$$f_{normal} = f_{imax} \times (f_{i.via} \times n^{o}_{cen})$$

Onde:

V_{rec}: Vulnerabilidade do recetor;

$f_{i.via}$: Fator de importância da via de exposição;

$f_{i.cen}$: Fator de importância do cenário de exposição corrigido;

f_{normal}: Fator de normalização (ajustar a escala a um intervalo comum);

f_{imax}: Maior valor na escala de importância (9);

n^{o}_{cen}: número total de cenários existentes para este recetor.

3.1.4. Barreiras

Com o objetivo de reduzir os riscos, após o conhecimento dos cenários de exposição para cada recetor, são implementadas as barreiras. Estes são os mecanismos físicos ou químicos que possibilitam a diminuição do contato entre o recetor e a água, minimizando, consequentemente, as vias de exposição.

As barreiras podem ser aplicadas de forma individual ou em conjunto, configurando uma proteção do tipo multibarreira. Com este tipo de proteção é possível a utilização de ApR com menor qualidade, uma vez que a probabilidade de falha de uma única barreira é sempre superior à probabilidade de falha de várias barreiras em simultâneo, resultando assim em um nível de risco inferior quando comparado a aplicação de uma única barreira (APA, 2019).

Há também o conceito de barreira equivalente (B_{eq}), que é uma medida de controlo que contém resultados semelhantes a uma redução microbiológica, sendo assim possível reduzir o risco a um nível aceitável.

3.1.5. Dano

A determinação do dano é feita a partir da probabilidade de falha das barreiras combinada a severidade do próprio dano, ou seja, a probabilidade do acontecimento de um evento perigoso pela ocorrência de falha nas barreiras.

A severidade do dano representa o dano causado ao recetor quando há falha na barreira, pode variar entre 1 e 5 e está representado na Tabela 8. Para a classificação e descrição da probabilidade é utilizada a Tabela 7 – Probabilidade de ocorrência dos cenários de exposição, mostrada anteriormente.

Tabela 8 – Classificação da severidade do dano (Sev.) (adaptado de APA, 2019).

Descrição	**Classificação**	
Evento sem histórico de causar problemas de saúde	1	Insignificante
Evento possível de causar problemas de saúde pouco graves	2	Fraco
Evento possível de causar doenças pouco graves ou problemas de saúde que causem algumas limitações	3	Moderado
Evento possível de causar alguma doença	4	Forte
Evento possível de causar alguma doença grave ou dano.	5	Severo

O valor do dano parcial (d) é o produto entre a severidade do dano e a probabilidade de falha da barreira, como é possível verificar na equação Eq. 3. O dano parcial pode ser observado na matriz ISO 20426:2018 (Figura 4)

$$d = \frac{S \times P}{5} \qquad \text{Eq. 3}$$

Onde:

d: Dano parcial;

S: Severidade do dano;

P: Probabilidade de falha de barreira;

5: Maior valor exibido na matriz.

			Probabilidade				
			Raro	**Pouco provável**	**Possível**	**Provável**	**Quase certo**
			1	**2**	**3**	**4**	**5**
Severidade	**Insignificante**	**1**	Muito baixa 0,2	Muito baixa 0,4	Baixa 0,6	Baixa 0,8	Moderada 1,0
	Menor	**2**	Muito baixa 0,4	Baixa 0,8	Baixa 1,2	Moderada 1,6	Alta 2,0
	Moderado	**3**	Baixa 0,6	Baixa 1,2	Moderada 1,8	Alta 2,4	Alta 3,0
	Maior	**4**	Baixa 0,8	Moderada 1,6	Alta 2,4	Alta 3,2	Muito Alta 4,0
	Catastrófico	**5**	Moderada 1,0	Alta 2,0	Alta 3,0	Muito Alta 4,0	Muito Alta 5,0

Figura 4 – Matriz de danos parciais (adaptada da ISO 20426:2018).

É feito então a qualificação dos danos parciais para a obtenção dos danos parciais associados a falha na barreira (d_i) de acordo com a escala mostrada na Tabela 11. Após este processo é refeita a matriz com os valores do d_i (Figura 5).

Tabela 9 – Qualificação do dano parcial (Adaptado de Rebelo *et al.*, 2020).

D	**D_i**
$d \leq 0,5$	1
$0,5 < d < 1$	2
$1 \leq d < 1,2$	3
$1,2 \leq d < 2$	4
$2 \leq d < 2,4$	5
$2,4 \leq d < 3$	6
$3 \leq d < 3,2$	7
$3,2 \leq d < 4$	8
$d \geq 4$	9

			Probabilidade				
			Raro	**Pouco provável**	**Possível**	**Provável**	**Quase certo**
			1	**2**	**3**	**4**	**5**
Severidade	**Insignificante**	**1**	Muito baixa 1	Muito baixa 1	Baixa 2	Baixa 2	Moderada 3
	Menor	**2**	Muito baixa 1	Baixa 2	Moderada 4	Moderada 4	Alta 5
	Moderado	**3**	Baixa 2	Moderada 4	Moderada 4	Alta 6	Muito Alta 9
	Maior	**4**	Baixa 2	Moderada 3	Alta 6	Muito Alta 9	Muito Alta 9
	Catastrófico	**5**	Moderada 3	Alta 5	Muito Alta 9	Muito Alta 9	Muito Alta 9

Figura 5 – Expressão de dano parcial (d_i) associado à falha da barreira (adaptado de Rabelo *et al.*, 2020).

Só então é possível calcular o dano global (D) através da equação Eq. 4:

$$D = \frac{\sum(d_i \times n)}{f_{imax} \times n} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

D: Dano global;

d_i: Danos parciais associados a falha na barreira;

n: Número de barreiras equivalentes;

f_{imax}: Maior valor na escala de importância (9).

3.1.6. Risco

Inicialmente é preciso realizar o cálculo do risco por recetor a partir da multiplicação entre o perigo, a vulnerabilidade e o dano de cada recetor (Eq. 5)

$$R_{rec} = P \times V_{rec} \times D \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

R_{rec}: Risco do recetor;

P: Classificação do nível de perigo associado a *E. coli* (f_{iP});

V_{rec}: Vulnerabilidade do recetor;

D: Danos associados à totalidade das barreiras implantadas.

A partir do risco do recetor é possível calcular o risco global através da equação (Eq. 6):

$$R_{global} = \frac{\sum R_{rec}}{n^o{}_{rec}} \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

R_{global}: Risco global;

R_{rec}: Risco recetor;

$n^o rec$: Número de recetores considerados na avaliação de risco.

O valor do risco global pode variar de um valor mínimo superior a zero a nove, dependendo dos diferentes cenários, das suas barreiras e da sua normalização. O valor final do risco é classificado em 3 categorias: Desprezável (Rglobal < 3), aceitável (3 ≤ Rglobal < 7) e inaceitável (Rglobal ≥ 7).

3.2. Avaliação de risco para recursos hídricos

3.2.1. Perigo

Para os recursos hídricos os potenciais perigos são os químicos, principalmente as substâncias ou compostos químicos que não contribuem para a manutenção ou obtenção de um bom estado da água e que podem afetar de alguma forma a possível utilização desta água. Sendo assim, para identificação dos perigos devem ser considerados os usos pretendidos das massas de água, podendo ser considerado os perigos microbiológicos.

Em zonas classificadas como sensíveis (critério eutrofização ou produção de água para consumo humano) ou em zonas de vulnerabilidade hidrogeológica deve-se considerar os nutrientes azoto e fósforo como os perigos principais, já que altas concentrações destes nutrientes, associados a condições de temperatura e luminosidade, causam eutrofização.

Os dados de monitorização dos potenciais meios recetores afetados e a classificação destes em zonas sensíveis ou vulneráveis ditam os níveis de perigo ($f_{iP\ rh}$).Na Tabela 10 é possível observar os níveis de perigo a se considerar em zonas sensíveisou vulneráveis.

Tabela 10 – Nível de perigo para aplicação de ApR em zonas sensíveis à eutrofização, vulnerabilidade à poluição por nitratos ou massas de água com estado inferior a bom (parâmetros N ou P) (APA, 2019).

Tipo de tratamento	Nutrientes (mg/L)	Classificação ($f_{iP\ rh}$)	Nível
Sem remoção de nutrientes	N > 15 e P > 3	9	V
Com remoção parcial de N ou P[1]	N ≤ 15 ou P ≤ 3	7	IV
Com remoção parcial de N ou P[1]	N ≤ 15 ou P ≤ 3	5	III
Com remoção parcial de N ou P	N ≤ 10 e P ≤ 3	3	II
Com remoção avançada de N ou P	N ≤ 5 e P ≤ 0,5	1	I

[1]Em zonas vulneráveis à poluição por nitratos ou estado da massa de água inferior a Bom devido a parâmetro N, considerar N no nível IV e P no nível III; Em zonas sensíveis à eutrofização ou estado da massa de água inferior a Bom devido ao parâmetro P, considerar P no nível IV e N no nível III.

3.2.2. Recetores e vias de exposição

Os principais recetores a considerar em uma avaliação de risco aos recursos hídricos são as águas superficiais e subterrâneas.

As vias de exposição podem ser divididas em vias diretas e indiretas. A infiltração, a rejeição e a deposição constituem vias diretas, já a lixiviação, percolação e ressuspensão constituem vias indiretas de exposição, como esquematizado na Figura 6.

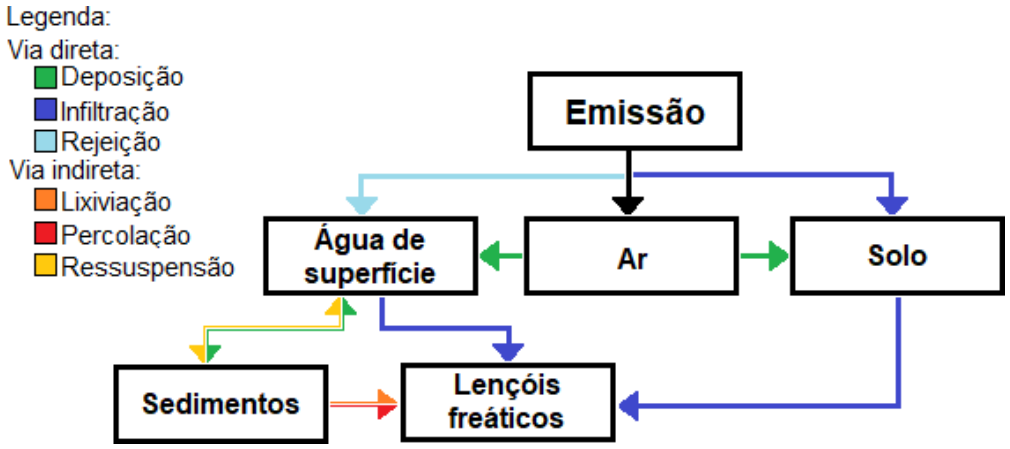

Figura 6 – Vias de exposição para os recursos hídricos (adaptado de Rebelo *et al.*, 2014).

3.2.3. Cenários de exposição e barreiras

Para a avaliação de riscos para os recursos hídricos os cenários de exposição considerados são as emissões, rejeições e fugas que possam vir a ocorrer durante todo o sistema de produção, distribuição, armazenamento e aplicação da ApR, sendo assim, os cenários encontram-se diretamente ligados às medidas de controlo ou prevenção (barreiras) implementadas no projeto de reutilização de ApR.

Para cada via de exposição podem ser aplicadas uma ou duas barreiras (estas relacionas a retenção total ou parcial e ao sistema de deteção de fugas), a depender das medidas de controlo aplicadas, o que representa o número de cenários presentes. Pode ainda haver a ausência de barreiras, o que também é interpretado como um cenário. A Tabela 11 demonstra a descrição das barreiras que podem ser implementadas e o fator de importância ($f_{i\,b}$) associado a cada umas delas.

Tabela 11 – Descrição das medidas de controlo/prevenção (barreiras) (adaptado de APA, 2019).

Tipo de barreira	**Descrição**	**$f_{i\,b}$**
Retenção total	Sistemas de interrupção imediata do fornecimento de água para reutilização em caso de anomalia (e.g. alteração da turvação) na fonte (produção), na via de exposição (distribuição/armazenamento) e no recetor (na aplicação).	3
Retenção parcial/ sistema de rega adequado às necessidades hídricas	Fonte: Controlo de águas residuais industriais às redes de drenagem de águas residuais urbanas. Via de exposição: Tratamento mais avançado que secundário de águas residuais (remoção de N, P ou outras substâncias por sistemas de membranas ou oxidação avançada). Recetor: Sistema de controlo de dotação de água à vegetação para garantia de uso mínimo para satisfação das necessidades hídricas.	5
Sistemas de deteção de fugas	Qualquer sistema de alerta que permite identificar fugas nos sistemas de tubagem, armazenamento ou alterações da qualidade da ApR, que podem ser aplicados quer na fonte (produção), (distribuição/armazenamento) e no recetor (na aplicação).	7
Ausência de barreiras	Não há possibilidade de implementação de nenhuma barreira.	9

Para as barreiras, ao contrário do referido na avaliação de risco para saúde pública, não é utilizado o conceito de barreiras equivalentes, sendo considerada cada barreira como única, com a possibilidade de ser aplicada em diferentes fases do projeto de reutilização, com o objetivo de minimizar ou até eliminar possíveis cenários de exposição. Assim como na avaliação de risco para saúde pública, a adoção de multibarreiras (barreiras conjugadas) auxilia

na redução do risco associado ao projeto.

3.2.4. Vulnerabilidade

A vulnerabilidade parcial das águas superficiais e subterrâneas ($Vp_{ag\ sup}$ e $Vp_{ag\ sub}$) são obtidas a partir da matriz representada na Figura 7. A escorrência superficial e a infiltração conjugada às características hidrogeológicas da área determinam a vulnerabilidade parcial dos recetores.

		Escorrência superficial				Águas superficiais
		Ausência de escorrência superficial	Baixa escorrência superficial	Média escorrência superficial	Elevada escorrência superficial	
		I	II	III	IV	
		2	4	6	6	
		Infiltração nás águas subterrâneas				Águas subterrâneas
		Ausência de infiltração	Baixa infiltração	Média infiltração	Elevada infiltração	
		I	II	III	IV	
Aquífero superficial com ausência de camada protetora de argila	I	2	4	6	6	
Aquífero profundo com camada protetora de argila	II	2	4	4	6	
Aquífero profundo com camada protetora de argila significante	III	2	2	4	4	
Ausência de aquífero com continuidade hidrológica na área	IV	2	2	4	4	

Figura 7 – Vulnerabilidade parcial das águas superficiais e subterrâneas (adaptado de 16075: 2020).

A partir das vulnerabilidades parciais ($Vp_{ag\ sup}$ e $Vp_{ag\ sub}$) dos recetores, é possível obter a vulnerabilidade dos recursos hídricos (Vrh), através das equações Eq. 7, Eq. 8 e Eq. 9:

$$Vrh = Vp_{ag\ sub} \times fp_{ag\ sub} + Vp_{ag\ sup} \times fp_{agsup} \quad \text{Eq. 7}$$

$$fp_{ag\ sub} = \frac{Vp_{ag\ sub}}{Vp_{ag\ sub} + Vp_{ag\ sup}} \quad \text{Eq.8}$$

$$fp_{ag\ sup} = \frac{Vp_{ag\ sup}}{Vp_{ag\ sub} + Vp_{ag\ sup}} \quad \text{Eq. 9}$$

Onde:

Vrh: Vulnerabilidade dos recursos hídricos;

$Vp_{ag\ sub}$: Vulnerabilidade parcial das águas subterrâneas;

$Vp_{ag\ sup}$: Vulnerabilidade parcial das águas superficiais;

$fp_{ag\ sub}$: Fator de ponderação para as águas subterrânea;

$fp_{ag\ sup}$: Fator de ponderação para as águas superficiais.

Após a determinação da vulnerabilidade dos recursos hídricos é necessário atribuir o fator de importância para essa Vrh (Tabela 12)

Tabela 12 – Vulnerabilidade dos recursos hídricos (V_{rh}) expressa pelo fator de importância ($V_{rh\ i}$) (APA, 2019).

$\mathbf{V_{rh}}$	$\mathbf{V_{rh\ i}}$
5,2	9
5	7
4	5
3,3	3

Para a vulnerabilidade global (V_g) será necessário associar o fator de importância da vulnerabilidade dos recursos hídricos (V_{rh} i) com o fator de importância das barreiras implementadas ($f_{i\ b}$), encontrado na Tabela 19 (Eq. 10)

$$V_g = V_{hr\ i} \times \frac{\Sigma f_{i\ b}}{f_{imax} \times n^o_{cen}} \qquad \text{Eq. 10}$$

Onde:

$V_{hr\ i}$: Vulnerabilidade dos recursos hídricos expressa em importância;

$f_{i\ b}$: Fator de importância associado a cada barreira implantada;

f_{imax}: Fator de importância máximo da escala de Saaty (9);

n^o_{cen}: Número de cenários de exposição.

3.2.5. Dano

Assim como na avaliação de riscos para saúde pública, a determinação do dano é a conjugação entre a severidade do próprio dano com a probabilidade de falha das barreiras.

A severidade do dano decorre da classificação do meio recetor, o estado da massa de águas e os seus usos. Já a probabilidade de ocorrência de falha pode ser dividida entre quase

certa, provável, possível e pouco provável. Para os dois parâmetros são associados valores de importância, como é possível observar nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 – Probabilidade de ocorrência de exposição dos recursos hídricos à contaminação (APA, 2019).

Probabilidade	**Observações**	**Valor**
Quase certa	Via de contaminação demonstrada	5
Provável	Via de contaminação possível	4
Possível	Eventual via de contaminação	3
Pouco provável	Ausência de dados sobre a via de contaminação	2

Tabela 14 – Severidade dos danos para os recursos hídricos (APA, 2019).

Severidade	**Observações**	**Valor**
Severo	Massa de água com estado inferior a bom	5
Forte	Massa de água em bom estado, com uso definido e com classificação (vulnerável à poluição por nitratos ou zona sensível)	4
Moderado	Massa de água em bom estado, com uso definido ou com classificação (vulnerável à poluição por nitratos ou zona sensível)	3
Fraco	Massa de água em bom estado, sem uso definido ou classificação	2

A combinação entre a probabilidade de ocorrência da falha da barreira com a severidade do dano dá origem ao dano parcial (d_i) que pode ser observado na matriz da Figura 8.

A determinação do Dano pode ser feita a partir da equação Eq. 11.

$$D = \frac{\Sigma(d_i \times n)}{f_{imax} \times n} \qquad \text{Eq. 11}$$

Onde:

D: Dano

d_i: Dano associado às vias e cenários de exposição considerados;

n: Número de cenários considerados;

f_{imax}: Fator de importância máxima (9).

			Probabilidade de ocorrência de exposição			
			Pouco provável	Possível	Provável	Quase certa
			2	3	4	5
Severidade dos danos	Fraco	2	2	4	4	5
	Moderado	3	4	4	6	7
	Forte	4	4	6	8	9
	Severo	5	5	7	9	9

Figura 8 – Matriz de determinação do dano parcial (APA, 2019).

3.2.6. Risco

Para a determinação de risco (R_{rh}) para recursos hídricos é necessário multiplicar o perigo, a vulnerabilidade global (Vg) e o dano e dividir este resultado 9, como é possível observador na equação Eq. 12.

$$R_{rh} = \frac{p \times V_g \times D}{9} \qquad \text{Eq. 12}$$

Onde:

R_{rh}: Risco para recursos hídricos;

P: nível de perigo ($f_{iP\ rh}$);

V_g: Vulnerabilidade global;

D: Dano.

O resultado do risco para recursos hídricos pode variar de zero a nove, podendo assim, serem divididos em três níveis quando à aceitabilidade dos riscos globais apresentados para os recursos hídricos, divididos em:

- Desprezável, se $R_{rh} < 3$;
- Aceitável, se $3 \leq R_{rh} < 7$;
- Inaceitável, se $R_{rh} \geq 7$.

4. ESTUDO DE CASO

Na presente dissertação avaliou-se o risco da produção e utilização interna de água tratada pela ETAR Viseu Sul e da sua utilização externa na rega dos espaços verdes de Viseu, pela Divisão de Ambiente, Higiene Urbana e Espaços Verdes (DAHUEV). Para isto é indispensável analisar as características respetivas à ApR, ao produtor e ao utilizador.

Neste capítulo estão descritas, de forma detalhada, as principais características da entidade produtora (ETAR Viseu Sul), com ênfase nos seus métodos de tratamento de água, os métodos de controlo de qualidade (monitorização) e a qualidade de água produzida. É valido ressaltar, que a avaliação de risco para produção e utilização interna de ApR foi desenvolvida durante o estágio curricular e utilizada no processo de licenciamento para produção e fornecimento de água para reutilização pela ETAR Viseu Sul. Para o licenciamento foi desenvolvimento um material descritivo com todas as características sobre o projeto de produção e utilização interna da ApR pela ETAR.

