



# Avaliação de Impacto na Saúde da desinfecção de águas residuais como barreira à disseminação ambiental da resistência antimicrobiana

*Liliana Almeida,  
Marisa Freitas,  
Simone Georges El Khouri Miraglia e  
Karina Camasmie Abe*



10.47247/SGEKM/6063.024.6.7

## Introdução

Desde 1938, com a descoberta da penicilina, que os antibióticos vieram revolucionar a medicina com a sua capacidade de tratamento de infecções bacterianas. Contudo, devido à inata capacidade de adaptação das bactérias a agentes antimicrobianos, verifica-se atualmente que os níveis de resistência a antibióticos estão a aumentar, enquanto o progresso da descoberta de novos agentes tem sido lento e não tem acompanhado esta tendência com a introdução de novas substâncias ativas. Desta forma, a Resistência a Antimicrobianos (RAM) é atualmente um dos problemas de saúde pública mais relevantes a nível global, apresentando consequências clínicas e económicas preocupantes (Loureiro *et al.*, 2015).

Este fenómeno refere-se a microrganismos que podem tornar-se resistentes a antimicrobianos através de vários mecanismos, como mutação ou intercâmbio genético (resistência adquirida). Este processo pode ocorrer em microrganismos no corpo de hospedeiros humanos ou animais, mas também em contextos ambientais, onde a presença de agentes antimicrobianos e de outros poluentes enfraquecem ou esgotam as principais populações das bactérias visadas, permitindo que as restantes estirpes resistentes persistam ou proliferem (WHO, 2021).

O desenvolvimento de RAM é um fenómeno natural resultante da pressão seletiva exercida pelo uso de antibióticos, mas tem sofrido uma expansão muito acelerada devido à utilização inadequada destes fármacos, existindo uma correlação muito clara entre um maior consumo de antibióticos e níveis mais elevados de resistência antimicrobiana. É ainda importante salientar que uma proporção considerável do uso inadequado de antibióticos, que tem também um papel relevante na emergência e disseminação da RAM, é devida ao uso de antibióticos em atividades como a veterinária, a zootecnia e a pecuária (Loureiro *et al.*, 2015).

A RAM é responsável por consequências clínicas e económicas graves, relacionadas com o aumento da morbilidade e mortalidade, por isso, é necessária mais investigação para melhor compreender as circunstâncias que promovem o seu desenvolvimento e propagação no ambiente, que fontes e vias de exposição são mais relevantes, e qual a melhor forma de prevenir a propagação e a transmissão a seres humanos e animais (Loureiro *et al.*, 2015).

Assim sendo, o combate à disseminação da RAM, pela sua complexidade, requer uma abordagem multissetorial, envolvendo vários setores e partes interessadas na saúde humana, terrestre e aquática, de animais e plantas, produção de alimentos e rações e do meio ambiente, para colaborarem na concepção e implementação de programas, políticas, legislação e investigação para atingir melhores resultados ao nível da saúde pública (WHO, 2021).

Os locais que proporcionam o desenvolvimento ou transferência de resistência, considerados como *hotspots* de resistência antimicrobiana, são

caracterizados por terem elevadas cargas microbianas, concentrações sub-terapêuticas de antibióticos e por contribuírem para descargas de bactérias resistentes para o ambiente. Nestes *hotspots* incluem-se as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) devido à presença de microrganismos nas águas residuais, assim como à concentração significativa de antibióticos que podem conter (OMS, FAO & OIE, 2020).

De acordo com a revisão sistemática realizada por Hiller *et al.* (2019), vários estudos têm vindo a comprovar a presença de níveis elevados de bactérias resistentes a antibióticos e especialmente genes de resistência em efluentes de águas residuais urbanas. Estes dados confirmam que a descarga dos efluentes de ETAR pode resultar em contribuições significativas para a disseminação de RAM no ambiente aquático. Esta descarga de bactérias patogénicas resistentes a antibióticos nas águas superficiais pode representar uma ameaça potencial para a saúde humana, especialmente se os rios receptores estiverem sujeitos a uso a jusante, por exemplo, para fins recreativos ou captação de água potável.