Para utilização externa, foram exploradas as características hidrogeológicas da área, importantes para definição da vulnerabilidade dos recetores a nível da avaliação de risco para os recursos hídricos

4.1. ETAR Viseu Sul

A ETAR Viseu Sul foi concebida com a finalidade de tratar a AR de origem urbana e industrial (após devido tratamento legalmente exigido) e acabou por substituir 7 ETARs do concelho que se encontravam com problemas de eficiência, sendo estas as ETARs de Teivas, São Salvador, Vila Chã de Sá, Póvoa dos Sobrinhos, Repeses, Parque Industrial de Coimbrões e Ranhados. Teve suas atividades iniciadas em fevereiro de 2016, financiada pelos fundos comunitários do programa CREN-POVT.

Com uma área de aproximadamente de 4,5 hectares, a ETAR Viseu Sul está situada à margem esquerda do rio Pavia, no lugar do Castelo em Fail, pertencente à União de Freguesias de Fail e de Vila Chã de Sá do concelho de Viseu (Figura 9 e 10). Serve atualmente a uma população de 73900 habitantes, tendo como capacidade, para o ano de horizonte do projeto (em 2025), de servir cerca de 90000 habitantes.

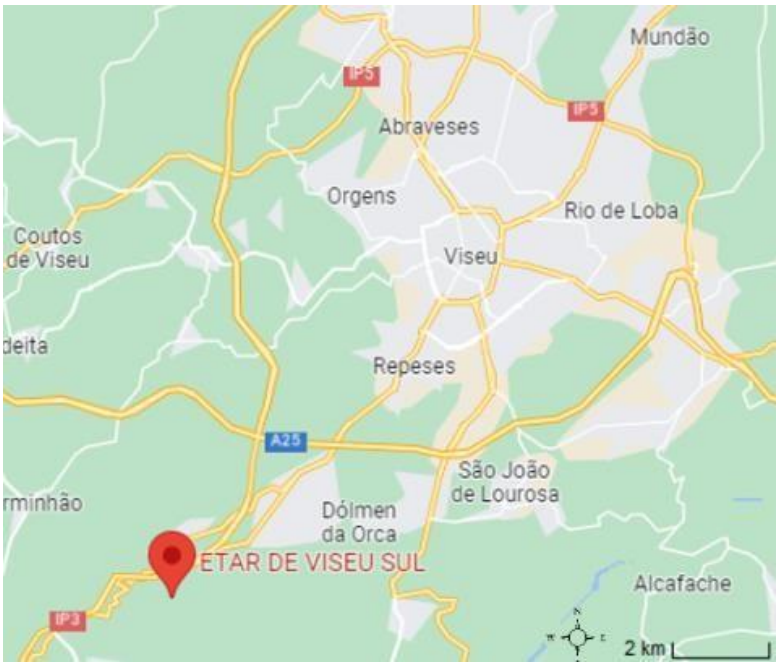

Figura 9 – Localização da ETAR Viseu Sul (*Google Maps*, 2023)

A ETAR é gerida pelo Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Viseu - Águas de Viseu (SMASV-AV), órgão público que administra as políticas municipais dos setores de drenagem de água residual (AR) e pluviais (recolha da AR, transporte, tratamento e rejeição adequada) e o abastecimento de água, (captação, tratamento, adução, elevação, armazenamento e distribuição da água).

Figura 10 – ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018).

4.1.1. Tratamento da água residual

Quanto ao nível de tratamento, na ETAR Viseu Sul, é possível dividi-los em três partes: Pré-tratamento, tratamento biológico e ultrafiltração por membranas, o que a classifica como uma estação com tratamento mais avançado que o secundário (Figura 11). Por possuir um sistema MBR (*Menbrane bioreactor*) por ultrafiltração e por dispor da possibilidade de desinfeção do efluente tratado por cloragem, a ETAR pode classificar-se como de tratamento terciário. O sistema de MBR por ultrafiltração é considerado o maior de Portugal o que o torna referência no setor de tratamento de AR a nível nacional.

O princípio de um sistema de MBR é equivalente a um sistema convencional de lamas ativadas. No entanto, existem diferenças que podem ser encontradas, nomeadamente a dispensa de um decantador secundário e a presença de uma filtração terciária, possibilitando assim, uma solução mais compacta.

A ETAR Viseu Sul ainda possui o tratamento das lamas para valorização agrícola e o tratamento de odores durante todo o processo. O esquema de tratamento está apresentado na Figura 11.

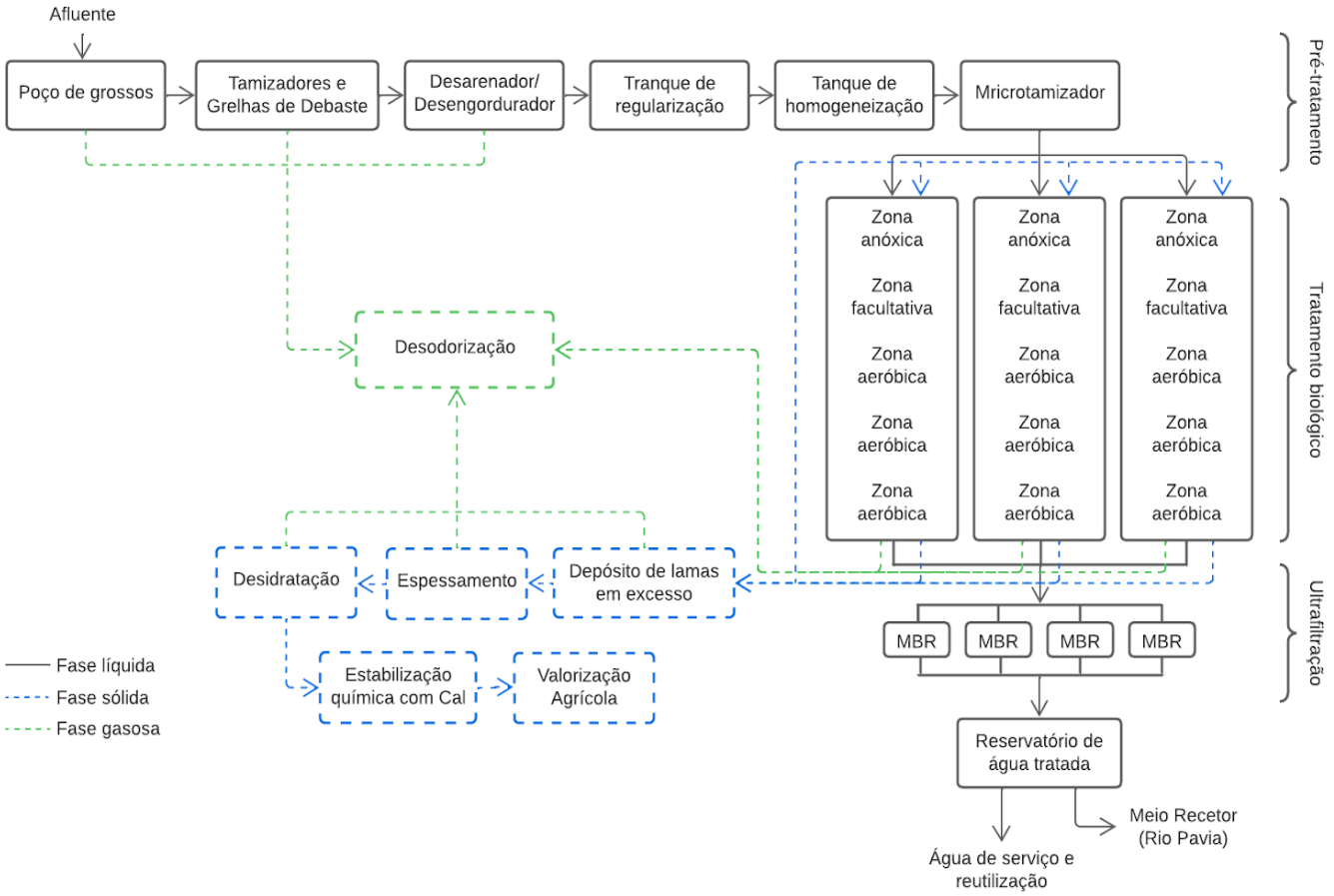

Figura 11 – Fluxograma do esquema de tratamento na ETAR de Viseu Sul.

4.1.1.1. Pré-tratamento

O afluente entra na estação de tratamento, no edifício de pré-tratamento, por dois emissários e é encaminhado ao poço de grossos, onde são removidos os materiais de maiores dimensões por uma colher hidráulica. Posteriormente encontra-se uma grelha manual que impede a passagem de maiores objetos (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2014).

A AR é encaminhada então ao canal de desbastes, onde se encontram três grelhas automáticas seguidas por três peneiras/tamizadores automáticos. Para a extração dos resíduos, estão instalados um parafuso transportador e um equipamento que efetua a lavagem e a compactação dos resíduos, evitando assim o entupimento e o bloqueio dos seguintes equipamentos do processo.

A seguir, se encontram os três desarenadores/desengorduradores arejados, onde três bombas de impulsão, uma em cada desarenador, provocam a extração das partículas sólidas com dimensão de 0,2 mm e de natureza predominantemente inorgânica (areia, bagos de café,

partículas metálicas, casca ovo) (Metcalf *et al.,* 1991). Estas partículas devem ser retiradas do processo para evitar o desgaste por abrasão de equipamentos como as bombas, tubagens, válvulas, difusores, além de evitar a deposição da areia em tubagens, canais e decantadores (Monte *et al.,* 2016).

O processo de desengorduramento é feito através de flotação, que consiste na flutuação das partículas menos densas que a AR pela introdução de bolhas finas de ar. As escumas são direcionadas a um concentrador de gorduras e posteriormente a um reator biológico alocado abaixo do edifício de pré-tratamento, com uma capacidade de 210 m³ e com um tempo de retenção de até 70 dias (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2014).

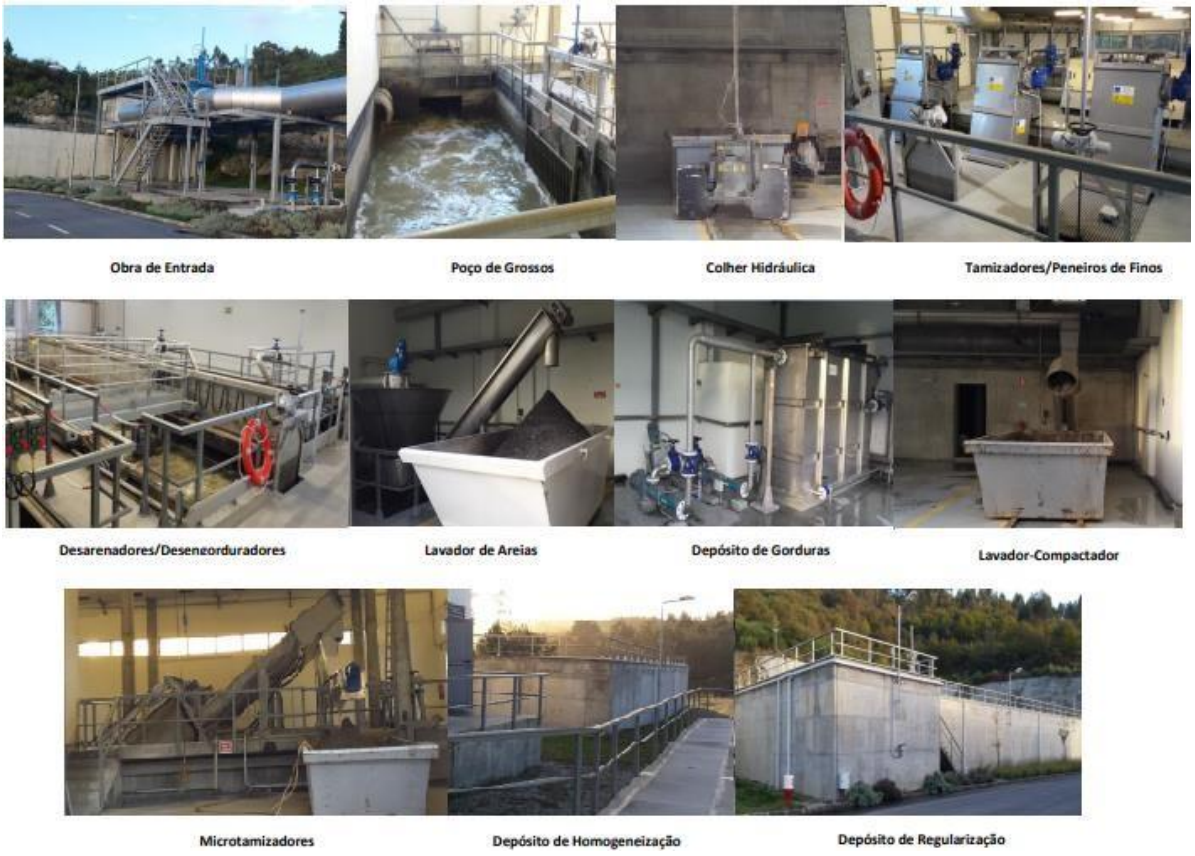

Figura 12 – Áreas e equipamentos pertencentes ao pré-tratamento da ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018).

A seguir encontram-se os depósitos de regularização e homogeneização. O tanque de regularização permite laminar caudais de ponta em tempo seco, mesmo em épocas em que o caudal de entrada da ETAR esteja abaixo do necessário descrito no projeto. Já com o caudal regulado a AR é conduzida ao tanque de homogeneização, que evita que afluentes industriais ou flutuações de caudal e/ou de carga prejudique o funcionamento do reator biológico (Monte

et al., 2016). Tanto o tanque de regularização, quanto o de homogeneização encontram-se equipados com agitadores para evitar a sedimentação (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2014).

Para finalizar o pré-tratamento a AR é encaminhada ao edifício onde se encontram os três microtamizadores rotativos de chapa, onde são removidos os sólidos de dimensão superior a 1 mm. Posteriormente, de forma equitativa, a AR é encaminhada para os reatores biológicos (RB) de lamas ativadas, iniciando assim o tratamento secundário o biológico.

4.1.1.2. Tratamento Secundário

Após a AR passar pelos microtamizadores inicia-se o tratamento biológico/secundário, com um volume total de 16328 m^3 dividido nas três linhas dos RB de lamas ativadas (5443 m^3/linha), onde ocorre a nitrificação e a eliminação da matéria carbonada, além da estabilização de lamas com uma idade de 20 dias. Cada linha do RB é formada por 5 zonas:

- 1 Zona anóxica: É onde ocorre a desnitrificação e é dotada de agitadores submersíveis para evitar a sedimentação;
- 1 Zona facultativa: Pode funcionar como zona anóxica ou óxica a depender da necessidade da ETAR, é dotada de agitadores submersíveis e de difusores para fornecimento de ar, com três ventiladores com medidores de oxigénio dissolvido.
- Zonas óxicas: Onde ocorre o processo de arejamento, favorecendo o crescimento dos microrganismos, que se alimentam da matéria orgânica e dos nutrientes contidos na AR, além de remover alguns poluentes (manganês, ferro e dióxido de carbono) e repor níveis de oxigénio antes da AR ser liberada ao meio recetor. Esta zona é dotada de difusores para fornecimento de ar, com três ventiladores e com medidores de oxigénio dissolvido.

O processo de degradação dos contaminantes orgânicos, transformando-os em biomassa celular sob a matéria orgânica em suspensão, ocorre por intermédio destes processos anaeróbios e aeróbios. Para o crescimento das lamas ativadas suspensas, os microrganismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica são mantidos em suspensão por agitação no interior do líquido (Sousa, 2016).

Para a remoção biológica do fósforo, a exposição alternada da AR a condições

anaeróbias e aeróbias, facilita a sua acumulação na biomassa. A eliminação ocorre essencialmente por via química por intermédio do doseamento de cloreto de ferro ($FeCl_3$) e co-precipitação no RB.

No caso do nitrogénio, a sua remoção biológica é feita a partir da nitrificação e desnitrificação. Na nitrificação, ocorre numa primeira fase a conversão da amónia em nitrito e numa segunda fase, a conversão do nitrito em nitrato. Na desnitrificação, dá-se a redução do nitrato em N_2 entre outros produtos finais gasosos (Sousa, 2016). A entrada de nitratos nas câmaras anóxicas realiza-se mediante a recirculação externa desde a zona de membranas, com uma recirculação de 400% do caudal permeado (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2014).

Os flutuantes encontrados no RB são eliminados durante a passagem das águas entre as zonas (anóxica, facultativa e óxida 1), que é realizada por um vertedor de queda livre, o que impede a sua retenção, evitando que alterem processo biológico. Assim, os flutuantes são encaminhados a um depósito e em seguida vão para o depósito de lamas em excesso (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2014).

A água já tratada transborda para o canal de saída do RB, que será conduzida por gravidade ao canal de repartição e entrada no depósito de membranas.

Figura 13 – Reatores biológicos da ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018).

4.1.1.3. Ultrafiltração

O processo de filtração por membranas consiste na separação de misturas heterogéneas a partir da combinação de um filtro e uma força motriz. Com o filtro é possível a passagem de alguns constituintes da água através de poros e há o impedindo da passagem de partículas com

diâmetros superiores aos dos poros da membrana. A força motriz é o gradiente de pressão que impulsiona a passagem do fluxo de alimentação através da membrana (Peppin & Elliott, 2001)

A ETAR dispõe de um sistema ultrafiltração por membranas submersas de fibra oca da marca ZENON e modelo ZEEWEED 500D. As membranas possuem um diâmetro nominal de 0,04 µm e foram projetadas para tratar um caudal médio diário de 20.214 m³/d e um caudal máximo diário de 30.320 m³/d. Estas membranas foram concebidas especificamente para fontes de água difíceis de tratar e para a produção de água com elevada qualidade (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2016).

A ultrafiltração é utilizada na purificação, separação ou concentração de várias partículas suspensas, vírus ou bactérias, a partir do diâmetro reduzido, garantindo a remoção de sólidos de dimensão microscópica, < 0,2 µm (figura 6). As membranas de ultrafiltração operam sob um ligeiro vácuo criado pela bomba de água de alimentação, que passa através da membrana, entra nas fibras ocas e é bombeada para o tanque de armazenamento de água tratada. Para melhor manutenção das membranas, é necessário arejamento contínuo, que previne a adesão da lama à sua superfície, além de auxiliar na oxidação dos compostos orgânicos e do ferro, o que resulta numa qualidade da água tratada superior do que o conseguido apenas por ultrafiltração (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2016).

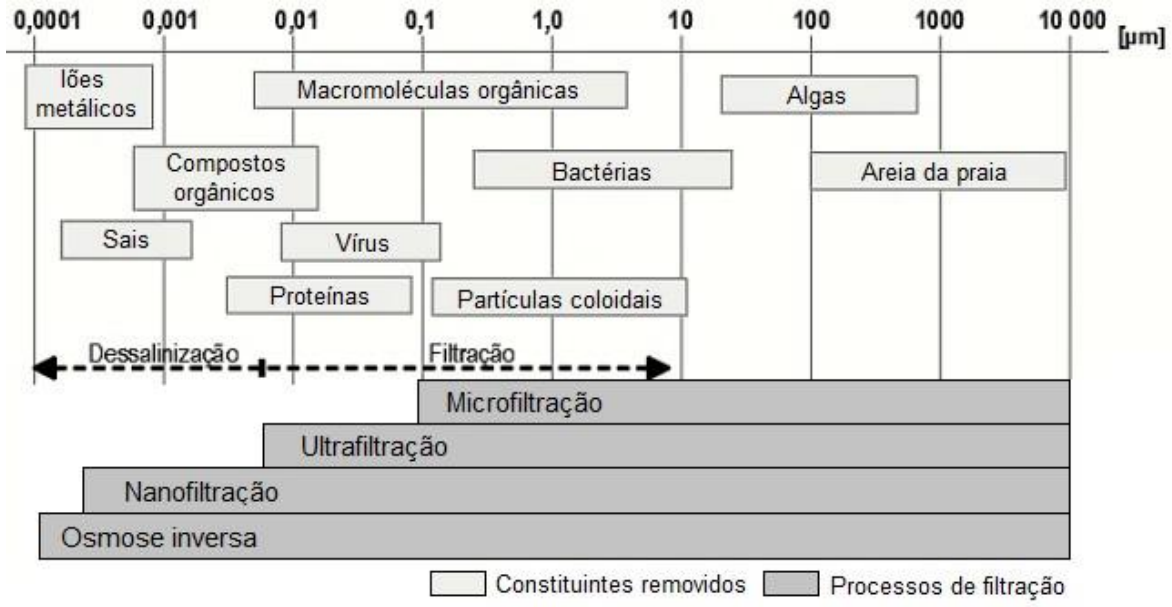

Figura 14 – Dimensão de partículas e microrganismos removidos por processos de membranas (adaptado de EPRI, 1997)

Atualmente, o sistema de ultrafiltração dispõe de quatro trens equipados com 7 cassetes de membranas cada (um total de 28 cassetes) e um quinto, construído para uma futura ampliação. Existem 308 módulos instalados por trem (no total dispõe-se de 1.232 módulos) e que em cada um destes foi deixado espaço para uma oitava cassete o que possibilita um máximo de 1536 módulos, havendo o potencial de ampliar em 50% o sistema MBR, sem ampliar a obra. Devido ao pequeno tamanho dos poros é garantida a eliminação de uma grande percentagem de impurezas, isto inclui alguns vírus, que são removidos através da combinação dos processos de adsorção dos sólidos no depósito das membranas e através da filtração (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2016).

Figura 15 – Trens e cassete das membranas de ultrafiltração da ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018).

4.1.1.4. Tratamento de Lamas

As lamas em excesso são aspiradas no canal de transbordo, comum aos quatro trens de membrana, e bombeadas inicialmente a um depósito com agitador submersível e posteriormente aos espessadores mecânicos.

Nos espessadores mecânicos as lamas passam por uma centrifugação, mediante a força gerada nos tambores rotativos horizontais, com o auxílio de raspadores e pente de espessamento. É adicionado polieletrólito, visando aumentar a eficiência do espessamento. Os resíduos ou as escorrências do espessador são encaminhados, por gravidade, para o início do processo de tratamento da ETAR, sendo reintroduzidos no tratamento da fase líquida (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2014). O espessamento de lamas é um processo necessário para

reduzir o teor de água e aumentar a concentração de sólidos, o que consequentemente reduz o seu volume e peso final (Sousa, 2016).

Para reduzir ainda mais a humidade das lamas há a desidratação. As lamas são bombeadas para área de desidratação, onde também é realizada a adição de polieletrólito a uma concentração média de 4,5 kg/m³. Ao final do processo de desidratação há o acondicionamento das lamas com Cal, que aumenta a massa seca e o pH durante o tempo suficiente para assegurar a estabilização da lama, de modo a torná-la inerte em caso de mau funcionamento do processo (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2014).

Para o armazenamento da lama desidratada, existem dois silos de 150 m³, o que supõe uma capacidade de armazenamento de cerca de 10 dias, até à descarga da lama para os camiões.

Figura 16 – Áreas e equipamentos para tratamento de lamas da ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018).

4.1.1.5. Desodorização

O sistema de desodorização da ETAR Viseu Sul ocorre em dois edifícios localizados em zonas diferentes. Um desodoriza o ar dos depósitos do pré-tratamento, dos tamizadores e

grelhas de desbaste e do desarenador/desengordurador, o outro desodoriza o ar dos edifícios e depósitos de homogeneização, dos microtamizadores, das lamas, do MBR e do RB (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2014).

O ar que se concentra nestes dois sistemas de desodorização é submetido à interação forçada com agentes ácidos e básicos. Na 1ª etapa adicionado H_2SO_4, na 2ª etapa NaClO + NaOH e na 3ª etapa $NaHSO_3$ (Bissulfito de Sódio).

Três torres de lavagem compõem o sistema de desodorização da ETAR, sendo que inicialmente o ar passa em contracorrente com uma solução ácida para estabilização da amónia e aminas e passa novamente em contracorrente com uma solução oxidante e básica, para remoção de sulfuretos e mercaptanos e assim estabilizar os ácidos formados, permitindo uma melhoria significativa da qualidade do ar de todo o espaço envolvente (Cadagua/Ferrovial/Embeiral, 2014).

Figura 17 – Área dos reagentes químicos e das torres de desodorização da ETAR Viseu Sul (Almeida, 2018).

4.1.2. Monitorização

Para monitorização do sistema operacional da ETAR são feitas análises laboratoriais que ocorrem nas diversas fases do tratamento da ETAR. As coletas das amostragens ocorrem no horário das 9 h às 17 h, durante o período de segunda a sexta-feira e são colhidas pontualmente com um amostrador.

A amostragem na fase sólida ocorre sempre que os equipamentos se encontrem em funcionamento, sendo realizadas de forma pontual nas condutas de rejeição das escorrências de espessamento e de desidratação.

Os parâmetros de controlo que são analisados a fim de monitorar a qualidade do processo operacional da ETAR estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15 – Parâmetros de controlo do processo.

Parâmetros de controlo	**Sigla**
Temperatura	T
Oxigénio Dissolvido	O.D.
Sólidos Suspensos	SS
Sólidos Suspensos Totais	SST
Sólidos Suspensos Fixos	SSF
Sólidos Suspensos Voláteis	SSV
Carência Bioquímica de Oxigénio (5 dias)	CBO_5
Carência Química de Oxigénio	CQO
Amónia	NH_4^+
Azoto Orgânico	N. org.
Nitratos	NO_3^-
Azoto total	Nt
Fósforo total	Pt
Volume de Sedimentação (30 min)	V 30
Volume de Sedimentação (60 min)	V 60
Índice Volumétrico de Lamas	IVL
Coliformes Totais	C.T.
Coliformes Fecais	C.F.
Massa Seca	M.S.
pH	pH

Para a linha gasosa, são realizadas amostragens na entrada e na saída dos sistemas de desodorização de forma pontual na proximidade das torres com uma bomba de aspiração de

gases. Os parâmetros pesquisados são: o Sulfureto de Hidrogénio (H_2S), os Metilmercaptanos (CH_4S), o Amoníaco (NH_3) e o Cloro (Cl_2).

As coletas das amostras podem ser feitas em diferentes partes do tratamento da fase líquida, como no(s):

- Pré-tratamento: No afluente (Af), no Desarenador/Desengordurador (DD) e no micro-tamizador;
- Reatores biológicos: Na câmara anóxica (An), na câmara facultativa (Fa), na câmara óxida 1 (Óx1), na câmara óxida 2 (Óx2) e na câmara óxida 3 (Óx3);
- MBR: No recirculador (Re) e no efluente final (EF).

A periodicidade das análises de controle operacional varia de acordo com os parâmetros a serem analisados e com as etapas do processo de tratamento em que são colhidas as análises, podendo se dividir em análises diárias (D), análises semanais, análises à bisemanais (2x/S) e análises trisemanais (3x/S).

Na tabela 16 e 17 é possível observar a periodicidade das análises de controlo operacional da fase líquida e da fase sólida na ETAR Viseu Sul.

Tabela 16 – Periodicidade do controlo operacional a efetuado à fase líquida.

	Pré-tratamento			**Reatores biológicos**					**MBR**	
	Af	**DD**	**MT**	**Na**	**Fa**	**Óx1**	**Óx2**	**Óx3**	**Re**	**EF**
pH	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
T	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
O.D.	D	-	-	-	-	-	-	-	-	D
SS	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SST	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SSF	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
SSV	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
CBO5	3x/S	3x/S	3x/S	-	-	-	-	-	-	3x/S
CQO	3x/S	3x/S	3x/S	-	-	-	-	-	-	3x/S
NH4+	2x/S	-	-	-	-	-	-	-	-	3x/S
N. org	2x/S	-	-	-	-	-	-	-	-	3x/S

	Pré-tratamento			Reatores biológicos					MBR	
NO3-	2x/S	-	-	-	-	-	-	-	-	3x/S
Nt	2x/S	-	-	-	-	-	-	-	-	3x/S
Pt	2x/S	-	-	-	-	-	-	-	-	3x/S
V 30	-	-	-	D	D	D	D	D	D	-
V60	D	D	-	-	-	-	-	-	-	D
IVL	-	-	-	D	D	D	D	D	D	-
C.T.	D	-	-	-	-	-	-	-	-	D
C.F.	D	-	-	-	-	-	-	-	-	D

Tabela 17 – Periodicidade do controlo operacional a efetuado à fase sólida.

Parâmetro	Lamas espessadas	Escorrência das lamas espessadas	Lamas desidratadas	Escorrência das lamas desidratadas
pH	2x/S	2x/S	D	2x/S
T	2x/S	2x/S	2x/S	2x/S
SST	2x/S	2x/S	2x/S	2x/S
SSF	2x/S	2x/S	2x/S	2x/S
SSV	2x/S	2x/S	2x/S	2x/S
CQO	-	Semanal	-	Semanal
NH	-	Semanal	-	Semanal
Pt	-	Semanal	-	Semanal
% MS	-	-	2x/S	-

A periodicidade do controlo operacional efetuado à fase gasosa ocorre sempre quinzenalmente com coleta das amostras à entrada e à saída das torres de desodorização.

4.1.3. Qualidade da água tratada

A ETAR tem como principal função receber e tratar as águas residuais de forma a serem devolvidas ao meio ambiente em condições ambientalmente seguras. De modo a garantir a

eficiência do funcionamento dos processos de tratamento, é necessário analisar os parâmetros químicos e microbiológicos, e a partir das análises laboratoriais feitas pela ETAR é possível observar a qualidade da água à saída do sistema de tratamento.

O anexo 2 mostra os parâmetros de qualidade analisados, o valor limite de emissão (VLE), as concentrações que são encontradas na entrada e na saída do tratamento e a percentagem de remoção do poluente.

4.2. Área de utilização da ApR

A reutilização da água ocorrerá no concelho de Viseu, que corresponde a uma área de aproximadamente 51 000 ha e é composto por 34 freguesias. A utilização da ApR será nas áreas verdes geridas pelo DAHUEV, e que se encontram, na sua maioria, localizadas no centro do concelho de Viseu. São consideradas áreas verdes os parques, as rotundas, áreas de passeio, praças e relvas públicas. Na Figura 18, é possível observar estas áreas e os respetivos responsáveis pela manutenção.

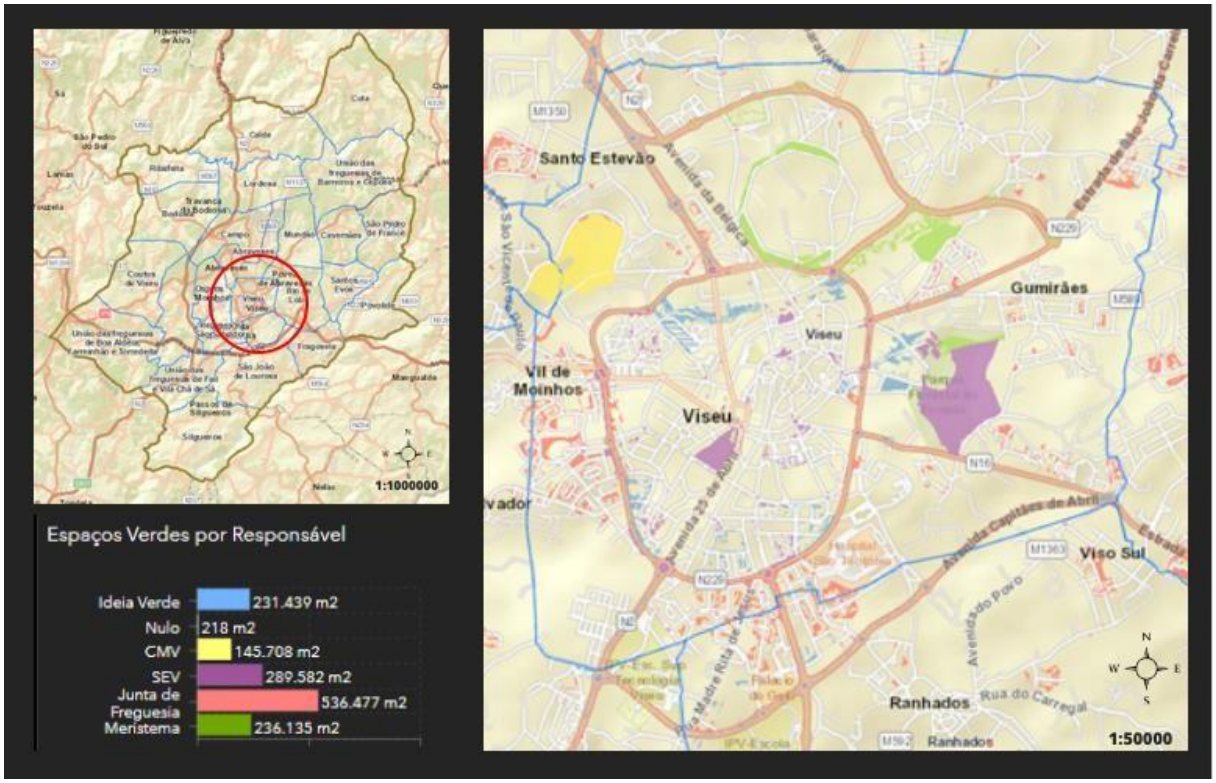

Figura 18 – Área verdes do Concelho de Viseu (Imagens cedidas pela DAHUEV)

Dados disponibilizados pela DAHUEV mostram que a área total de espaços verdes em Viseu é de 1.439.558 m². Desse total, cerca de 42% necessita de rega. O três locais com maior concentração de área verde são a Mata do Fontelo, com 168.225 m², o Parque Urbano de Santiago, com 61.494 m² e o Parque Aquilino Ribeiro, com 28.731 m².

A figura 19 demonstra as freguesias com mais áreas verdes do Concelho de Viseu.

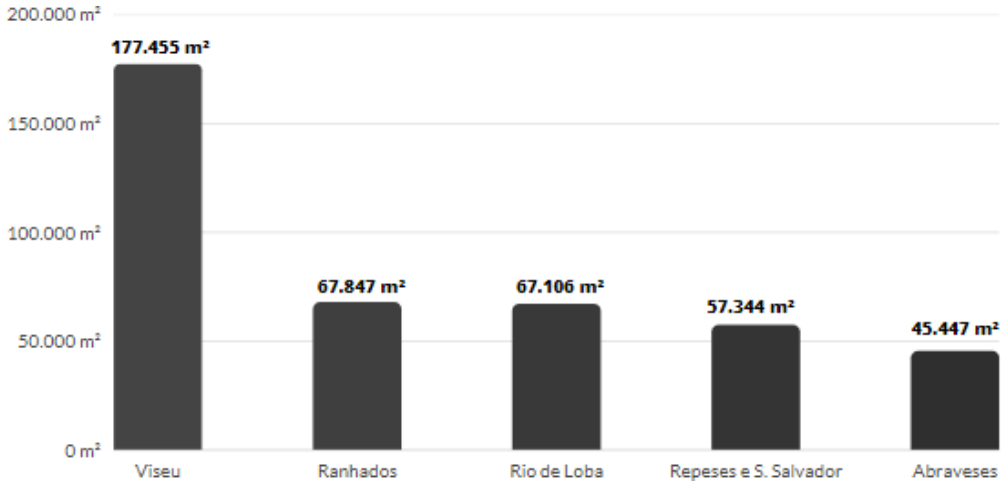

Figura 19 – As freguesias com mais áreas verdes de Viseu.

4.2.1. Caracterização hidrogeológica

O armazenamento e a circulação da água no ambiente subterrâneo só são possíveis pelas características geológicas dos terrenos.

Em um contexto regional, Viseu encontra-se na região hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis (RH4), localizado no extremo nordeste da ampla Plataforma do Mondego (ARH - C, 2011) (Figura 20).

Figura 20 – Mapa da Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis (RH4) e a delimitação dos concelhos. (Adaptado de ARH-C, 2011)

O distrito de Viseu se encontra na região do maciço antigo indiferenciado (Figura 21), mais especificamente na Zona Centro-Ibérica. O Maciço Antigo, também conhecido como Maciço Hespérico ou Ibérico é a unidade geológica que ocupa a maior extensão em Portugal. É constituído fundamentalmente por rochas eruptivas e metassedimentares (Almeida *et al.*, 2000). As rochas nesta área são conhecidas por rochas cristalinas ou rochas duras, ou ainda por rochas fraturadas e fissuradas. De modo geral são caracterizadas como materiais com baixa aptidão hidrogeológica e escasso em recursos hídricos subterrâneos, estas rochas dão origem a aquíferos muito pobres, em geral livres, descontínuos, de produtividade muito baixa, (Almeida *et. al.*, 2000).

Figura 21 - Distribuição das unidades hidrogeológicas em Portugal Continental (SNIRH, 2023)

Por ter uma baixa função capacitiva dos reservatórios geológicos, a nível de planeamento regional, foi concluído que a taxa de infiltração de água do Maciço Antigo fica entre 10 e 20% (Almeida *et. al*., 2000).

4.3. Ferramenta de apoio da avaliação de risco

Com o objetivo de facilitar o processo da avaliação de risco para reutilização de água, foi desenvolvida uma ferramenta via Microsoft Excel, que simplifica e automatiza todo a avaliação de riscos. O seu desenvolvimento foi impulsionado pela necessidade de tornar mais prático todo o processo da avaliação de risco.

A ferramenta foi desenvolvida a partir da metodologia apresentada pelo "Guia para reutilização de água – Usos não potáveis" da APA (APA, 2019) e é possível desenvolver a avaliação de risco para saúde pública e para os recursos hídricos, para produção ou para utilização de ApR.

Este recurso foi utilizado para a criação da avaliação de risco apresentada no processo de licenciamento para produção de ApR pela ETAR Viseu Sul. A ferramenta de automação da

avaliação de risco foi desenvolvida para que a sua usabilidade seja prática e intuitiva, porém ainda há a possibilidade de surgirem algumas dúvidas durante a sua utilização. Para isso foi criado um manual de utilização com a descrição minuciosa do passo a passo de como se deve manipular este programa, que se encontra presente no anexo 3.

4.4. Campanha de sensibilização ambiental

Com a finalidade de conscientizar a população sobre a necessidade e a segurança da utilização de ApR, foi desenvolvido um vídeo curto no formato de animação para uma campanha de sensibilização sobre a reutilização de água residual tratada. O vídeo possui 1 minuto e 45 segundos e foi produzido no site animaker.co (Animaker, 2023).

Este vídeo foi criado durante o estágio na empresa Águas de Viseu para ser utilizado pela mesma para sensibilizar a população local sobre o reúso de ApR, os seus benefícios sociais e ambientais e os cuidados a cerca da sua produção e reutilização. O vídeo inicia demonstrando como ocorre o tratamento da água residual utilizada pela população. Em seguida é explicado que são feitas analises laboratoriais para monitorização da qualidade desta água, confirmando que graças a sua boa qualidade não há riscos para reutilização. Por fim, o vídeo demonstra as diversas possibilidades de aplicação para reutilização desta água.

Figura 22 – Vídeo de sensibilização sobre a reutilização de água residual tratada (nosdocumentos digitais encontra-se uma cópia).

5. RESULTADOS

A avaliação de risco para reutilização de água residual tratada é importante para assegurar que todas as pessoas que tenham uma interação direta ou indireta com a água, e o meio ambiente, mais especificamente os recursos hídricos, estejam sujeitos ao menor risco possível, o que é crucial para determinar a viabilidade de qualquer projeto de reutilização.

A avaliação de risco foi dividida inicialmente entre "Riscos para Saúde pública" e "Riscos para os recursos hídricos".

Após a avaliação concluída foi necessário desenvolver um plano de gestão de riscos.

5.1. Avaliação de riscos para saúde pública

Para a avaliação de riscos para saúde pública foi necessário dividir a avaliação em duas:

- Produção de utilização de ApR pela ETAR Viseu Sul e
- Utilização para rega dos espaços verdes de Viseu.

Isto porque os dois projetos não possuem recetores, cenários e barreiras iguais, o que torna o resultado diferente entre eles.

5.1.1. Produção e Utilização pela ETAR Viseu Sul

5.1.1.1. Identificação do Perigo

De acordo com as características da ApR produzida pela ETAR (Anexo 2 – Tabela da qualidade da água tratada pela ApR), é possível classificar a água tratada, quanto a concentração de *E. coli* de 6,5 ucf/100 mL, com o fator de importância 1, considerado muito baixo (Tabela 18).

Tabela 18 – Classificação do perigo (avaliação de risco para saúde pública – Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul).

Contaminante	Quantidade	Classificação (f_{iP})
E. coli (ucf/100 mL)	6,5	1

Graças à baixa concentração de *E. coli* encontrada na água residual tratada, a sua classificação quanto ao fator de importância é a menor possível. Isto trará um impacte positivo no resultado do risco global, uma vez que o nível de perigo é o fator de maior influência na avaliação de risco para saúde pública.

5.1.1.2. Recetores, Vias, Cenários e Vulnerabilidade

Identificar os fatores de risco é extremamente importante, uma vez que eles representam, dentro da avaliação de risco, o panorama global do projeto de reutilização de água. O que torna a avaliação de risco mais próxima possível da realidade. Deste modo, é necessário englobar todos os prováveis recetores, cenários e vias de exposição.