De uma perspectiva de proteção da saúde pública, o tratamento de águas residuais é sempre necessário, no entanto, dependendo do nível de sofisticação do sistema, pode não ser suficiente para reduzir as concentrações de microrganismos resistentes a antimicrobianos presentes nos efluentes para níveis que eliminem o risco potencial de disseminação da RAM no ambiente (OMS, FAO & OIE, 2020).

No entanto, as tecnologias existentes de tratamento de água potável, bem como as melhorias no saneamento e no tratamento de águas residuais constituem barreiras fundamentais à propagação da RAM, da mesma forma que desempenham uma função de barreira à transmissão de outros agentes patogénicos transmitidos por via fecal. Além disso, a prevenção de infeções que seriam tratadas com antimicrobianos contribuirá para limitar a prescrição e a utilização dos mesmos (OMS, FAO & OIE, 2020).

Em Portugal, segundo dados da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), apenas 15% das ETAR existentes integram na sua linha de tratamento o nível terciário, que consiste na desinfecção das águas residuais (APA, 2021). A desinfecção é o processo unitário que tem por objetivo reduzir a quantidade de microrganismos patogénicos presentes nas águas residuais, eliminando-os ou reduzindo-os até um nível compatível com a proteção da saúde pública, antes da sua descarga no meio recetor ou da sua reutilização (Monte *et al.*, 2016). Por esta razão, a integração do tratamento terciário por desinfecção nas ETAR pode constituir uma barreira à disseminação ambiental de microrganismos resistentes aos antimicrobianos.

Neste sentido, a Avaliação de Impacto em Saúde (AIS) surge como uma mais-valia para analisar qual o potencial da desinfecção de águas residuais para reduzir o impacto na saúde da disseminação ambiental da resistência antimicrobiana. Este estudo será realizado através de uma análise prospetiva, com o objetivo de melhor compreender de que forma esta iniciativa interfere com a incidência de doenças provocadas por microrganismos resistentes a antimicrobianos em Portugal.

## Desenho da AIS

- › **Nível da AIS:** rápida e prospectiva
- › **Local de Estudo:** Portugal
- › **Período:** entre 2015 e 2019
- › **População:** População total do país
- › **Desfecho na saúde:** diminuição da incidência de doenças provocadas por microrganismos resistentes a antimicrobianos.

## Triagem

Segundo o Decreto-Lei nº 152-B/2017, de 11 de dezembro a Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) consiste num instrumento de carácter preventivo, onde é concretizada a identificação, previsão, avaliação e mitigação dos impactes relevantes decorrentes de determinados projetos, ponderando nomeadamente os seus efeitos sobre a população e a saúde humana (APA, 2021a). No seguimento desta obrigação legal considera-se necessária a realização de uma AIS para o presente projeto.

A AIS irá contribuir com informações para a melhoria da saúde da população, representando uma mais valia, uma vez que a AIS será realizada de forma prospectiva e, por conseguinte, permitirá realizar alterações no projeto que minimizem os impactos negativos e maximizem os aspectos positivos.

Para verificar a pertinência da aplicação da AIS será realizada como primeira etapa uma triagem. Nesta etapa, utilizou-se a matriz desenvolvida por Stapleton e Cheney (2004) e um formulário de orientação, verificando-se que os impactos positivos favorecem a realização da AIS.