Foram determinados 3 grupos de recetores:

- Trabalhador – Abastecimento: trabalhadores estarão responsáveis por abastecer o camião tanque que transportará a ApR utilizada fora da ETAR;
- Trabalhador – Lavagem: trabalhadores estarão responsáveis pela aplicação da ApR na lavagem dos equipamentos e pavimentos da instalação;
- Trabalhador – Geral: grupo que representa os demais trabalhadores da ETAR, que mesmo não tendo contato direto com a ApR ainda estarão expostos à mesma de alguma forma. Neste grupo também estão representados os possíveis visitantes e prestadores de serviços, uma vez que o grau de exposição a ApR é praticamente a mesma que o do trabalhador geral.

As vias de exposição para avaliação de risco para saúde pública são a ingestão, a inalação e a adsorção dérmica e podem ocorrer de forma direta ou indireta.

Os cenários identificados foram:

- Ingestão intencional da ApR;
- Ingestão inadvertida de ApR;
- Ingestão de alimentos molhados com ApR a partir de micro gotículas aspergidas no alimento ou por ter contato com uma zona molhada;

- Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com superfícies (bancos, cadeiras, mesas, brinquedos, bolas ou equipamentos de relaxamento que as pessoas levem para o local) húmidas com ApR;
- Ingestão inadvertida a partir do contato com roupa/EPI húmida (o);
- Ingestão inadvertida a partir do contato com a vegetação húmida;
- Ingestão intencional de solo húmido com ApR;
- Ingestão intencional de vegetação e raízes húmidas com ApR;
- Ingestão inadvertida de solo húmido com ApR;
- Ingestão inadvertida de vegetação e raízes húmidas com ApR;
- Ingestão inadvertida devido à informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;
- Ingestão inadvertida devido ao contato com outros trabalhadores expostos à ApR;
- Ingestão inadvertida acidental devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);
- Ingestão de alimentos molhados com ApR a partir de micro gotículas aspergidas no alimento devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);
- Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);
- Ingestão acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);
- Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a vegetação húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);
- Inalação de micro gotículas durante a utilização;
- Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), por criar uma atmosfera húmida;
- Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação molhada, que ao topar na vegetação crie uma atmosfera húmida;
- Inalação de micro gotículas de ApR devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);
- Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;
- Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação húmida, devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida
- Adsorção dérmica intencional devido ao contato direto com a ApR;
- Adsorção dérmica inadvertida devido ao contato direto com a ApR;
- Adsorção dérmica à ApR por contato com superfícies (bancos, cadeiras e mesas do local, brinquedos, bolas, equipamentos de relaxamento) húmidas com ApR;
- Adsorção dérmica à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o);
- Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com vegetação húmida;
- Adsorção dérmica devido a informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;
- Adsorção dérmica à ApR devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);
- Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com

asuperfície molhada proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);

- Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);
- Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR pelo contato com vegetação húmida proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas).

Os cenários de exposição, o seu fator de importância (f_{iC}), o fator de importância corrigido ($f_{i.cen}$) e a probabilidade (Prob), juntamente com classificação da via e o seu fator de importância ($f_{i.via}$) encontram-se no Anexo 4 - Tabela dos cenários justificados da avaliação deriscos para saúde pública da produção e utilização pela ETAR Viseu Sul.

Os resultados da vulnerabilidade dos recetores estão descritos na Tabela 19.

Tabela 19 – Vulnerabilidade dos recetores (Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul).

Recetor	Nº cenários	f_{normal}	Vulnerabilidade
Trabalhador – Abastecimento	10	648	0,68
Trabalhador – Lavagem	30	1890	0,87
Trabalhador – Geral	25	1593	0,75

O trabalhador da lavagem é o que possui o maior número de cenários e consequentemente a maior vulnerabilidade. Já o trabalhador do abastecimento é o que apresenta o menor número de cenários e a menor vulnerabilidade. Isto acontece porque o trabalhador da lavagem é o recetor de maior exposição e tem contato direto com a água ao exercer a sua atividade (maior fator de importância), enquanto o trabalhador do abastecimento, apesar de efetuar uma atividade diretamente ligada a ApR, só terá contato direto com a água se houver falhas no sistema (baixa probabilidade de ocorrência), caso contrário o seu contato é mínimo.

A partir deste resultado é possível inferir que o grau de exposição, que é a junção da quantidade de cenários com o seu fator de importância (f_{iC}) e a probabilidade de ocorrência (Prob), influenciam diretamente na vulnerabilidade do recetor, podendo torná-lo mais ou menos suscetível a uma possível contaminação.

5.1.1.3. Barreiras e Dano

Para a determinação do dano é necessário identificar as barreiras que podem ser implementadas no projeto. As barreiras são responsáveis por impedir ou minimizar o contacto entre o recetor e a ApR.

A Tabela 20 apresenta as barreiras implementadas no projeto de reutilização, com a

definição de barreira equivalente (Beq) de cada uma delas, a sua probabilidade de falha (P), a severidade do dano (S) e os danos parciais associados a falha da barreira (d_i).

Tabela 20 – Barreiras implementadas e o dano parcial e total do projeto de reutilização (avaliação de risco para saúde pública – Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul).

Barreira	**Descrição**	**B_{eq}**	**S**	**P**	**d_i**
Rega por aspersão	Rega por aspersão e microaspersão de culturas de crescimento lento (≥25 cm do jato de água).	1	5	4	9
Treino dos trabalhadores	Formação específica para lidar com águas tratadas, nomeadamente sobre procedimentos de segurança e necessidades de EPI.	1	5	4	9
Uso de equipamento de proteção individual (EPI)	Uso de luvas de látex, máscaras de proteção, fato macaco e botas de biqueira de aço durante todo o período do trabalho por todos os trabalhadores.	1	5	4	9
Sinalização de água não potável	Sinalização na área de captação da água, no transporte e nas áreas de utilização da ApR.	1	5	3	7
Filtração por membrana	Ultrafiltração feita a partir do sistema de MBR	2	5	3	7
Dano global				**0,89**	

O dano calculado a partir da conjugação destas barreiras é de 0,89. Todas as barreiras implementadas possuem um grau de severidade (S) máximo, o que significa que a falha de dada barreira pode causar alguma doença grave ou dano. As barreiras rega por aspersão, treino dos trabalhadores e uso de equipamento de proteção individual (EPI) apresentam a probabilidade de falha (P) considerada provável (nível 4), enquanto as barreias sinalização de água não potável e filtração por membrana possuem a probabilidade de falha considerada possível (nível3).

Sendo assim, foi possível observar que os maiores danos parciais (d_i) foram encontrados nas barreiras com maiores níveis de probabilidade de falha.

5.1.1.4. Riscos

Com a definição do perigo, da vulnerabilidade de cada recetor e do dano é possível conjugar estes dados e obter o valor do risco, tando para cada recetor, como o risco geral (Tabela 21).

Tabela 21 – Riscos dos recetores e risco global (avaliação de risco para saúde pública – Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul).

Recetor	Perigo	Vulnerabilidade	Dano	Risco
Trabalhador – Abastecimento	1	0,68	0,89	0,60
Trabalhador – Lavagem	1	0,87	0,89	0,77
Trabalhador – Geral	1	0,75	0,89	0,67
Risco Global		**0,68**	**DESPREZÁVEL**	

O trabalhador do abastecimento assume um risco de valor 0,60, o trabalhador da lavagem um risco de 0,77 e o trabalhador geral um risco de 0,67. É possível observar que o valor da vulnerabilidade tem maior influência no resultado dos riscos individuais, já que os valores do dano e do perigo são os mesmos para os três recetores.

O risco geral assume um valor de 0,68, sendo assim considerado desprezável. O que significa que a produção e a utilização interna de ApR pela ETAR Viseu Sul é viável.

5.1.2. Utilização da ApR para rega dos espaços verdes de Viseu

5.1.2.1. Identificação do Perigo

Como o indicador de perigo para reutilização de água é a concentração de *E. coli* na ApR. O valor referente ao perigo encontrado para utilização na rega dos espaços verdes é o mesmo encontrado para produção de ApR, com o fator de importância 1, considerado muito baixo.

5.1.2.2. Recetores, Vias, Cenários e Vulnerabilidade

Quatro grupos de recetores foram determinados para a utilização da ApR na rega dos espaços verdes, sendo:

- Trabalhador – Transporte: estão responsáveis pelo transporte da ApR do ponto de entrega (instalação da ETAR) até o local de utilização;
- Trabalhador – Rega: são responsáveis pela rega dos espaços verdes, que será feita através de mangueiras ligadas diretamente aos camiões tanque.

- Comunidade – Adulto: Comunidade local que terá acesso as áreas irrigadas pela ApR, com idade entre 18 anos e 65 anos.

- Comunidade – Criança: Comunidade local que terá acesso as áreas irrigadas pela ApR, com idade menor a 18 anos.

- Comunidade – Idoso: Comunidade local que terá acesso as áreas irrigadas pela ApR, com idade superior a 65 anos.

As vias de exposição, como dito anteriormente, são ingestão, inalação e adsorção dérmica. Os cenários identificados para utilização de ApR para rega dos espaços verdes de Viseu foram os mesmos apresentados para utilização interna pela ETAR, com o acréscimo dos seguintes cenários:

- Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com o pelo molhado dos animais de companhia;
- Ingestão inadvertida de ApR através do contato com a saliva dos animais de companhia que tenham ingerido intencionalmente ou inadvertidamente a água;
- Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de estimação proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);
- Ingestão inadvertida acidental de ApR através do contato com a saliva dos animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);
- Inalação de micro gotículas de ApR através de animais de companhia que se tenham molhado com ApR e posteriormente sacudido, por criar uma atmosfera húmida;
- Inalação de micro gotículas de ApR a partir de animais de companhia (ex. espirros de animais que tenham inalado ApR);
- Inalação de micro gotículas acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de companhia devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;
- Inalação de micro gotículas de ApR a partir da saliva de animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas) (ex. espirros de animais que tenham contato com a ApR);
- Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com o pelo molhado dos animais de companhia;
- Adsorção dérmica à ApR através do contato com a saliva dos animais de companhia que tenham ingerido intencionalmente ou inadvertidamente a água;
- Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de estimação proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);
- Adsorção dérmica acidental devido exposição à ApR através do contato com a boca dos animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);

A vulnerabilidade de cada recetor está descrita na Tabela 22.

Tabela 22 - Vulnerabilidade dos recetores (Utilização para rega dos espaços verdes de Viseu).

Recetor	Nº cenários	f_{normal}	Vulnerabilidade
Trabalhador – Transporte	10	648	0,68
Trabalhador – Rega	31	1971	0,89
Comunidade – Adulto	36	2322	0,80
Comunidade – Criança	36	2322	0,86
Comunidade – Idoso	36	2322	0,81

Os recetores da comunidade (adultos, crianças e idosos) são os que apresentam o maior número de cenários, com 36 cenários cada um, porém estes não apresentam os maiores valores de vulnerabilidade. O recetor que apresenta o maior valor da vulnerabilidade é o trabalhador da rega, que possui apenas 31 cenários. Esta situação decorre do fator de importância (f_{iC}) e da probabilidade (Prob) dos cenários de exposição. O trabalhador da rega, ao exercer a sua atividade, terá contato direto com a ApR, o que aumenta o fator de importância e a probabilidade ocorrência.

Os cenários de exposição, seu fator de importância (f_{iC}), o fator de importância corrigido ($f_{i.cen}$) e a probabilidade (Prob), juntamente com classificação da via e o seu fator de importância ($f_{i.via}$) encontram-se no Anexo 5 - Tabela dos cenários justificados da avaliação deriscos para saúde pública da utilização para rega dos espaços verdes de Viseu.

5.1.2.3. Barreiras e Dano

Para este projeto foram implementadas três barreiras: Treino dos trabalhadores, uso de equipamento de proteção individual (EPI) e sinalização de água não potável. As barreiras, probabilidade de falha (P), a severidade do dano (S), o dano parcial (d_i) e global estão descritos na Tabela 23.

Tabela 23 – Barreiras implementadas e o dano parcial e total do projeto de reutilização (Utilização para rega dos espaços verdes de Viseu).

Barreira	Descrição	B_{eq}	S	P	d_i
Treino dos trabalhadores	Formação específica para lidar com águas tratadas, nomeadamente sobre procedimentos de segurança e necessidades de EPI.	1	5	4	9
Uso de equipamento de proteção individual (EPI)	Uso de luvas de látex, máscaras de proteção, fato macaco e botas de biqueira de aço durante todo o período do trabalho por todos os trabalhadores.	1	5	4	9
Sinalização de água não potável	Sinalização na área de captação da água, no transporte e nas áreas de utilização da ApR.	1	5	3	7
Dano global					**0,93**

O dano global para o projeto de utilização de ApR para rega dos espaços verdes de Viseu é de 0,93, maior que o dano encontrado para o projeto de produção de ApR pela ETAR Viseu Sul. Isto porque há um número menor de barreiras neste projeto e de acordo o conceito de multibarreiras, quanto maior o número de barreiras maior a probabilidade de redução do dano. Outra explicação é o fato dos recetores da comunidade (adultos, idosos e crianças) possuírem apenas uma barreiras que está ligada diretamente a eles (sinalização de água não potável), apesar das demais barreiras influenciarem a sua exposição a ApR, mesmo que indiretamente.

Todas as barreiras implementadas possuem o máximo valor de severidade (S), mas apenas a sinalização de água não potável possui uma probabilidade de falha (P) possível (nível 3), enquanto as demais possuem a probabilidade de falha provável (nível 4). O que explica esta barreira ter o menor dano (d_i) parcial dentre todas.

5.1.2.4. Riscos

O risco geral do projeto de utilização de ApR para rega dos espaços verdes de Viseu de cada recetor pôde ser calculado após a definição do perigo, da vulnerabilidade e do dano (Tabela 24).

Tabela 24 – Risco dos recetores e risco global (Utilização para rega dos espaços verdes de Viseu).

Recetor	Perigo	Vulnerabilidade	Dano	Risco
Trabalhador – Transporte	1	0,68	0,93	0,63
Trabalhador – Rega	1	0,89	0,93	0,82
Comunidade – Adulto	1	0,80	0,93	0,74
Comunidade – Criança	1	0,86	0,93	0,79
Comunidade – Idoso	1	0,81	0,93	0,75
Risco Global		**0,75**		**DESPREZÁVEL**

É possível observar que o fator que mais influencia no risco individual é a vulnerabilidade do recetor, já que o dano e o perigo se mantêm o mesmo para os diferentes recetores. Os recetores trabalhadores da rega e comunidade (crianças) possuem os maiores riscos individuais, com o valor de 0,82 e 0,79, respetivamente. Isto ocorre porque estes são os recetores com maior exposição a ApR. Diferente de um adulto, a criança acaba por ser mais suscetível a determinados cenários de exposição, o que aumenta o fator de importância do cenário e consequentemente a vulnerabilidade e o risco.

O risco global para o projeto é de 0,75, considerado desprezável, o que significa que a utilização de ApR na rega não traz riscos relevantes a saúde pública.

5.2. Avaliação de riscos para Recursos Hídricos

Para a avaliação de riscos para os recursos hídricos não houve a necessidade de dividir a avaliação entre o projeto de produção e utilização interna de ApR pela ETAR e o Projeto de utilização externa na rega dos espaços verdes de Viseu. Esta situação resulta do fato da ApR utilizada, a área de produção e utilização e as barreiras implementadas serem as mesmas para os dois projetos, obtendo-se assim resultado igual em ambas as situações.

5.2.1. Identificação do Perigo

Viseu encontra-se numa zona sensível, definida pelo Decreto-Lei n.º 152/97, de 19/06

(alterado pelo Decreto-Lei n.º 172/2001, de 26/05 e revisto posteriormente pelo Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22/06). Os indicadores de perigo identificados são a concentração de azoto e fósforo nas águas tratadas e o risco microbiológico (*E. coli*).

Em média, durante o ano de 2022, nas águas tratadas da ETAR, o azoto apresentou concentrações médias de 8,6 mg N/L e o fósforo de 0,9 mg P/L (Anexo 2 – Tabela da qualidade da água na ETAR Viseu Sul, afluente e efluente, relativa ao ano de 2022), sendo o fator de importância para estes dois poluentes considerado 3. Pelas concentrações observadas de *E. coli*, como foi descrito anteriormente, o fator de importância considerado foi 1 (Tabela 25).

Tabela 25 – Classificação do perigo (avaliação de risco para recursos hídricos – Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul).

Perigo		
Contaminante	**Concentração média**	**Classificação ($f_{iP\ rh}$)**
Azoto (mg/L N)	8,6	3
Fósforo (mg/L P)	0,9	3
E. coli (ucf/100 mL)	6,5	1

Todos os três indicadores de perigo são considerados de baixa importância, por serem iguais ou inferiores a 3, o que confirma a qualidade dos processos de tratamento em que a água residual é submetida para a produção de ApR.

5.2.2. Barreiras e Dano

Apesar da possibilidade de implementação de barreiras ficou decidido, junto proponentes do projeto de reutilização (os responsáveis pela ETAR Viseu Sul), que não seria implantada nenhuma barreira em nenhuma das fases de produção. Está decisão foi tomada depois de vários testes feitos durante a avaliação de risco para os recursos hídricos que implicaram em riscos baixos mesmo na ausência de barreiras, que se dá graças a boa qualidade da água tratada, o que resulta em um baixo nível de perigo.

A tabela 26 apresenta o valor do dano assumido pelo projeto, mesmo com a ausência de barreiras em todas as etapas do processo.

Tabela 26 – Barreiras e dano para o projeto de reutilização (avaliação de risco para recursos hídricos – Produção e utilização pela ETAR Viseu Sul).

Etapas do processo	Barreiras	$f_{i\,b}$	Prob.	Sev.	d_i
Produção	Ausência de barreira	9	5	5	9
Armazenamento	Ausência de barreira	9	5	5	9
Distribuição	Ausência de barreira	9	5	5	9
Utilização	Ausência de barreira	9	5	5	9
Dano global				**1**	

Desta forma, tanto o fator de importância da barreira, quanto o dano parcial (di), a probabilidade (Prob.) e a severidade (Sev.) assumiram o valor máximo, sendo 9, 9, 5 e 5, respetivamente. Consequentemente, o dano também assume o valor o valor máximo, 1.

5.2.3. Recetores e Vulnerabilidade

Os recetores encontrados foram dois, que foram classificadas quanto às características hidrogeológicas da região:

- Águas superficiais: Média escorrência;
- Águas subterrâneas: Ausência de aquífero com continuidade hidrológica na área e com baixa infiltração.

A partir da classificação dos recetores foi possível calcular a vulnerabilidade de cada um deles, apresentados na tabela 27.

Tabela 27 -Vulnerabilidade para recursos hídricos.

Recetor	Vulnerabilidade parcial (Vp)	Fator de ponderação (fp)	Vulnerabilidade Recursos H. (V_{hr})	Vulnerabilidade R. H. em importância ($V_{hr\,i}$)
Águas superficiais	6	0,75	5	7
Águas subterrâneas	2	0,25		
Vulnerabilidade Global (Vg)		**7**		

Para as águas superficiais a vulnerabilidade parcial (Vp) encontrada é considerada alta, com o valor de 6, enquanto a vulnerabilidade parcial das águas subterrâneas é considerada baixa, com o valor de 2. A vulnerabilidade global é de 7, sendo considerada alta.

5.2.4. Riscos

Após serem definidos os perigos, a vulnerabilidade e o dano é possível obter o valor do risco para cada um dos indicadores global para cada um dos indicadores (Tabela 28)

Tabela 28 - Risco global para recursos hídricos para produção e utilização de ApR.

Indicador	Perigo	Vulnerabilidade	Dano		Risco global
Azoto	3	7	1	**2,33**	**DESPREZÁVEL**
Fósforo	3	7	1	**2,33**	**DESPREZÁVEL**
Microbiológico	1	7	1	**0,78**	**DESPREZÁVEL**

O risco geral para os recursos hídricos encontrado na produção e utilização de ApR para o indicador azoto e fósforo foi de 2,33 e para o indicador microbiológico foi de 0,78.

Para os três indicadores o risco é considerado desprezável, o que indica não acarretam riscos significativos na produção e utilização de ApR para os recursos hídricos, tornado assim o projeto de reutilização de água residual tratada viável.

5.3. Sensibilização da população quanto a reutilização de água

Entre as principais dificuldades associadas à ApR está na aceitação do público (Duong e Saphores, 2015). É comum que a população se preocupe que o fornecimento e abastecimento de água seja feita de forma segura e com a devida proteção. Desta forma, é importante que o público se conscientize sobre os benefícios referentes a reutilização de água, além de desmistificar as questões que envolvem os tratamentos de água.

O vídeo de sensibilização sobre a reutilização de água residual tratada é essencial para envolver a população no projeto de ApR, demonstrando suas contribuições positivas a sociedade e ao meio ambiente, facilitando a apoio público no desenvolvimento e na implementação do projeto de reutilização (Asano, 2007).

O vídeo contribui para elucidar as seguintes questões (USEPA, 2004):

- Conhecimento sobre os tratamentos aplicados as águas residuais;

- Qualidade da ApR;
- O baixo risco apresentado pela ApR;
- Como esta ApR será produzida e utilizada.

Estas questões são importantes para conscientizar a população sobre a utilização da ApR ser uma possibilidade de resolução de alguns problemas de abastecimento de água e auxiliar na criação de uma confiança do público na gestão local dos serviços públicos.

5.4. Plano de gestão de riscos

Em um projeto de reutilização de água é fundamental um plano de gestão de riscos que faça uma análise de forma preditiva de todos os processos e situações que possam ocorrer eventualmente, e assim mitigar os possíveis impactes da reutilização de águas.

O plano de gestão de riscos descreve os protocolos de monitorização e de resposta em caso de variações na qualidade da ApR, especificamente as medidas de prevenção e de correção e seus respetivos responsáveis para uma gestão adequada em todas as áreas, desde a captação de água para produção de ApR até a utilização da mesma.

A tabela 29 apresenta a identificação dos riscos presentes em cada uma das áreas do projeto de reutilização, as barreiras implementadas, os indicadores de monitorização e seus parâmetros de aceitação, os responsáveis e as medidas de prevenção e de correção para cada risco identificado.

Tabela 29 – Plano de gestão de riscos para reutilização de água tratada.

Aspeto	**Identificação do risco**	**Barreiras**	**Indicadores de monitorização**	**Parâmetros de aceitação**	**Responsável**	**Medidas de prevenção**	**Medidas de correção**
Origem da água paraprodução de ApR	Contaminação da água por poluentes tóxicos, persistentes ou passíveis de bioacumulação	-	Concentração de poluentes na entrada.	CQO: $\leq$ 2000 mg/L O_2.	Técnico laboratorial	Análises 3x porsemana da concentração deCQO à entrada	Suspender a produção e utilizaçãode ApR; Encaminhar a água de entrada ao tanque homogeneização e aumentar do tempo de retenção; Novas análises
Quantidade de ApR	Não ter água suficiente para o fornecimento de ApR para utilização	-	Caudal de água daentrada; Caudal de água dasaída	$\geq$ 14.0000 m^3/dia. $\geq$ 10.000 m^3/dia.	Chefe de exploração daETAR	-	Suspender a produção e utilizaçãode ApR imediatamente; Comunicar a suspensão do fornecimento de ApR
Sistema de tratamento (produção de ApR)	Contaminação da ApR no sistema de tratamento	Filtração por membranas.	Qualidade da água	CBO_5: $\leq$ 10 mg/L O2; SST: $\leq$ 10 mg/L; Turvação: $\leq$ 5 NTU; *E. coli*: $\leq$ 10 ufc/100 mL; Azoto amoniacal: 10 mg NH_4^+ /L; Fósforo total: 5 mg P/L.	Técnico laboratorial	Cumprir o calendário de análises	Suspender a produção e utilização de ApR imediatamente; Verificar a origem do problema; Corrigir o problema; Novas análises

Aspeto	Identificação do risco	Barreiras	Indicadores de monitorização	Parâmetros de aceitação	Responsável	Medidas de prevenção	Medidas de correção
Sistema de Armazenamento de ApR	Contaminação da ApR durante O armazenamento	Sinalização de água não potável.	Qualidade da água	CBO_5: ≤ 10 mg/L O2; SST: ≤ 10 mg/L; Turvação: ≤ 5 NTU; *E. coli*: ≤ 10 ufc/100 mL; Azoto amoniacal: 10 mg + Fósforo total: 5 mg P/L.	Técnico laboratorial	Cumprir o calendário de análises	Suspender a produção de ApR imediatamente; Verificar a origem do problema; Corrigir o problema; Novas análises.
	Fugas ou ruturas no sistema de armazenamento	-	Controle das fugas.	-	Chefe de exploração da ETAR	Manutenção semestral	Suspender a produção de ApR imediatamente; Verificar a origem das fugas/ruturas; Corrigir o problema;
Sistema de distribuição de ApR	Fugas ou ruturas no sistema de distribuição.	Treino dos trabalhadores; Uso de equipamento de proteção individual (EPI); Sinalização de água não potável.	Controle manual de fugas.	-	Chefe de exploração da ETAR do DAHUEV	Manutenção mensal.	Suspender a distribuição de ApR; Verificar origem das fugas/ruturas; Manutenção das tubagens.

Aspeto	Identificação do risco	Barreiras	Indicadores de monitorização	Parâmetros de aceitação	Responsável	Medidas de prevenção	Medidas de correção
	Crescimento de biofilme no sistema de distribuição.	Treino dos trabalhadores; Uso de equipamento de proteção individual (EPI);	Manutenção nas tubagens.	-	Chef de exploração da ETAR e do DAHUEV	Manutenção semestral.	Suspender a distribuição e utilização de ApR; Manutenção do sistema de distribuição.
Sistema de aplicação de ApR	Contaminação da ApR durante a aplicação.	Treino dos trabalhadores; Uso de equipamento de proteção individual (EPI); Sinalização de água não potável.	Controle de qualidade da água.	CBO_5: $\leq$ 10 mg/L O_2; SST: $\leq$ 10 mg/L; Turvação: $\leq$ 5 NTU; *E. coli*: $\leq$ 10 ufc/100 mL; Azoto amoniacal: 10 mg $^{+}$ Fósforo total: 5 mg P/L.	Técnico laboratorial.	Cumprir o calendário de análises.	Suspender a aplicação de ApR imediatamente; Verificar a origem do problema; Manutenção das tubagens; Novas análises.
	Fugas ou ruturas e crescimento de biofilme nos dispositivos de aplicação da ApR.	Rega por aspersão; Treino dos trabalhadores; Uso de equipamento de proteção individual (EPI); Sinalização de água não potável.	Verificação visual dos aspersores e da mangueira de rega.	-	Operadores.	Manutenção mensal.	Suspender a aplicação de ApR; Verificar origem das fugas/ruturas; Corrigir o problema.

6. CONCLUSÃO

A análise dos resultados da presente dissertação demonstrou tanto a importância da avaliação de risco para um projeto de reutilização de águas tratadas, quanto diversidade e a relevância dos diversos parâmetros que a constituem.

Para avaliação de risco referente à saúde pública o parâmetro que demonstrou maior influência foi a qualidade da ApR, representada pelo nível de perigo. É possível observar que o nível de perigo era determinante para calcular o risco, variando entre valores de 1 a 9, enquanto os demais parâmetros determinantes para o risco (vulnerabilidade e dano) variavam apenas entre valores de 0 a 1. Na Avaliação de risco para os recursos hídricos tanto o nível de perigo, quanto a vulnerabilidade dos recetores (águas superficiais e subterrâneas) demonstraram ter maior importância, variando entre valores de 1 a 9, diferente do dano, que varia apenas entre valores de 0 a 1.

Pela análise dos resultados, é possível concluir que o resultado favorável encontrado para produção e utilização de ApR se dá, principalmente, pela boa qualidade da água residual tratada pela ETAR Viseu Sul, que possui a nível de perigo microbiológico apenas o fator de importância 1 e a nível do perigo Azoto e Fósforo, apenas o fator de importância 3, bastante baixos. Nas normas de qualidade da água, descritas no Decreto-Lei nº119/2019 de 21 de agosto, republicado pelo Decreto-Lei n.º 11/2023 de 10 de fevereiro, definem que as ApR com utilização direcionada a rega de jardins públicos, sem restrição de acesso, e rega de jardins privados, possuam classificação de qualidade A, a mais elevada. A qualidade atingida com o tratamento da ETAR Viseu Sul, permite obter uma ApR com classificação A.

A vulnerabilidade do recetor relativa à saúde pública está ligada aos cenários previstos, a respetivas probabilidades de ocorrência e ao fator de importância do cenário. Desta forma, não só a exposição do recetor é importante para definir a vulnerabilidade, mas também as suas características pessoais, como por exemplo, a sua função e a idade. As crianças, apesar de menos expostas diretamente a ApR, normalmente, são menos cuidadosas, quando comparando com os trabalhadores que utilizam equipamento de proteção e são obrigados a proteger-se dos riscos. Por esta razão, as crianças e os trabalhadores que procedem à rega, possuem vulnerabilidades parecidas, apesar do trabalhador ter maior exposição direta à ApR. Quanto aos cenários propostos, um total de 47 foram descritos, que intercalados com os 8 recetores, formaram 376 cenários, porém só 214 destes cenários foram considerados para a avaliação de

risco. A grande quantidade de cenários contribui para um maior grau de veracidade, por trazer maior proximidade com a realidade.

Já para os recursos hídricos a vulnerabilidade está ligada a características hidrogeológicas da região em que a ApR será produzida e utilizada. Quanto melhores forem as características (baixa taxa de infiltração e escorrência) menor será a sua vulnerabilidade. Para este projeto, foi atribuída uma ponderação de 7, sendo considerado de "importância demonstrada".

A implementação barreiras, tanto para a saúde pública quanto para os recursos hídricos, auxilia na redução do dano associado a reutilização da água, apesar deste trabalho seguir a opção de não incluir barreiras para os recursos hídricos (após testes que demonstravam que o risco seria baixo independente das barreiras). Para saúde pública a aplicação de barreiras fez com que o risco reduzisse a 0,89.

A avaliação de risco para reutilização da água tratada demonstra a viabilidade da reutilização de água, tanto para produção quanto para utilização, seja interna ou externa à própria ETAR.

Com um risco para saúde pública de 0,68 para produção e utilização interna pela ETAR e de 0,75 para utilização externa na rega das áreas verdes de Viseu, apresentando um risco desprezável, e com risco para recursos hídricos de 2,33 para azoto e fósforo e 0,78 para o perigo microbiológico, também considerado desprezável, é possível concluir que a ApR está apta para ser produzida utilizada sem que traga riscos preocupantes para a população e para o meio ambiente.

Os resultados obtidos demonstram que a reutilização de água pode ser uma possibilidade viável ao combate a escassez de água para cidade de Viseu. Será bastante importante promover ações de sensibilização junto da comunidade, para apresentação destes resultados e aumentar o conhecimento sobre a importância da reutilização de uma água de elevada qualidade, classe A, conforme definido na respetiva legislação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, C., Mendonça, J. J. L., Jesus, M. R., & Gomes, A. J. (2000). *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental*. Instituto de Água e Centro de Geologia.

Almeida, C. P. G. (2018). *Caraterização e Avaliação do Sistema de Tratamento de Águas Residuais da ETAR Viseu Sul com base nos parâmetros legais (VLE) de descarga no meio hídrico.* (Relatório de Estágio Curricular Nº 1).

Angelakis, A. N., Asano, T., Bahri, A., Jimenez, B. E., & Tchobanoglous, G. (2018). *Water reuse: From ancient to modern times and the future.* Frontiers in Environmental Science, 26.

Angelakis, A. N., & Gikas, P. (2014). *Water reuse: Overview of current practices and trends in the world with emphasis on EU states.* Water Utility Journal, 8(67), e78.

Angelakis, A. N., & Snyder, S. A. (2015). *Wastewater treatment and reuse: Past, present, and future.* Em *Water* (Vol. 7, Número 9, pp. 4887–4895). MDPI.

Animaker. (2023). *Animaker, faça vídeos animados grátis na nuvem*. Obtido 4 de outubro de 2023, de https://www.animaker.co/

APA. (2019). *GUIA PARA A REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA.* 193.

APA. (2021). *Disponibilidades de águas superficiais e subterrâneas | Relatório do Estado do Ambiente*. https://rea.apambiente.pt/content/disponibilidades-de-%C3%A1guas-superficiais-e-subterr%C3%A2neas

ARH - C, A. da R. H. do C. (2011). *Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica dos rios Vouga, Mondego e Lis Integradas na Região Hidrográfica 4*.

Asano, T., Burton, F., & Leverenz, H. (2007). *Water reuse: Issues, technologies, and applications.* McGraw-Hill Education.

Bixio, D., Thoeye, C., De Koning, J., Joksimovic, D., Savic, D., Wintgens, T., & Melin, T. (2006). *Wastewater reuse in Europe.* Desalination, *187*(1–3), 89–101.

Bixio, D., Thoeye, C., Wintgens, T., Ravazzini, A., Miska, V., Muston, M., Chikurel, H., Aharoni, A., Joksimovic, D., & Melin, T. (2008). *Water reclamation and reuse: Implementation and management issues*. Elsevier.

Cadagua/Ferrovial/Embeiral. (2014). *Descrição Geral da Solução Proposta da ETAR de Viseu Sul – Projeto de Execução Tomo I: Peças Escritas.* (Vol. 1).

Cadagua/Ferrovial/Embeiral. (2016). *Membranas de Ultrafiltração- Especificação técnica e Manual de operação y mantenimento*. (Dossier de Máquinas- Peças Escritas). (Vol. II). cap.29.

Duong, K., & Saphores, J.-D. M. (2015). *Obstacles to wastewater reuse: An overview.* Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 2(3), 199–214.

EPRI. (1997). *Membrane Technologies for Water and Wastewater Treatment*. Electric Power Research Institute - Community Environmental Center.

ERSAR. (2022). *Controlo da qualidade da água para consumo humano—Volume 2*. https://www.ersar.pt/pt/site-publicacoes/Paginas/edicoes-anuais-do-RASARP.aspx

European Comission. (2016). *Guidelines on integrating water reuse into water planning and management in the context of the WFD*.

European Comission, S. L. (2014, dezembro 9). *Water Reuse in Europe—Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation*. JRC Publications Repository. https://doi.org/10.2788/29234

FAO. (2017). *Water for Sustainable Food and Agriculture—A report produced for the G20 Presidency of Germany*. 27.

Gomes, S. F. R. (2011). *Análise da viabilidade económica da reutilização de águas residuais tratadas: O caso da ETAR do Ave* [PhD Thesis].

ISO 16075-1:2020. *Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 1: The basis of a reuse project for irrigation*. 2020

ISO 20426:2018. *Guidelines for health risk assessment and management for non-potable water reuse.* 2018.

Jaramillo, M. F., & Restrepo, I. (2017). *Wastewater reuse in agriculture: A review about its limitations and benefits*. Sustainability, 9(10), 1734.

Lautze, J., Stander, E., Drechsel, P., da Silva, A. K., & Keraita, B. (2014). *Global experiences in water reuse*. International Water Management Institute (IWMI). CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE). https://doi.org/10.5337/2014.209

Lavrnić, S., Zapater-Pereyra, M., & Mancini, M. L. (2017). *Water scarcity and wastewater reuse standards in Southern Europe: Focus on agriculture.* Water, Air, & Soil Pollution, 228(7), 1–12.

Lazarova, V., & Asano, T. (2013). *Milestones in water reuse*. IWA publishing.

Lefebvre, O. (2018). *Beyond NEWater: An insight into Singapore's water reuse prospects.* Current Opinion in Environmental Science & Health, 2, 26–31.

Licciardello, F., Milani, M., Consoli, S., Pappalardo, N., Barbagallo, S., & Cirelli, G. (2018). *Wastewater tertiary treatment options to match reuse standards in agriculture*. Agricultural water management, 210, 232–242.

Marin, P., Tal, S., Yeres, J., & Ringskog, K. B. (2017). *Water management in Israel*.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2016). *Four billion people facing severe water scarcity.* Science advances, 2(2), e1500323.

Metcalf, L., Eddy, H. P., & Tchobanoglous, G. (1991). *Wastewater engineering: Treatment, disposal, and reuse* (Vol. 4). McGraw-Hill New York.

Monte, H. M. do, & Albuquerque, A. (2010). *Reutilização de águas residuais*. ERSAR, Lisboa, Portugal.

Monte, H. M. do, Santos, M. T., Barreiros, A. M., & Albuquerque, A. (2016). *Tratamento de águas residuais: Operações e processos de tratamento físico e químico*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Paranychianakis, N. V., Salgot, M., Snyder, S. A., & Angelakis, A. N. (2015). *Water reuse in EU states: Necessity for uniform criteria to mitigate human and environmental risks.* Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 45(13), 1409–1468.

Pearce, F. (2018). *When the rivers run dry, fully revised and updated edition: Water-the defining crisis of the twenty-first century*. Beacon Press.

Peppin, S. S., & Elliott, J. A. (2001). *Non-equilibrium thermodynamics of concentration polarization.* Advances in Colloid and Interface Science, 92(1–3), 1–72.

Poustie, A., Yang, Y., Verburg, P., Pagilla, K., & Hanigan, D. (2020). *Reclaimed wastewater as a viable water source for agricultural irrigation: A review of food crop growth inhibition and promotion in the context of environmental change.* Science of the Total Environment, 739, 139756.

Decreto-Lei n.º 11/2023, de 10 de Fevereiro, DL n.º 11/2023, de 10 de Fevereiro (2023). https://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=3617&tabela=leis&so_miolo=

Quinteiro, P., Rafael, S., Vicente, B., Marta-Almeida, M., Rocha, A., Arroja, L., & Dias, A. C. (2019). *Mapping green water scarcity under climate change: A case study of Portugal.* Science of The Total Environment, 696, 134024. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134024

Rebelo, A. (2018). *Reutilização de água: Abordagem para o desenvolvimento de práticas de reutilização de água.* Atas do, 14.

Rebelo, A., Ferra, I., Gonçalves, I., & Marques, A. M. (2014). *A risk assessment model for water resources: Releases of dangerous and hazardous substances.* Journal of environmental management, 140, 51–59.

Rebelo, A., Quadrado, M., Franco, A., Lacasta, N., & Machado, P. (2020). *Water reuse in Portugal: New legislation trends to support the definition of water quality standards*

based on risk characterization. Water Cycle, 1, 41–53. https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2020.05.006

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation.* McGraw-Hil.

Santos, M. M. C. dos. (2008). *Reutilização das águas residuais urbanas tratadas* [PhD Thesis]. FCT-UNL.

Scott, D., & Becken, S. (2010). Adapting to climate change and climate policy: Progress, problems and potentials. *Journal of Sustainable tourism*, *18*(3), 283–295.

Smiderle, J. J., Capodeferro, M. W., & Parente, A. T. M. (2021). *Comparação entre as políticas públicas de incentivo ao reúso da água residuária no Brasil e no cenário internacional.*

SNIRH. (2023). *Sistemas Aquíferos—Unidades hidrogeológicas*. https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=4&idItem=3&idISubtem=link4

Sousa, T. C. R. de. (2016). *Estações de tratamento de águas residuais: Conceitos e dimensionamento* [PhD Thesis].

Tzanakakis, V. E., Paranychianaki, N. V., & Angelakis, A. N. (2007). *Soil as a wastewater treatment system: Historical development.* Water Science and Technology: Water Supply, 7(1), 67–75.

USEPA. (2004). *Guidelines for Water Reuse.* 252.

WHO - World Health Organization. (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater in agriculture and aquaculture*. World Health Organization.

WHO - World Health Organization. (2016). *Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management*. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/246195

WWDR. (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*.

WWDR. (2021). *Valorização do abastecimento de água, serviços de saneamento | Relatório Mundial de Desenvolvimento da Água de 2021*. https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/en/valuing-water-supply-sanitation-services

ANEXOS

Anexo 1: Anexos I, II, III, IV e V do O Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto, republicado pelo Decreto-Lei n.º 11/2023 de 10 de fevereiro, relativos as normas de qualidade, aplicação de barreiras e monitorização para produção e utilização de ApR.

ANEXO I

(a que se refere o artigo 16.º)

Normas de qualidade

A) Rega

Quadro n.º 1.a: Normas de qualidade de água para reutilização para rega

Classe de qualidade (1)	CBO_5 (mg/L O_2)	SST (mg/L)	Turvação (NTU)	*E. coli* (ufc/100 mL)	Ovos de parasitas intestinais (N.º/L) (2)	Azoto amoniacal (3) (mg NH_4^+/L)	Azoto total (3) (mg N/L)	Fósforo total (3) (mg P/L)
A	≤ 10	≤ 10	≤ 5	≤ 10		10	15	5
B	≤ 25	≤ 35		≤ 100				
C	≤ 25	≤ 35		≤ 1 000	≤ 1			
D	≤ 25	≤ 35		≤ 10 000	≤ 1			
E (4)	≤ 40	≤ 60		≤ 10 000				

(1) Descrição no quadro n.º 2.
(2) Aplicável na rega de culturas agrícolas destinadas ao consumo animal.
(3) Parâmetro facultativo. Poderá ser aplicável em alguns projetos de rega para minimização dos riscos de formação de biofilme e obstrução dos sistemas de rega.
(4) Só aplicável a sistemas descentralizados ou descentralizados em simbiose.