Tabela 1: Etapa de triagem da AIS

RESPOSTAS A FAVOR DA AIS	PARA CONHECIMENTO	RESPOSTAS CONTRA A AIS
<b>IMPACTOS À SAÚDE</b>		
Sim/Não tenho certeza (X)	A iniciativa afeta diretamente a saúde?	( ) Não
Sim/Não tenho certeza (X)	A iniciativa afeta indiretamente a saúde?	( ) Não
Sim/Não tenho certeza (X)	Há algum impacto à saúde potencialmente negativo que atualmente conhecemos?	( ) Não
Sim/Não tenho certeza (X)	É preciso uma investigação mais aprofundada devido à necessidade de mais informação sobre os potenciais impactos à saúde?	( ) Não
Não (X)	Os potenciais impactos à saúde são conhecidos e simples para sugerir formas eficazes em que os efeitos benéficos são maximizados e os efeitos nocivos minimizados?	( ) Sim
Não (X)	Os potenciais impactos à saúde são considerados baixos?	( ) Sim
<b>COMUNIDADE</b>		
Sim/Não tenho certeza (X)	A população é afetada devido à ampla iniciativa?	( ) Não
Sim/Não tenho certeza ( )	Há algum grupo socialmente excluído, vulnerável ou desfavorecido que possa ser afetado? ( <b>Sim, principalmente idosos e crianças, profissionais que exercem o trabalho nas ruas – guardas de trânsito, entregadores, etc.</b> )	(X) Não
Sim/Não tenho certeza (X)	Há alguma preocupação da comunidade sobre os potenciais impactos à saúde?	( ) Não
<b>INICIATIVA</b>		
Sim/Não tenho certeza (X)	O tamanho da iniciativa é extenso?	( ) Não
Sim/Não tenho certeza (X)	O custo da iniciativa é elevado?	( ) Não
Sim/Não tenho certeza (X)	A natureza e a extensão da perturbação sobre a população afetada é grande?	( ) Não
<b>ORGANIZAÇÃO</b>		
Sim ( )	É uma iniciativa de alta prioridade importante para a organização e/ou associação?	(X) Não
Sim (X)	Existe possibilidade para modificar a proposta?	( ) Não

Fonte: Adaptado de Stapleton (Stapleton e Cheney, 2004).

Tabela 2. Perguntas essenciais na Triagem.

Perguntas Essenciais na Triagem	Sim/não/ Desconhecido
➤ A decisão tem o potencial de afetar, direta ou indiretamente (positiva ou negativamente), os resultados de saúde por fatores ambientais ou sociais da saúde?	Sim
➤ Esses impactos poderiam criar ou exacerbar as disparidades sociais ou de saúde?	Desconhecido
➤ Os impactos da proposta sobre a saúde são potencialmente significativos em termos do número de pessoas afetadas e / ou da magnitude, abrangência e imediatismo dos impactos?	Sim
➤ Os impactos na saúde são desconhecidos, incertos ou controversos?	Sim
➤ As recomendações da AIS poderiam melhorar potencialmente o impacto que o plano, a política ou o programa têm sobre a saúde?	Sim
➤ A liderança, os recursos e a capacidade técnica estão disponíveis para realizar análises?	Desconhecido
➤ Existem dados e métodos de investigação para analisar os impactos da preocupação associados à saúde com essa decisão?	Sim
➤ Quais stakeholders têm interesse e capacidade para participar de uma AIS (escopo, pesquisa, comunicação)?	Desconhecido
➤ Existe uma decisão pendente sobre o projeto, plano ou política?	Não
➤ Há uma decisão final sobre a proposta feita?	Não
➤ Existem exigências políticas / legais que exigem a consideração de impactos diretos e / ou indiretos na saúde?	Sim
➤ Há tempo suficiente e é possível analisar o projeto antes que uma decisão seja tomada?	Sim
➤ Os stakeholders solicitam uma AIS para informar o processo de tomada de decisão?	Não
➤ O processo de tomada de decisão está aberto à AIS e / ou recomendações para mudanças na concepção, mitigação e alternativas?	Desconhecido

## Escopo

A AIS a aplicar neste estudo será do tipo rápida, devido ao tempo de elaboração e à limitação dos recursos humanos, financeiros, de informação e dados disponíveis e, prospectiva, tratando-se de um projeto que não foi ainda iniciado.