Quadro n.º 1.b: Normas de qualidade de água para reutilização para rega para proteção das culturas agrícolas, florestais e solos

Parâmetro	Norma de qualidade	Unidade
Alumínio	5,0	mg Al/L
Berílio	0,1	mg Be/L
Cobalto	0,05	mg Co/L

Parâmetro	Norma de qualidade	Unidade
Fluoretos	2,0	mg F^-/L
Ferro	2,0	mg Fe/L
Lítio	2,5	mg Li/L
Manganês	0,2	mg Mn/L
Molibdénio	0,01	mg Mo/L
Selénio	0,02	mg Se/L
Vanádio	0,1	mg V/L
SAR Salinidade Boro	Variável em função da sensibilidade das culturas.	

Quadro n.º 2: Descrição das classes de rega — Usos e nível de tratamento adequado em função das várias classes de qualidade da água

Classe	Possíveis usos	Nível de tratamento
A	Rega sem restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas): rega de culturas consumidas em cru em que a parte consumível está em direto contacto com a água; rega de jardins públicos sem restrição de acesso; rega de jardins privados.	Mais avançado que secundário (desinfeção).
B	Rega com restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas): rega de culturas consumidas em cru, que crescem acima do solo, e em que a parte consumível não está em direto contacto com a água; rega de culturas agrícolas destinadas a processamento e de culturas agrícolas não destinadas ao consumo humano, incluindo culturas destinadas ao consumo animal (produção de leite ou carne), exceto suínos; rega de jardins com restrição de acesso, incluindo áreas de lazer e desportivas (*e. g.* campos de golfe).	Mais avançado que secundário (desinfeção).
C	Rega com restrição de acesso (usos agrícolas): rega de culturas consumidas em cru, que crescem acima do solo, e em que a parte consumível não está em direto contacto com a água; rega de culturas agrícolas destinadas a processamento e de culturas agrícolas não destinadas ao consumo humano, incluindo culturas destinadas ao consumo animal (produção de leite ou carne), exceto suínos.	Mais avançado que secundário (desinfeção).
D	Rega com restrição de acesso (usos agrícolas): produção de sementes, incluindo sementes para uso industrial ou produção de energia.	Mais avançado que secundário (desinfeção).
E	Rega com restrição de acesso (usos agrícolas): produção de sementes; rega de áreas de uso naturalmente restrito (*e. g.*, sebes, áreas de contenção (prados em socalcos).	Mais avançado que secundário (desinfeção).

B) Usos urbanos

Quadro n.º 3: Normas de qualidade de água para usos urbanos e usos paisagísticos

(fora do contexto urbano)

Parâmetro	Suporte de ecossistemas	Usos recreativos, de enquadramento paisagístico	Lavagem de ruas ([5])	Água de combate a incêndios ([1])	Águas de arrefecimento	Autoclismos ([1])	Lavagem de veículos ([4])([5])
pH	A determinar caso a caso em função do estado ecológico e respetivos parâmetros de suporte.	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,5 a 8,5 ([2])	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
CBO_5 (mg/L O_2)		≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25	
Turvação (NTU)		≤ 5		≤ 5		≤ 5	≤ 5
Azoto amoniacal ($mgNH_4/L$)		≤ 5			≤ 5 ≤ 1 (na presença de cobre)	≤ 10	
P_{total} (mg/L)		≤ 2([3])					
E. coli (ufc/100 mL)		≤ 10		≤ 10	≤ 200	≤ 10	≤ 10

([1]) As vias de exposição por ingestão (não intencionada) deverão ser consideradas de máxima importância nestes usos, pelo que a qualidade deverá ser similar à da classe A para rega.

([2]) Pode ocorrer crescimento microbiano a valores superiores ou inferiores a esta gama de *pH*.

([3]) Quando utilizado em locais sujeitos à ocorrência de eutrofização (*e. g.*, lagos urbanos, fontes).

([4]) Em função das especificidades de aplicação das ApR poderão ser controlados alguns metais e compostos iónicos, tais como ferro, manganês, cloretos, sulfatos, alcalinidade e sílica, para minimização da ocorrência de calcificação ou corrosão dos sistemas de armazenagem e distribuição de água.

([5]) Em sistemas de lavagem manual a alta pressão, as vias de exposição por ingestão (não intencionada) deverão ser consideradas de máxima importância nestes usos, pelo que a qualidade deverá ser similar à da classe A para rega.

Quadro n.º 4: Níveis de tratamento adequados a cada uso urbano

	Suporte de ecossistemas ([1])	Usos recreativos, de enquadramento paisagístico	Lavagem de ruas	Água de combate a incêndios	Águas de arrefecimento	Autoclismos
Nível de tratamento	Secundário ou mais avançado que secundário.	Mais avançado que secundário.	Mais avançado que secundário.	Mais avançado que secundário.	Mais avançado que secundário.	Mais avançado que secundário.

([1]) Depende do estado da massa de água e respetiva classificação no âmbito do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, com as alterações que lhe foram dadas pelos Decretos-Leis n.os 348/98, de 9 de novembro, 149/2004, de 22 de junho, 198/2008, de 8 de outubro, e 133/2015, de 13 de julho.

C) Usos industriais

Quadro n.º 5: Normas de qualidade de água para reutilização em uso industrial (proteção para contacto humano)

Classe de qualidade	Turvação (NTU)	*E. coli* (ufc/100 mL)
Em circuitos com risco direto de ingestão (incluindo ingestão acidental, *e. g.*, gotículas) e contacto dérmico	≤ 5	≤ 10
Em circuitos com risco direto de contacto dérmico		≤ 1 000

ANEXO II

(a que se refere artigo 17.º)

Aplicação de barreiras ou medidas de prevenção

Quadro n.º 1: Tipo de barreiras e correspondência com o número de barreiras equivalentes

Tipo de barreira	Aplicação	Redução microbiológica (em unidades logarítmicas)	Número de barreiras equivalentes
Rega gota-a-gota	Culturas de crescimento lento (≥ 25 cm do solo)	2	1
	Culturas de crescimento elevado (≥ 50 cm do solo)	4	2
	Rega subsuperficial, que não permite que a água ascenda à camada superficial do solo por capilaridade.	6	3
Rega por aspersão	Rega por aspersão e microaspersão de culturas de crescimento lento (≥ 25 cm do jato de água).	2	1
	Rega por aspersão e microaspersão de culturas de crescimento elevado e árvores de fruto (≥ 50 cm do jato de água).	4	2
	Rega por aspersão a distâncias superiores a 70 m de áreas residenciais ou espaços de uso público.	1	1
Pós-desinfeção (no local de aplicação da água).	Baixo nível de desinfeção	2	1
	Alto nível de desinfeção	4	2
Coberturas resistentes ao Sol	Em sistemas de rega gota-a-gota para separar a rega das culturas agrícolas.	2 a 4	1
Decaimento natural de microrganismos.	Cessação da rega ou interrupção em período de tempo anterior à colheita.	0,5 a 2 (1) por dia	1 a 2 (1)
Secagem ao Sol	Culturas secas ao Sol antes da colheita (*e. g.*, girassol)	2 a 4	2
Controlo de acesso a áreas regadas	Restrição de acesso de pelo menos 24 horas após a rega (*e. g.*, acesso de animais a pastagens ou trabalhadores).	0,5 a 2	1
	Restrição de acesso de pelo menos 5 dias após a rega.	2 a 4	2
	Restrição de acesso durante as horas de rega em áreas públicas, de lazer ou desportivas (*e. g.*, rega noturna).	0,5 a 1	1

(1) Dependendo das culturas e das condições climatéricas.

Quadro n.º 2: Número mínimo de barreiras aplicáveis por uso previsto

Classe de qualidade	Número mínimo de barreiras aplicáveis						
	Áreas sem restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas)	Áreas com restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas)	Culturas consumidas em cru (1)	Culturas destinadas a processamento e consumo animal, exceto suínos	Pomares	Produção de sementes	Produção de sementes/ outras áreas privadas de uso restrito
A	0	0	0	0	0	0	0
B	1	0	1	0	0	0	0
C	Proibido	1	3	2	1	0	0
D	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido	3	0	0
E	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido	3	1	0

Classe de qualidade	Número mínimo de barreiras aplicáveis						
	Áreas sem restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas)	Áreas com restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas)	Culturas consumidas em cru (1)	Culturas destinadas a processamento e consumo animal, exceto suínos	Pomares	Produção de sementes	Produção de sementes/ outras áreas privadas de uso restrito
Águas residuais não tratadas.	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido

(1) Que crescem acima do solo e em que a parte consumível não está em direto contacto com a água.

ANEXO III

(a que se refere artigo 18.º)

Verificação da conformidade

Número máximo de amostras que podem ser não conformes

Série de amostras colhidas durante um ano	Número máximo de amostras que podem ser não ser conformes
4-7	1
8-16	2
17-28	3
29-40	4
41-53	5
54-67	6
68-81	7
82-95	8
96-110	9
111-125	10
126-140	11
141-155	12
156-171	13
172-187	14
188-203	15
204-219	16
220-235	17
236-251	18
252-268	19
269-284	20
285-300	21
301-317	22
318-334	23
335-350	24
351-365	25

ANEXO IV

(a que se refere o artigo 19.º)

Periodicidade de amostragem

Periodicidade de amostragem em função da classe de qualidade ou uso

Classe de qualidade/uso	Parâmetros	Periodicidade de amostragem
A Rega, usos recreativos, de enquadramento paisagístico, água de combate a incêndios, autoclismos e lavagem de veículos.	CBO_5	Semanal.
	SST	Semanal.
	Turvação	Em contínuo.
	E. coli	Semanal.

Classe de qualidade/uso	Parâmetros	Periodicidade de amostragem
B	CBO_5	(1)
Rega	SST	(1)
	E. coli	Semanal.
C	CBO_5	(1)
Rega, águas de arrefecimento	SST	(1)
	E. coli	Quinzenal.
	Ovos de parasitas intestinais	Quinzenal (2).
D	CBO_5	(1)
Rega	SST	(1)
	E. coli	Quinzenal.
	Ovos de parasitas intestinais	Quinzenal (2).
E	CBO_5	(1)
Rega	SST	(1)
	E. coli	Quinzenal.
	CBO_5	(1)
Lavagem de ruas	CBO_5	(1)

(1) Em função do volume produzido e/ou utilizado:

a) Até 300 m^3/dia: amostragem trimestral;
b) Entre 300 m^3/dia e 1500 m^3/dia: amostragem mensal, podendo passar a trimestral nos anos seguintes se se provar que durante o primeiro ano a água cumpre as disposições do presente decreto-lei; se uma das 4 amostras colhidas nos anos subsequentes não cumprir os requisitos, deverão no ano seguinte ser colhidas 12 amostras;
c) Entre 1500 m^3/dia e 7500 m^3/dia: amostragem mensal;
d) Acima de 7500 m^3/dia: amostragem quinzenal.

(2) Após um ano de amostragem, a periodicidade de amostragem poderá ser revista em função dos resultados obtidos.

Nota. — Para todos os parâmetros que venham a constar na licença, a periodicidade de amostragem deverá ser ajustada em função dos resultados da avaliação do risco.

ANEXO V

(a que se refere o artigo 20.º)

Monitorização

Parâmetros a monitorizar nas ApR em função do tipo de usos

Uso	Parâmetros
Rega — qualquer tipo	CBO_5. SST. Turvação. *E. coli*. Azoto amoniacal. Azoto total. Fósforo total.
Rega de espaços verdes públicos ou de culturas para consumo animal	Ovos de parasitas intestinais.
Rega agrícola	SAR, salinidade.
Rega agrícola em sistemas descentralizados em simbiose	Monitorização de parâmetros do risco para culturas agrícolas e proteção de recursos hídricos (*e. g.*, nutrientes e/ou pesticidas).
Usos urbanos	*pH*. CBO_5.
Usos industriais (usos com risco de contacto direto: ingestão acidental, *e. g.*, gotículas e contacto dérmico).	*E. coli*.

Outros parâmetros decorrentes da avaliação do risco a incluir na respetiva licença.

Anexo 2: Tabela da qualidade da água na ETAR Viseu Sul, afluente e efluente, relativa ao ano de 2022.

Parâmetros		V.L.E. (LUDH)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd
CBO_5(mg/L O_2)	**Entrada**		44	91,05	30,5	56,45	13,5	129,67	375	92	260,5	173	29,2	28,85	110,31
	Saída	**25**	7,2	6,5	3	3	3,85	3	3	3	3	3	3	6,5	4,00
	Remoção	**70%**	84%	93%	90%	95%	71%	98%	99%	97%	99%	98%	90%	77%	91%
CQO (mg/L O_2)	**Entrada**		153	197,5	89,5	141	108	375,33	910	211	569,5	752	123	92	310,15
	Saída	**125**	13,8	14,95	12,4	12,55	16,6	15,77	22,85	5	5	9,3	5	8,3	11,79
	Remoção	**75%**	91%	92%	86%	91%	85%	96%	97%	98%	99%	99%	96%	91%	93%
SST (mg/L)	**Entrada**		31,2	57,5	31,8	41,7	32,1	88,33	204,5	25	57,5	81,5	11,63	13,3	56,34
	Saída	**35**	7,5	7,5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,42
	Remoção	**90%**	76%	87%	84%	88%	84%	94%	98%	80%	91%	94%	57%	62%	83%
pH a 25ºC	**Entrada**		7,2	6,9	7,4	7,5	7,2	7,1	7,0	7,7	7,1	7,2	7,1	7,2	7,2
	Saída	**6 a 9**	7,1	6,2	6,8	6,8	6,3	7,0	7,0	7,3	7,2	7,2	6,9	6,5	6,8
Azoto Total (mg/L N)	**Entrada**		29,5	32	31,5	36	32,1	55,33	76,5	62	59	86,5	22,67	15,5	44,88
	Saída	**15**	6,85	8	9	16	8,95	7,7	10,5	8	5,8	8	8,6	5,35	8,56
	Remoção	**70% a 80%**	77%	75%	71%	56%	72%	86%	86%	87%	90%	91%	62%	65%	77%
Fósforo Total (mg/L P)	**Entrada**		2,55	3,7	3,7	4,0	1,5	4,8	9,5	8,0	8,0	22,5	2,1	2,6	6,06
	Saída	**2**	0,67	1,6	1,35	0,95	0,68	0,69	1,05	0,75	0,50	0,90	1,10	0,50	0,89
	Remoção	**80%**	74%	58%	64%	76%	53%	86%	89%	91%	94%	96%	47%	80%	76%
Óleos e Gorduras (mg/L)	**Entrada**		21,7	5,4	7,65	7,25	2,57	23,1	16,5	20,2	53,5	26,6	15,03	17,4	18,08
	Saída	**15**	2,865	2,65	5	5	0,4	3,47	5	5	6,95	5	5,23	5	4,30
	Remoção		87%	51%	35%	31%	84%	85%	70%	75%	87%	81%	65%	71%	69%
Cor (mg/L, escala Pt-Co)	**Entrada**		Não visível	Não visível	Não visível	Não visível	Visível	Visível	Não visível	Não visível	Visível	Não visível	Não visível	Não visível	Não visível
	Saída	**n.v. a 1:20**	Não visível	Não visível	Não visível	Não visível	Não visível	Visível	Não visível	Não visível	Não visível	Não visível	Não visível	Não visível	Não visível

Parâmetros		V.L.E. (LUDH)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd
Hidrocarbonetos * (mg/L)	**Entrada**		17,2	3,9	5,0	5,1	0,3	4,12	12,4	6,2	25,7	6,6	5,0	8,4	8,3
	Saída	**10**	2,7	2,7	5,0	5,0	0,2	3,40	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,1
	Remoção		85%	32%	-	2%	32%	17%	60%	19%	81%	24%	-	40%	39%
Azoto Amoniacal (mg NH_3/l)	Entrada		29,0	25,0	22,5	35,0	21,7	38,8	52,0	41,5	54,5	77,0	22,7	9,5	35,8
	Saída	**10**	3,0	4,5	5,0	14,0	6,0	6,7	4,5	8,0	6,0	5,0	3,0	3,0	5,7
	Remoção		90%	82%	78%	60%	72%	83%	91%	81%	89%	94%	87%	68%	81%
Alumínio (mg/l Al)	**Entrada**		0,194	0,139	0,497	0,300	0,130	0,747	0,431	1,209	0,744	3,230	0,718	0,681	0,752
	Saída	**10**	0,056	0,025	0,018	0,041	0,030	0,031	0,032	0,034	0,031	0,023	0,058	0,015	0,033
	Remoção		71%	82%	96%	86%	77%	96%	93%	97%	96%	99%	92%	98%	90%
Arsénio (mg/l As)	**Entrada**		0,03	0,008	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,01
	Saída	**1**	0,03	0,008	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,01
	Remoção		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cádmio (mg/l Cd)	**Entrada**		0,01	0,006	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,00
	Saída	**0,2**	0,01	0,006	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,00
	Remoção		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chumbo (mg/l Pb)	**Entrada**		0,03	0,006	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,011	0,010	0,015	0,010	0,010	0,01
	Saída	**1**	0,03	0,006	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,040	0,010	0,010	0,010	0,010	0,01
	Remoção		-	-	-	-	-	-	-	-276%	-	33%	-	-	-121%
Cobre (mg/l Cu)	**Entrada**		0,06	0,0104	0,011	0,0128	0,0699	0,027	0,033	0,038	0,042	0,080	0,018	0,015	0,03
	Saída	**1**	0,051	0,0041	0,002	0,0037	0,0067	0,002	0,004	0,586	0,002	0,005	0,0068	0,003	0,056
	Remoção		8%	61%	82%	71%	90%	92%	89%	-1424%	95%	94%	62%	84%	-50%
Crómio (mg/l Cr)	**Entrada**		0,026	0,004	0,005	0,002	0,002	0,005	0,0020	0,003	0,002	0,023	0,002	0,002	0,006
	Saída	**2**	0,026	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0022	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004
	Remoção		-	-	57%	-	-	62%	-8%	23%	-15%	91%	13%	-	32%
Ferro (mg/l Fe)	**Entrada**		0,81	0,392	0,5920	0,429	0,473	1,26	0,5025	1,22	0,80	18,28	1,1100	0,50	2,20

Parâmetros		V.L.E. (LUDH)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd
	Saída	**2**	0,0720	0,103	0,0581	0,111	0,090	0,0553	0,0789	0,08	0,06	0,30	0,2042	0,03	0,1027
	Remoção		91%	74%	90%	74%	81%	96%	84%	94%	93%	98%	82%	95%	88%
Mercúrio (mg/l Hg)	**Entrada**		0,014	0,011	0,023	0,02	0,00012	0,00037	0,066014	0,012767	0,00022	0,0112	0,00035	0,01766	0,015
	Saída	**0,05**	0,011	0,011	0,020	0,02	0,00042	0,00017	0,010030	0,010106	0,00002	0,0100	0,00011	0,00011	0,008
	Remoção		22%	-	13%	5%			85%	21%		11%		99%	37%
Níquel(mg/l Ni)	**Entrada**		0,03	0,005	0,0168	0,0050	0,0050	0,0146	0,0050	0,0050	0,0050	0,0112	0,0050	0,0050	0,01
	Saída	**2**	0,03	0,005	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0123	0,0120	0,0050	0,0050	0,0050	0,01
	Remoção		-	-	70%	-	-	66%	-	-145%	-139%	55%	-	-	-19%
Zinco (mg/l Zn)	**Entrada**		0,0698	0,0463	0,0948	0,0798	0,0437	0,1088	0,1608	0,1521	0,1700	0,3255	0,1001	0,0590	0,1175
	Saída	**5**	0,0744	0,0532	0,0353	0,0503	0,0992	0,0531	0,0341	2,0472	0,0540	0,0533	0,0698	0,0528	0,2230
	Remoção		-7%	-15%	63%	37%	-127%	51%	79%	-1246%	68%	84%	30%	11%	-81%
***E. coli* (ucf/100 mL)**	**Entrada**		22625000	26383333	25375000	-	-	23416667	23037500	25800000	23400000	23131250	23612500	24325000	24110625
	Saída	**5**	3,75	3,83	3,25	-	-	3,67	5,00	6,50	5,50	9,25	7,50	16,67	6,49
	Remoção		100%	100%	100%	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Legenda: V.L.E.: Valor Limite de emissão.
LUDH: Licenciamento das Utilizações do Domínio Hídrico.

Anexo 3: Manual de utilização da ferramenta de apoio à avaliação de risco para reutilização de água para rega (ApR)

Manual de utilização

Ferramenta de apoio da avaliação de risco para reutilização de água para rega (ApR)

Lenise Maria Leite dos Santos

Setembro, 2023

Assim que abrir esta ferramenta irá se encontrar a capa, onde podem ser colocadas as informações sobre a avaliação de risco. De seguida há o separador “INSTRUÇÕES DE USO” que trará toda informação necessária para utilização correta do programa.

Para dar início a avaliação de risco, é indicado seguir a ordem apresentada no fluxograma abaixo (Figura 1).

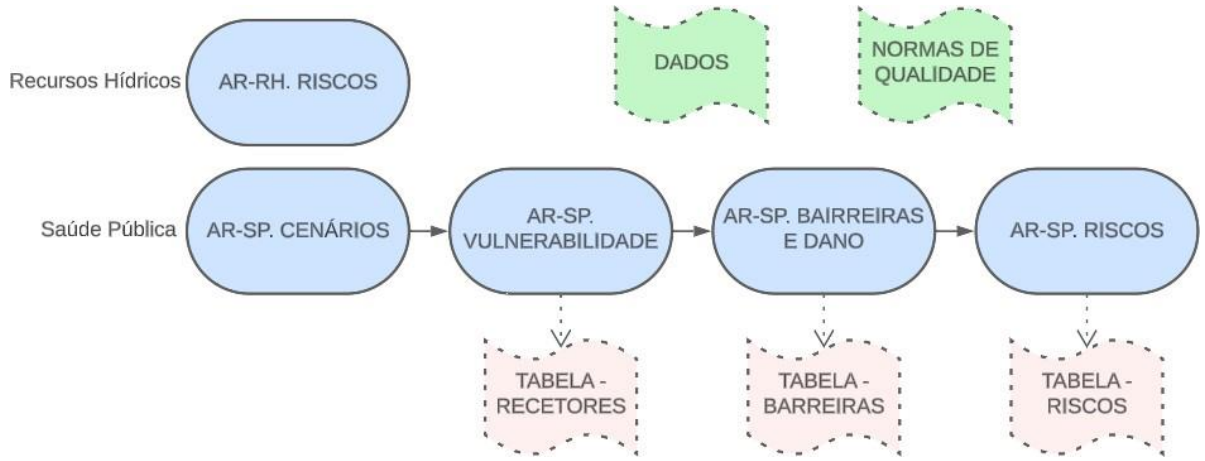

Figura 1: Fluxograma da ferramenta de automação da avaliação de risco para reutilização de água.

É possível iniciar o processo da avaliação de risco pela avaliação de riscos para recursos hídricos ou para saúde pública, é indiferente. Se preferir começar pelos recursos hídricos é necessário ir diretamente para o separador “AR-RH. RISCOS”, ao preenchê-lo por completo, a avaliação de riscos para os recursos hídricos já estará pronta. Caso comece pela saúde pública, deve direcionar-se ao separador “AR-SP. CENÁRIOS”, em seguida ir ao “AR-SP. VULNERABILIDADE”, depois ao “AR-SP. BARREIRAS E DANOS” e por fim ao “AR-SP. RISCOS” e a avaliação de risco para saúde pública estará concluída.

As tabelas ficarão prontas depois que as abas ligadas a elas já estiverem preenchidas. Por exemplo, o separador “TABELA RECETORES” estará completo assim que o “AR-SP. VULNERABILIDADE” estiver completamente preenchido.

Os dados e as normas de qualidade estão disponíveis para consulta a qualquer momento.

Definir os cenários – “AR-SP. CENÁRIOS”

O primeiro passo para fazer a avaliação de risco pela ferramenta desenvolvida é definir os cenários de exposição.

No separador “AR-SP. CENÁRIOS” já estão disponíveis 47 cenários de exposição divididos entre as vias de exposição ingestão, inalação e adsorção dérmica. Estes cenários também já estão classificados quanto ao tipo de via (direta ou indireta) e quanto ao fator de importância da via ($f_{i.via}$).

É possível adicionar mais cenários, caso estes não sejam suficientes, ou até trocar os cenários existentes por outros que sejam mais adequados ao tipo de reutilização. Ao todo poderá haver 30 cenários para cada via.

Após os cenários já estarem descritos, é só selecionar os que são do seu interesse (Figura 2), estes estarão presentes na sua avaliação de risco.

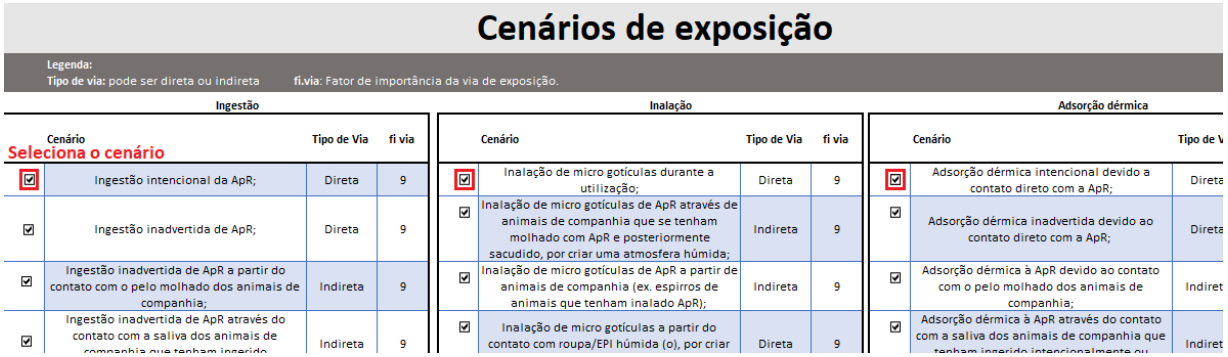

Figura 2: *Print screen* do separador “AR-SP. CENÁRIOS”.

Calcular a vulnerabilidade – “AR-SP. VULNERABILIDADE”

Depois de selecionados os cenários pertinentes, estes aparecerão automaticamente no separador “AR-SP. VULNERABILIDADE”.

É preciso identificar os recetores nos espaços coloridos (Figura 3). É possível colocar até 10 recetores.

Posteriormente, é necessário identificar se o recetor é suscetível aos cenários, independente da probabilidade, colocando “SIM” ou “NÃO” no campo “S.C.” (Suscetibilidade ao cenário). Caso recetor esteja suscetível aquele cenário de exposição (com “SIM” no campo “S.C.”) deve-se preencher os campos fi C (fator de importância do cenário de exposição) e Prob (probabilidade da ocorrência do cenário de exposição), assim o fi.cen (Fator de importância do

cenário de exposição associado a probabilidade de ocorrência) será preenchido automaticamente.

A vulnerabilidade do recetor aparecerá automaticamente acima do nome do próprio.

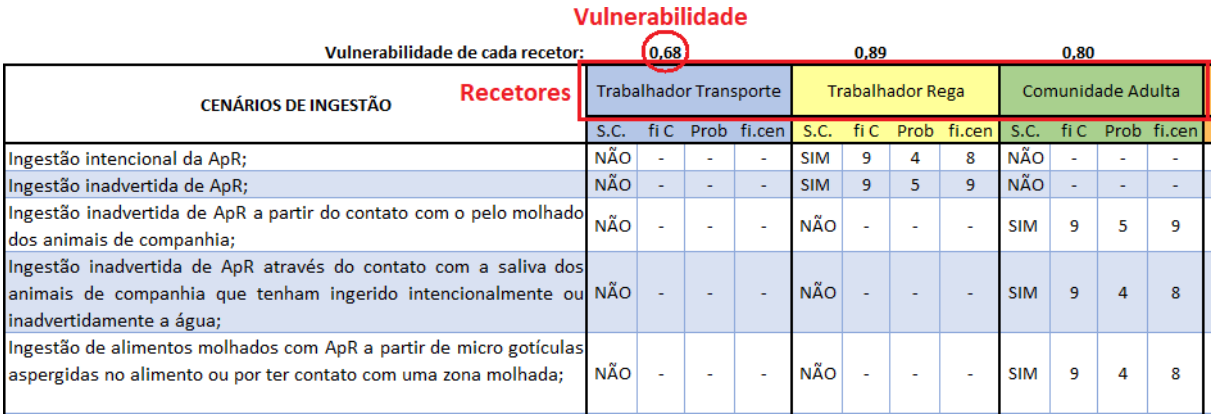

Figura 3: *Print screen* do separador "AR-SP. VULNERABILIDADE".

Identificar as barreiras e definir o dano – "AR-SP. BARREIRAS E DANO"

Nesta área do programa, todas as barreiras sugeridas pelo Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto, republicado pelo Decreto-Lei n.º 11/2023 de 10 de fevereiro, já estão descritas com suas respetivas barreiras equivalentes (Nº b.eq.). Também é possível adicionar barreiras novas, no fim da tabela.

É preciso selecionar as barreiras que ocorrem campo "O.B" (Ocorrência de barreira), com "SIM" ou "NÃO". Em seguidas, nas barreiras em que há ocorrência, deve-se selecionar a severidade do dano (Sev) e a probabilidade de falha da barreira (Prob). Assim os danos parciais (di) e o dano global serão automaticamente calculados (Figura 4).

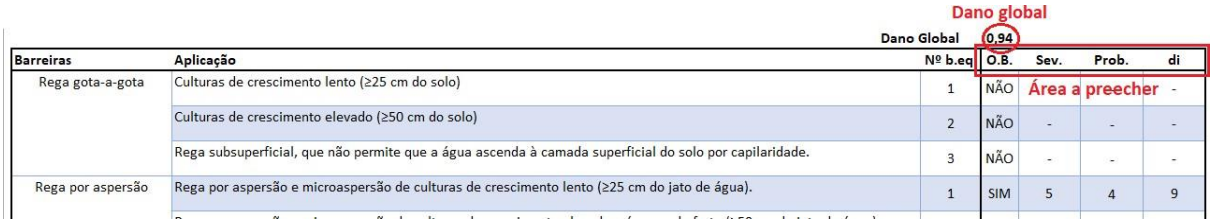

Figura 4: *Print screen* do separador "AR-SP. BARREIRAS E DANO"

Calcular o risco – "AR-SP. RISCOS"

Para calcular o risco só é preciso adicionar o nível de perigo (Figura 5). O risco do recetor e o risco global serão calculados automaticamente. Caso o risco seja considerado desprezável aparecerá descrito a sua classificação em cor verde, caso seja aceitável aparecerá em amarelo e caso seja inaceitável aparecerá em vermelho.

Figura 5: *Print screen* do separador "AR-SP. RISCOS".

Riscos para recursos hídricos – "AR-RH. RISCOS"

Para iniciar a avaliação de riscos para recursos hídricos é necessário identificar a vulnerabilidade dos recetores, que são as águas superficiais e as águas subterrâneas. Para isto é preciso classificar as águas superficiais quanto a escorrência e as águas subterrâneas quanto as características do aquífero e a infiltração. Depois de selecionadas as características hidrogeológicas, a vulnerabilidade do recetor é calculada (Figura 6).

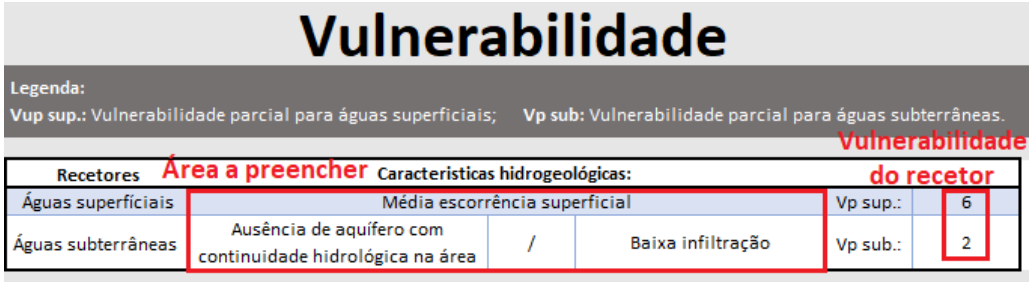

Figura 6: *Print screen* do separador "AR-RH. RISCOS", área da vulnerabilidade do recetor.

Também é preciso preencher o campo das barreiras. Para cada via de exposição (produção, armazenamento, distribuição e utilização) pode-se escolher até 2 barreiras (sistema de deteção de fugas e capacidade de retenção total ou parcial) ou escolher a opção com ausência de barreiras. Depois ter as barreiras determinadas o fator de importância da barreira/cenário (fiC.rh) é preenchido automaticamente, porém os campos "Prob.rh" (probabilidade de falha da barreira) e "Sev.rh" (Severidade do dano) precisam ser selecionados, e então os danos parciais serão calculados (Figura 7).

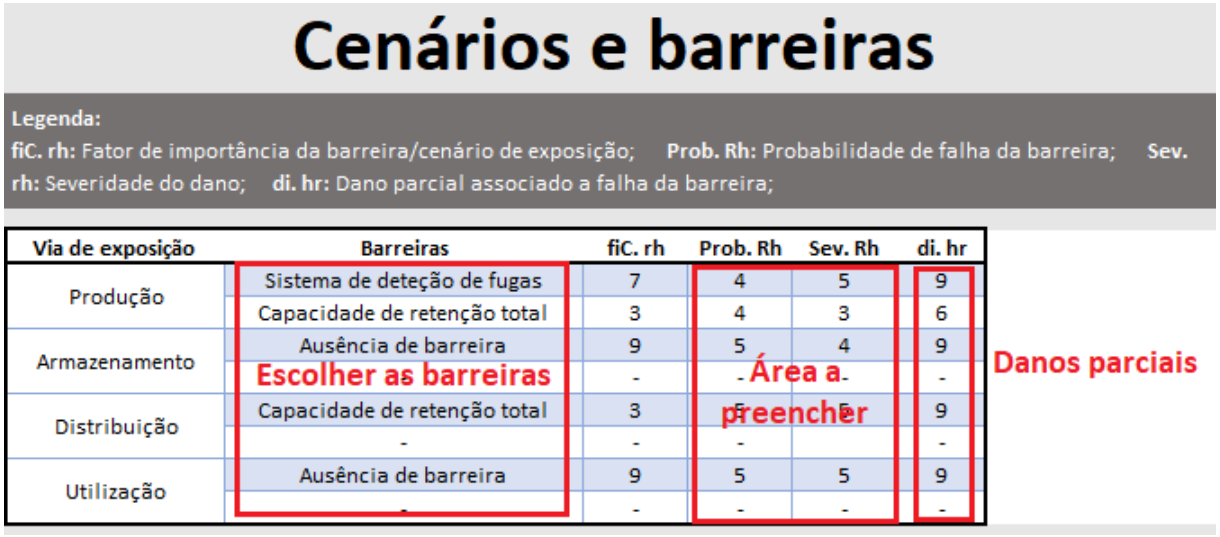

Figura 7: Print screen do separador "AR-RH. RISCOS", área dos cenários e barreiras do recetor.

Por último, é só definir o nível de perigo para reutilização, seja ele microbiológico, de azoto e fósforo ou os previstos pela Norma da qualidade Ambiental (NQA) (Figura 8).

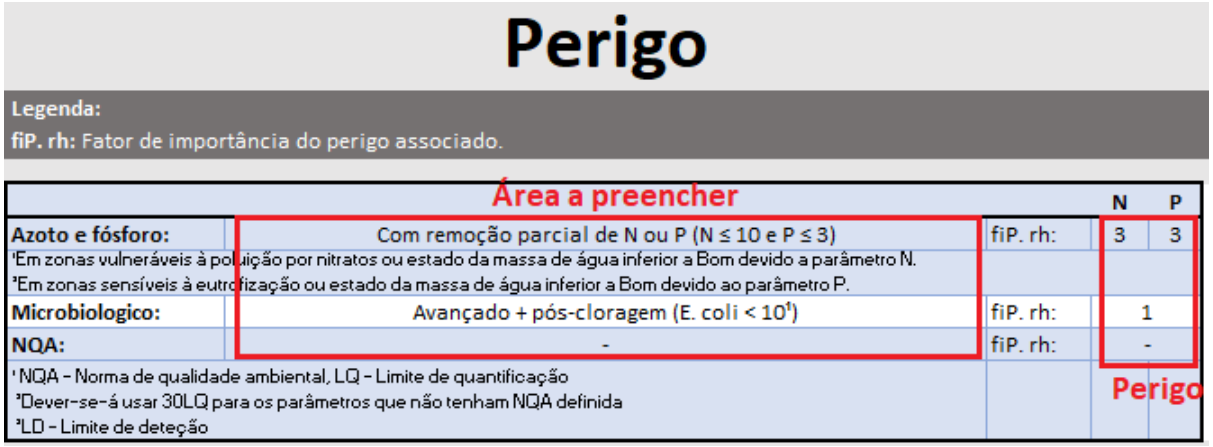

Figura 8*: Print screen* do separador "AR-RH. RISCOS", área dos perigos.

O risco para os recursos hídricos já é calculado automaticamente, caso o risco seja considerado desprezável aparecerá descrito a sua classificação em cor verde, caso seja aceitável aparecerá em amarelo e caso seja inaceitável aparecerá em vermelho (Figura 9).

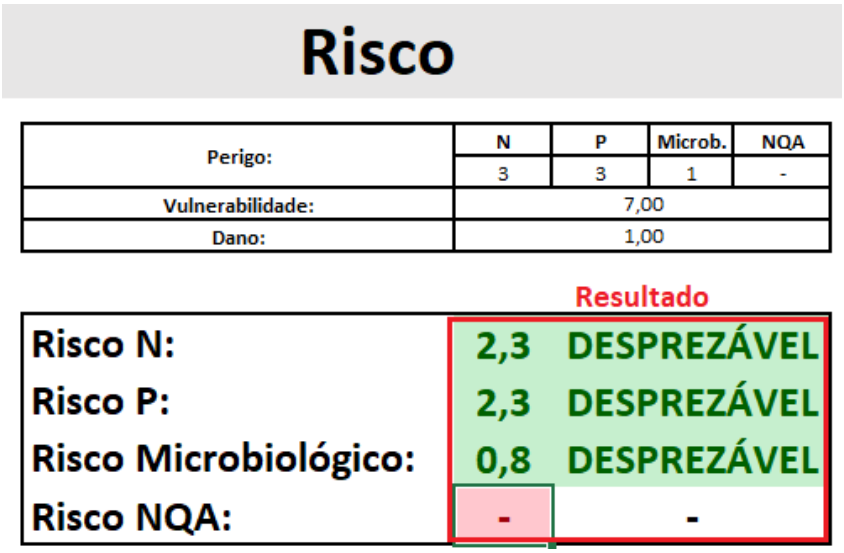

Figura 9*: Print screen* do separador "AR-RH. RISCOS", parte dos riscos.

Tabelas – "TABELA – RECETORES", "TABELA – BARREIRAS", "TABELA – RISCOS"

Para facilitar o entendimento dos dados foram criadas as abas "TABELA - RECETORES", "TABELA – BARREIRAS", "TABELA – RISCOS", que geram tabelas automáticas com os dados já prontos.

A informação que está automatizada nestas tabelas acabam por deixar algumas linhas em branco, para retirá-las é só clicar no filtro e desselecionar a opção "(em branco)" e assim só ficarão os dados selecionados anteriormente (Figura 10).

Para a tabelas dos recetores é necessário ainda colocar as justificativas quanto aos valores empregues no fator de importância do cenário de exposição (fiC) e na probabilidade de ocorrência do cenário (Prob).

Figura 10: *Print screen* das abas "TABELA - RECETORES", "TABELA – BARREIRAS" e "TABELA – RISCOS"

Dúvidas e normas – Abas "DADOS" e "NORMAS DE QUALIDADE"

Estas abas são para ajuda do utilizador do programa, nelas é possível encontrar a descrição dos parâmetros e as normas descritas em legislação para reutilização de água.Estas são essenciais para consulta durante a utilização da ferramenta.