Os principais dados referentes às características do projeto, bem como dos impactos associados serão adquiridos através dos relatórios do Programa de Prevenção e Controlo de Infecções e de Resistência aos Antimicrobianos da DGS, no relatório do ECDC sobre resistência aos antimicrobianos em 2019, na Europa, do relatório “Infecções e Resistências aos Antimicrobianos: Relatório Anual do Programa Prioritário 2018” da DGS e do relatório “Levantamento sobre a presença de antibióticos e bactérias resistentes nas bacias hidrográficas do norte de Portugal” da Águas do Norte, uma vez que estes dados são públicos e significativamente pertinentes para a elaboração da AIS.

A avaliação desenvolvida considera ainda a análise de dados obtidos em artigos científicos e estudos que apresentam informação relativa à presença de

bactérias resistentes a antibióticos no domínio hídrico, sendo dada mais relevância a águas residuais, e da relação deste impacto com o estado de saúde da população, para compreender os efeitos que o projeto poderá apresentar na saúde pública.

A tabela 3 apresenta em síntese os resultados obtidos nesta etapa.

Tabela 3: Etapa de delimitação do Escopo

Fatores da saúde				
A iniciativa afeta algum dos fatores da saúde?				
Estilo de vida		Efeito Positivo	Efeito Negativo	Sem efeitos
Dieta		X		
Atividade Física				X
Relação sexual segura				X
Uso de substâncias: Álcool, tabaco e substâncias ilegais				X
Outros				X
Meio Físico		Efeito Positivo	Efeito Negativo	Sem efeitos
Ar				X
Ambientes e terras construídos/usados		X		
Água		X		
Ruídos				X
Outros				X
Meio Socioeconômico		Efeito Positivo	Efeito Negativo	Sem efeitos
Crime	A proposta terá efeito sobre o crime, ou o medo de crime?			X
Serviços Públicos (saúde, coleta de lixo, etc.)		X		
Educação	A proposta terá efeito sobre a educação, ou a oportunidade à educação?			X
Empregos	A proposta terá efeito sobre os empregos, ou as oportunidades de emprego?	X		
	O meio de trabalho?	X		
Estabilidade Familiar	A proposta terá efeito sobre os níveis de contato familiar?			X

<b>Habitação</b>	A proposta terá efeito sobre as oportunidades de habitar uma casa confortável e acessível?			X
<b>Renda</b>	A proposta terá efeito sobre os níveis de pobreza?			X
<b>Lazer</b>	A proposta terá efeitos sobre as oportunidades de lazer, como exercícios, contato social, atividades culturais e outros?			X
<b>Estabilidade Social</b>	A proposta terá efeitos sobre os níveis de interação social?			X
<b>Transporte</b>	A proposta terá efeitos sobre:			
	-Níveis de Poluição?			X
	- Níveis de exercício?			X
	- Níveis de acidente?			X
<b>Outros</b>				X
<b>Cuidados com a saúde</b>		<b>Efeito Positivo</b>	<b>Efeito Negativo</b>	<b>Sem efeitos</b>
<b>Acesso a serviços de saúde</b>		X		
<b>Populações afetadas</b>				
<b>Considerando os impactos na saúde identificados, quais níveis da população serão afetados?</b>				
<b>Toda população</b>		<b>Efeito Positivo</b>	<b>Efeito Negativo</b>	<b>Sem efeitos</b>
<b>Sub-populações</b>		X		
<b>Crianças e adolescentes (0-18 anos)</b>		X		
<b>Idosos</b>		X		
<b>Estado civil</b>				X
<b>Pessoas dependentes</b>		X		
<b>Opinião política</b>		X		
<b>Crença religiosa</b>				X
<b>Doenças crônicas</b>		X		
<b>Pessoas economicamente desfavorecidas</b>		X		
<b>Gênero (Especificar homem ou mulher)</b>		X		
<b>Sem teto</b>				X
<b>Orientação sexual</b>				X



Pessoas com restrição (física, mental, social, etc.)	X		
Minorias étnicas e raciais	X		
População rural	X		
Desempregado	X		

## Determinantes em Saúde

Os determinantes em saúde definem-se como fatores que afetam ou influenciam o estado de saúde individual, familiar ou pública, sendo o equilíbrio entre a saúde e a doença determinado por fatores agrupados em categorias distintas: biológicos (idade, gênero, fatores genéticos), sociais e econômicos (acesso à habitação, emprego, desemprego, políticas), ambientais (qualidade do ar, das águas, do solo), estilo de vida (alimentação, exercício físico, tabagismo, álcool) e acesso aos serviços (saúde, educação, transportes, lazer) (WHO, 2017a). Relativamente ao projeto em estudo, os determinantes de saúde diretamente relacionados com o mesmo são os seguintes:

- › **Determinantes de acesso aos serviços de saúde** - a integração do processo de desinfecção no tratamento de águas residuais tem capacidade para reduzir a carga microbiana do efluente, sejam estes resistentes a antimicrobianos ou não. Desta forma, representa uma mais valia não só por reduzir a disseminação ambiental da resistência antimicrobiana como também de agentes patogénicos responsáveis por diversas patologias. Esta medida ajuda a reduzir a sobrecarga nos serviços de saúde.
- › **Determinantes ambientais** – através da desinfecção das águas residuais os corpos hídricos e aquíferos receberão menor carga de contaminantes, uma vez que o efluente terá uma carga microbiana mais reduzida, o que pode melhorar a qualidade da água para a população e todo o ecossistema. Para além disso, reduz a disseminação de microrganismos resistentes a antimicrobianos e consequentemente a sua transmissão a espécies animais e vegetais. As obras de implantação das estruturas necessárias à integração da desinfecção e a operação das ETAR, por sua vez, podem acarretar impactos para o meio ambiente, nomeadamente a utilização do solo e a geração de resíduos de construção.
- › **Determinantes económicos** - a melhoria no nível de tratamento das águas residuais acarretaria custos para as entidades gestoras e para a população, devido à necessidade de expansão das instalações das ETAR e aos custos associados ao novo processo a ser incluído nas fileiras de tratamento. Em contrapartida, poderia gerar empregos e reduzir os custos com a saúde.

- › **Determinantes sociais** – a qualidade de vida da população seria favorecida, não só pela redução da ocorrência de doenças de veiculação hídrica, bem como com origem em microrganismos resistentes a antimicrobianos. Um outro impacto prende-se com o aumento da oferta de empregos. Também o governo e as políticas são importantes determinantes nesta situação, uma vez que são responsáveis pela regulamentação do controlo da qualidade da água e dos parâmetros a cumprir pelas ETAR para procederem à descarga nos seus efluentes no meio receptor.