Anexo 4: Tabela dos cenários justificados da avaliação de riscos para saúde pública da produção e utilização pela ETAR Viseu Sul.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Abastecimento	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida devido ao contato com outros trabalhadores expostos à ApR;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido ao grande contato entre os trabalhadores e pelo compartilhamento de áreas comuns.
Trabalhador Abastecimento	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a pouca exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), porém como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor entre importância essencial e demonstrada
Trabalhador Abastecimento	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é baixa devido exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor entre importância essencial e demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Trabalhador Abastecimento	9	Ingestão	Direta	Ingestão acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a possibilidade do contato mão-boca após o contato com roupa/EPI húmida (o) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor entre importância essencial e demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Abastecimento	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a vegetação húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a possibilidade do contato mão-boca após o contato com a vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um entre importância essencial e demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Trabalhador Abastecimento	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas de ApR devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), portanto, tem entre importância essencial e demonstrada, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Abastecimento	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), o que cria uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a pouca exposição deste recetor, além da pouca evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por roupa/EPI húmida (o), apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Abastecimento	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	2	3	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a pouca evidência científica de transmissão, não há evidência para esta via quando há pouco contato com a água e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Abastecimento	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	2	3	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a pouca evidência científica de transmissão por contato com superfície molhada, não há evidência para esta via quando há pouco contato com a água e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Abastecimento	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	2	3	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a pouca evidência científica de transmissão por contato com roupa/EPI húmida (o), não há evidência para esta via quando há pouco contato com a água e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Direta	Ingestão intencional da ApR;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido à grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alto.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida de ApR;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido à grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluto.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com superfícies (chão, bancos, cadeiras, mesas, brinquedos, bolas ou equipamentos de relaxamento que as pessoas	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido à grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alto.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				levem para o local) húmidas com ApR;					
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida a partir do contato com roupa/EPI húmida (o);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido à grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluto.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de solo húmido com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	Devido ao treino específico, este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de vegetação e raízes húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	Devido ao treino específico, este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância entre essencial e demonstrada.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de solo húmido com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em solo húmido e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de vegetação e raízes húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida devido à informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	Devido ao treino específico, este cenário não parece tão provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida devido ao contato com outros trabalhadores expostos à ApR;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido ao grande contato entre os trabalhadores e pelo compartilhamento de áreas comuns.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alto.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Direta	Ingestão acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a pouca exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a possibilidade do contato mão-boca após o contato com roupa/EPI húmido(a) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Trabalhador Lavagem	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a vegetação húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a pouca exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a possibilidade do contato mão-boca após o contato com vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância quase absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Trabalhador Lavagem	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas durante a utilização;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido à exposição do recetor e, portanto, de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Lavagem	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), que crie uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido à exposição do recetor e, portanto, entre importância essencial e absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Lavagem	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação molhada, que ao topar na vegetação, que crie uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido à exposição do recetor e, portanto, entre importância essencial e absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Lavagem	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas de ApR devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido às características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) e, portanto, de alta importância, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Lavagem	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), o que cria uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a pouca evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por roupas/EPI húmido (as), apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries).
Trabalhador Lavagem	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com vegetação húmida, devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a pouca evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por roupas/EPI húmido (as), apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries).
Trabalhador Lavagem	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica intencional devido ao contato direto com a ApR;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	Devido ao treino específico, este cenário não parece tão provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano. Há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Lavagem	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica inadvertida devido ao contato direto com a ApR;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é alta devido ao contato ser feito de forma acidental e não há evidência para esta via quando há pouco contato com a água e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Lavagem	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com superfícies (bancos, cadeiras e mesas do local, brinquedos, bolas, equipamentos de relaxamento) húmidas com ApR;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da do contato com a superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Lavagem	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da roupa/EPI húmida (o) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Lavagem	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com vegetação húmida;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Lavagem	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica devido a informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Lavagem	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Lavagem	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Lavagem	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir de roupas/EPI húmidos (as) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Lavagem	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR pelo contato com vegetação húmida proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com outras superfícies (bancos, cadeiras, mesas, brinquedos, bolas, equipamentos de	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				relaxamento que as pessoas levem para o local);					um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida a partir do contato com roupa/EPI húmida (o);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco baixa devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em roupa/EPI húmido(a) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida a partir do contato com a vegetação húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de solo molhado com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	Devido ao treino específico, este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância entre essencial e demonstrada.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de vegetação e raízes molhadas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	Devido ao treino específico, este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância entre essencial e demonstrada.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de solo molhado com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	8	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de alta importância.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de vegetação e raízes molhadas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida devido à informação inadequada (sinalização) relativamente aos usos permitidos;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	Devido ao treino específico, este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida devido ao contato com outros trabalhadores expostos à ApR;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido ao grande contato entre os trabalhadores e pelo compartilhamento de áreas comuns.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido às características do sistema (sob pressão e a exposição a intempéries) e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Direta	Ingestão de alimentos molhados com ApR a partir de micro gotículas aspergidas no alimento devido a deficiências operacionais (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	7	Devido ao treino específico, este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a ingestão é uma rota de exposição com dados de infeção comprovados. Por este motivo este cenário é considerado de importância demonstrada.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente a deficiências operacionais (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Direta	Ingestão acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o contato com roupa/EPI húmido(a) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Trabalhador Geral	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a vegetação húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o contato com vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Geral	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), que crie uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é pouco baixa devido à exposição do recetor e, porém, de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Geral	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação húmida, que ao topar na vegetação criar uma atmosfera de húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido à exposição do recetor e, porém, de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Geral	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas de ApR devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido às características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) e, portanto, de absoluta importância, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Geral	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), que crie uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por roupa/EPI húmida (o), apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries). É considerado de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Geral	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação húmida, devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), que crie uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por vegetação húmida, apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries). É considerado de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Geral	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com superfícies (chão, bancos, cadeiras e mesas do local, brinquedos, bolas, equipamentos de relaxamento que tenham estado em contacto com ApR);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da do contato com a superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Geral	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da roupa/EPI húmida (o) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Geral	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com vegetação húmida;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Geral	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica devido a informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	5	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Geral	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	4	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Geral	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				superfície molhada proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);					superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Geral	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir de roupas/EPI húmidos (as) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Geral	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com vegetação húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Anexo 5: Tabela dos cenários justificados da avaliação de riscos para saúde pública da utilização para rega dos espaços verdes de Viseu.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Transporte	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida devido ao contato com outros trabalhadores expostos à ApR;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido ao grande contato entre os trabalhadores e pelo compartilhamento de áreas comuns.
Trabalhador Transporte	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é pouco baixa devido a pouca exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), porém como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor entre importância essencial e demonstrada
Trabalhador Transporte	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é baixa devido exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor entre importância essencial e demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Trabalhador Transporte	9	Ingestão	Direta	Ingestão acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a possibilidade do contato mão-boca após o contato com roupa/EPI húmida (o) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor entre importância essencial e demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Transporte	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a vegetação húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a possibilidade do contato mão-boca após o contato com a vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um entre importância essencial e demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Trabalhador Transporte	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas de ApR devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), portanto, tem importância demonstrada, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Transporte	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a pouca exposição deste recetor, além da pouca evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por roupa/EPI húmida (o), apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Transporte	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	2	3	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a pouca evidência científica de transmissão, não há evidência para esta via quando há pouco contato com a água e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Transporte	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	2	3	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a pouca evidência científica de transmissão por contato com superfície molhada, não há evidência para esta via quando há pouco contato com a água e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Transporte	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	2	3	A probabilidade de ocorrência é baixa devido a pouca evidência científica de transmissão por contato com roupa/EPI húmida (o), não há evidência para esta via quando há pouco contato com a água e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Direta	Ingestão intencional da ApR;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido à grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alto.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida de ApR;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido à grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluto.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com superfícies (bancos, cadeiras, mesas, brinquedos, bolas ou equipamentos de relaxamento que as	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido à grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alto.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				pessoas levem para o local) húmidas com ApR;					
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida a partir do contato com roupa/EPI húmida (o);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido à grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluto.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida a partir do contato com a vegetação húmida;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido à grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluto.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de solo húmido com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	Devido ao treino específico, este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de vegetação e raízes húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	Devido ao treino específico, este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância entre demonstrada.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de solo húmido com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em solo húmido e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
									doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alto.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de vegetação e raízes húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alto.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida devido à informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	Devido ao treino específico, este cenário não parece tão provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida devido ao contato com outros trabalhadores expostos à ApR;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido ao grande contato entre os trabalhadores e pelo compartilhamento de áreas comuns.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido grande exposição deste recetor e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta.
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Direta	Ingestão acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o toque em ropas/EPI húmida (o) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão
Trabalhador Rega	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a vegetação húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido exposição deste recetor, além das características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o toque em vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão
Trabalhador Rega	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas durante a utilização;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta, portanto, de absoluta importância, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Rega	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido à exposição do recetor e, porém, de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Rega	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação molhada, que ao topar na vegetação	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta, portanto, de absoluta importância, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				crie uma atmosfera húmida;					
Trabalhador Rega	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas de ApR devido a deficiências operacionais nos sistemas (roturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido às características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) e, portanto, de absoluta importância, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Rega	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por roupa/EPI húmida (o), apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries). É considerado de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Rega	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação húmida, devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência alta devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por vegetação húmida, apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries). É considerado de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Trabalhador Rega	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica intencional devido ao contato direto com a ApR;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	Devido ao treino específico, este cenário não parece tão provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano. Há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR
Trabalhador Rega	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica inadvertida devido ao contato direto com a ApR;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é alta devido ao contato ser feito de forma acidental e não há evidência para esta via quando há pouco contato com a água e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Rega	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com superfícies (bancos, cadeiras e mesas do local, brinquedos, bolas, equipamentos de relaxamento) húmidas com ApR;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da do contato com a superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Rega	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da roupa/EPI húmida (o) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Rega	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com vegetação húmida;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Rega	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica devido a informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a
Trabalhador Rega	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Trabalhador Rega	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Rega	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir de roupas/EPI húmidos (as) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Trabalhador Rega	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR pelo contato com vegetação húmida proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com o pelo molhado dos animais de companhia;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de ApR através do contato com a saliva dos animais de companhia que tenham ingerido intencionalmente ou inadvertidamente a água;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Direta	Ingestão de alimentos molhados com ApR a partir de micro gotículas aspergidas no alimento ou por ter contato com uma zona molhada;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco alta devido a possibilidade de ingestão de alimentos sem a devida higienização e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância essencial, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com superfícies (bancos, cadeiras, mesas, brinquedos, bolas ou equipamentos de relaxamento que as pessoas levem para o local) húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida a partir do contato com roupa/EPI húmida (o);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco baixa devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em roupa/EPI húmido(a) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida a partir do contato com a vegetação húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de solo húmido com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	Este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância entre essencial e demonstrada.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de vegetação e raízes húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	Este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância entre essencial e demonstrada.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de solo húmido com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em solo húmido e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de alta importância.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de vegetação e raízes húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida devido à informação (sinalização) inadequada	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a pouca exposição direta deste recetor, porém pela ingestão ser considerada uma importante via de

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				relativamente aos usos permitidos;					transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de estimação proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental de ApR através do contato com a saliva dos animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Direta	Ingestão de alimentos molhados com ApR a partir de micro gotículas aspergidas no alimento devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido às características do sistema (sob pressão e a exposição a intempéries) e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alto.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente a	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				deficiências operacionais (ruturas ou fugas);					um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Direta	Ingestão acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é pouco baixa devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o contato com roupa/EPI húmido(a) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância essencial, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Adulta	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a vegetação húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o contato com vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Adulta	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR através de animais de companhia que se tenham molhado com ApR e posteriormente sacudido, por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal, considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Adulta	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir de animais de companhia (ex. espirros	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal, considerada de importância absoluta, pois há

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				de animais que tenham inalado ApR);					fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Adulta	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é pouco baixa devido à exposição do recetor e, porém, de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Adulta	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação molhada, que ao topar na vegetação crie uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por vegetação húmida. É considerado de importância demonstrada, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Adulta	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de companhia devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal e devido às características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) é considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Adulta	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir da saliva de animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas) (ex. espirros de animais que	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal e devido às características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) é considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				tenham contato com a ApR);					
Comunidade Adulta	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é pouco baixa devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por roupa/EPI húmida (o), apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries). É considerado de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Adulta	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação húmida, devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por vegetação húmida, apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries). É considerado de importância demonstrada, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com o pelo molhado dos animais de companhia;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é alta devido ao contato direto com o animal e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR através do contato com a saliva dos animais de companhia que tenham ingerido intencionalmente	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é alta devido ao contato direto com o animal e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				ou inadvertidamente a água;					
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com superfícies (bancos, cadeiras e mesas do local, brinquedos, bolas, equipamentos de relaxamento) húmidas com ApR;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da do contato com a superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da roupa/EPI húmida (o) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com vegetação húmida;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica devido a informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de estimação proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido exposição à ApR através do contato com a boca dos animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é alta devido ao contato direto com o animal e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir de roupas/EPI húmidos (as) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Adulta	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR pelo contato com vegetação húmida proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com o pelo molhado dos animais de companhia;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de ApR através do contato com a saliva dos animais de companhia que tenham ingerido intencionalmente ou inadvertidamente a água;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Direta	Ingestão de alimentos molhados com ApR a partir de micro gotículas aspergidas no alimento ou por ter contato com uma zona molhada;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade de ingestão de alimentos sem a devida higienização e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com superfícies (bancos, cadeiras, mesas,	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				brinquedos, bolas ou equipamentos de relaxamento que as pessoas levem para o local) húmidas com ApR;					doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida a partir do contato com roupa/EPI húmida (o);	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em roupa/EPI húmido(a) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida a partir do contato com a vegetação húmida;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alta.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de solo húmido com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	Este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância entre essencial e demonstrada.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de vegetação e raízes húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	Este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância entre essencial e demonstrada.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de solo húmido com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque no solo húmido e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
									veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de vegetação e raízes húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alta.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida devido à informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco alta devido a pouca exposição direta deste recetor, porém pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alta.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de estimação proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental de ApR através do contato com a saliva dos animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Criança	9	Ingestão	Direta	Ingestão de alimentos molhados com ApR a partir de micro gotículas aspergidas no alimento devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido às características do sistema (sob pressão e a exposição a intempéries) e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Direta	Ingestão acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o contato com roupa/EPI húmido(a) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Criança	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a vegetação húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o contato com vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Criança	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR através de animais de companhia que se tenham molhado com ApR e posteriormente sacudido, por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal, considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Criança	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir de animais de companhia (ex. espirros de animais que tenham inalado ApR);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal, considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Criança	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é pouco baixa devido à exposição do recetor e, porém, de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Criança	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação molhada, que ao topar na vegetação crie uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por vegetação húmida. É considerado de importância alta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Criança	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de companhia devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	5	8	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal e devido às características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) é considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Criança	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir da saliva de animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas) (ex. espirros de animais que tenham contato com a ApR);	Via de infeção demonstrada	9	5	8	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal e devido às características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) é considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Criança	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é pouco baixa devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por roupa/EPI húmida (o), apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries). É considerado de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Criança	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação húmida, devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é alta devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por vegetação húmida, apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries). É considerado de importância alta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Criança	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com o pelo molhado dos animais de companhia;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é alta devido ao contato direto com o animal e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Criança	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR através do contato com a saliva dos animais de companhia que tenham ingerido intencionalmente ou inadvertidamente a água;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	5	A probabilidade de ocorrência é alta devido ao contato direto com o animal e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Criança	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com superfícies (bancos, cadeiras e mesas do local, brinquedos, bolas, equipamentos de relaxamento) húmidas com ApR;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da do contato com a superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Criança	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da roupa/EPI húmida (o) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Criança	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com vegetação húmida;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Criança	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica devido a informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Criança	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de estimação proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido ao contato direto com o animal e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Criança	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido exposição à ApR através do contato com a boca dos animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é alta devido ao contato direto com o animal e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Criança	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Eventual via de infeção (possíveis casos de contaminação)	5	2	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Criança	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir de roupas/EPI húmidos (as) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Criança	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR pelo contato com vegetação húmida proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com o pelo molhado dos animais de companhia;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de ApR através do contato com a saliva dos animais de companhia que tenham ingerido intencionalmente ou inadvertidamente a água;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Direta	Ingestão de alimentos molhados com ApR a partir de micro gotículas aspergidas no alimento ou por ter contato com uma zona molhada;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade de ingestão de alimentos sem a devida higienização e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida de ApR a partir do contato com superfícies (bancos, cadeiras, mesas,	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
				brinquedos, bolas ou equipamentos de relaxamento que as pessoas levem para o local) húmidas com ApR;					doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida a partir do contato com roupa/EPI húmida (o);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco baixa devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em roupa/EPI húmido(a) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida a partir do contato com a vegetação húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de solo húmido com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	Este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância entre essencial e demonstrada.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Indireta	Ingestão intencional de vegetação e raízes húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	Este cenário não parece muito provável de ocorrer, mas depende do comportamento humano e a pela ingestão ser uma rota de exposição com dados de infeção comprovados, propõe-se a adoção de um valor de importância entre essencial e demonstrada.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de solo húmido com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em solo húmido e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
									veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de alta importância.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida de vegetação e raízes húmidas com ApR;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a possibilidade do contato mão-boca após o toque em vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida devido à informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada mediana devido a pouca exposição direta deste recetor, porém pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de estimação proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental de ApR através do contato com a saliva dos animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	4	8	A probabilidade de ocorrência é considerada pouco alta devido a possibilidade do contato mão-boca após o contato com o animal e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Direta	Ingestão de alimentos molhados com ApR a partir de micro gotículas aspergidas no alimento devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido às características do sistema (sob pressão e a exposição a intempéries) e como a ingestão é considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância alto.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Direta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é alta devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o toque em superfícies molhadas e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância absoluta, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Direta	Ingestão acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é pouco baixa devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o contato com roupa/EPI húmido(a) e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância essencial, apesar da baixa evidência científica de transmissão.
Comunidade Idoso	9	Ingestão	Indireta	Ingestão inadvertida acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a vegetação húmida proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido às características do sistema (sob pressão e exposição a intempéries), a alta possibilidade do contato mão-boca após o contato com vegetação húmida e pela ingestão ser considerada uma importante via de transmissão de doenças de veiculação hídrica, propõe-se a adoção de um valor de importância demonstrada, apesar da baixa evidência científica de transmissão.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Idoso	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR através de animais de companhia que se tenham molhado com ApR e posteriormente sacudido, por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal, considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Idoso	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir de animais de companhia (ex. espirros de animais que tenham inalado ApR);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal, considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Idoso	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é pouco baixa devido à exposição do recetor e, porém, de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Idoso	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação molhada, que ao topar na vegetação crie uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por vegetação húmida. É considerado de importância demonstrada, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Idoso	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de companhia devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal e devido às características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) é considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Idoso	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir da saliva de animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas) (ex. espirros de animais que tenham contato com a ApR);	Via de infeção demonstrada	9	5	9	A probabilidade de ocorrência é considerada alta devido a possibilidade do contato intenso com o animal e devido às características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries) é considerada de importância absoluta, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Idoso	9	Inalação	Direta	Inalação de micro gotículas a partir do contato com roupa/EPI húmida (o), devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	2	6	A probabilidade de ocorrência é pouco baixa devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por roupa/EPI húmida (o), apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries). É considerado de importância essencial, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Idoso	9	Inalação	Indireta	Inalação de micro gotículas de ApR a partir do contato com a vegetação húmida, devido a deficiências operacionais (ruturas ou fugas), por criar uma atmosfera húmida;	Via de infeção demonstrada	9	3	7	A probabilidade de ocorrência é mediana devido há baixa evidência científica de transmissão a partir de gotículas criadas por vegetação húmida, apesar das características do sistema (sob pressão e exposto a intempéries). É considerado de importância demonstrada, pois há fortes evidências de transmissão de doenças (*legionella*) por inalação de aerossóis de água.
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com o pelo molhado dos animais de companhia;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido ao contato direto com o animal e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{iC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR através do contato com a saliva dos animais de companhia que tenham ingerido intencionalmente ou inadvertidamente a água;	Eventual via de infeção (possíveis casos de contaminação)	5	3	5	A probabilidade de ocorrência é mediana devido ao contato direto com o animal e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com superfícies (bancos, cadeiras e mesas do local, brinquedos, bolas, equipamentos de relaxamento) húmidas com ApR;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	5	6	A probabilidade de ocorrência é alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da do contato com a superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da roupa/EPI húmida (o) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica à ApR devido ao contato com vegetação húmida;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica devido a informação (sinalização) inadequada relativamente aos usos permitidos;	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com o pelo molhado do animal de estimação proveniente a deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	4	5	A probabilidade de ocorrência é pouco alta devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido exposição à ApR através do contato com a boca dos animais domésticos que tenham ingerido dessa água proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido ao contato direto com o animal e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR a partir do contato com a superfície molhada proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Eventual via de infeção (possíveis casos de contaminação)	5	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da superfície húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Direta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR por contato com roupa/EPI húmida (o) proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir de roupas/EPI húmidos (as) e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.

Recetor	$f_{i.via}$	Via	Tipo de Via	Cenários	Via de infeção	f_{IC}	Prob.	$f_{i.cen}$	Justificativa
Comunidade Idoso	3	Adsorção	Indireta	Adsorção dérmica acidental devido a exposição à ApR pelo contato com vegetação húmida proveniente de deficiências operacionais (ruturas ou fugas);	Ausência de dados sobre a via de infeção	3	3	4	A probabilidade de ocorrência é mediana devido a exposição do recetor e há pouca evidência para esta via quando há pouco contato com a ApR, a partir da vegetação húmida e a transmissão por exposição ocular também permanece desconhecida.