## Stakeholders

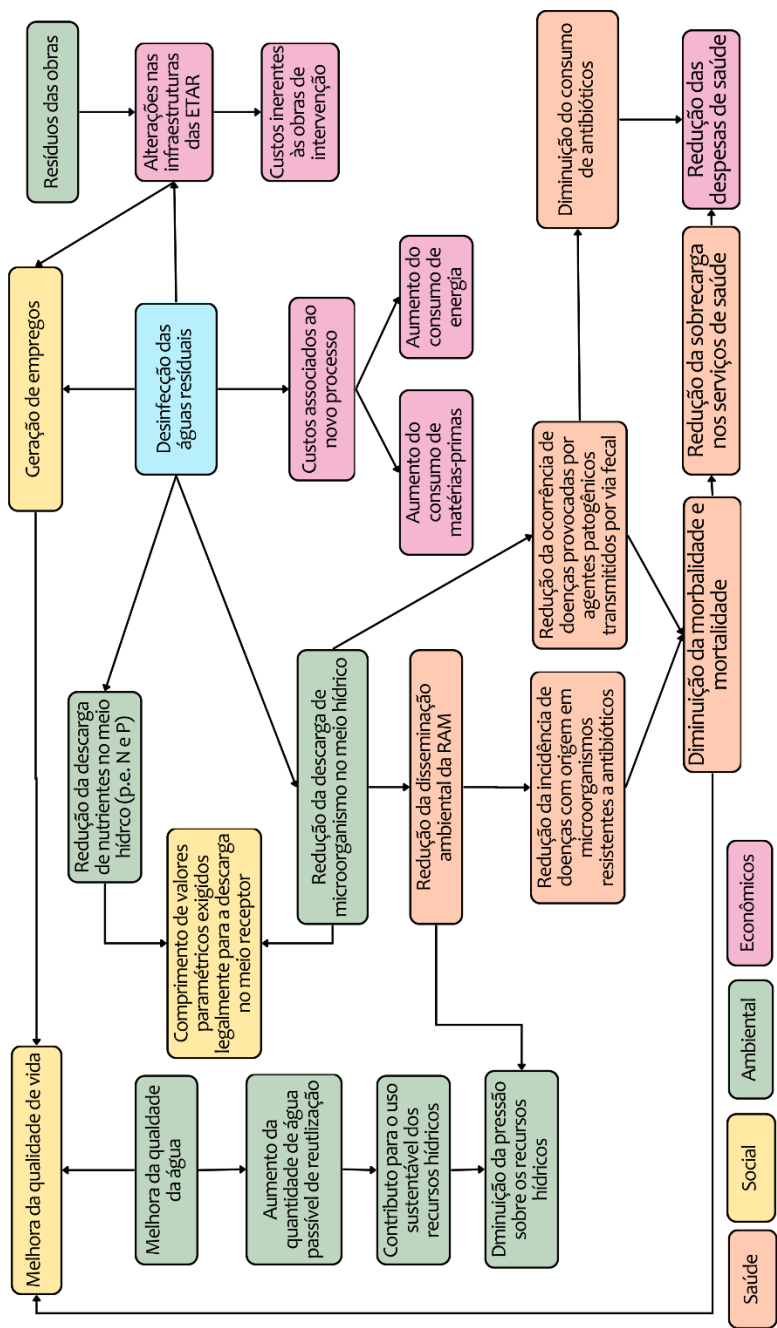
As partes interessadas são todas as pessoas identificadas que provavelmente serão afetadas pela intervenção ou que estão envolvidas no seu desenvolvimento e implementação (WHO, 2013).

Envolver os principais tomadores de decisão é importante para divulgar a AIS e consciencializar para a sua importância. Assim, deve haver planos bem desenvolvidos sobre a forma mais adequada para garantir a sua participação, uma vez que, quanto mais as partes interessadas estiverem envolvidas neste processo, mais provável será que as recomendações resultantes da AIS sejam aceitáveis e viáveis (WHO, 2013).

Para o projeto em análise destacam-se os seguintes stakeholders:

- › **População** - nomeadamente a população portuguesa, sendo que o âmbito do projeto seria de aplicação a todas as ETAR do país.
- › **Governo** – deve atuar em prol do bem-estar e saúde da população, neste caso através da implementação de regulamentação apropriada, nomeadamente estabelecendo parâmetros de avaliação da qualidade da água e requisitos a cumprir para a descarga do efluente no meio receptor, que conduza à integração da desinfecção nas fileiras de tratamento das ETAR. Para além disso, beneficiará com a diminuição das despesas com a saúde.
- › **Entidades Gestoras** – as entidades responsáveis pelo tratamento de águas residuais em Portugal, uma vez que terão que implementar as alterações necessárias para dar cumprimento a este projeto.
- › **Serviços de Saúde** – os hospitais, centros de saúde, unidades de cuidados de saúde primários e todas as unidades de saúde, que beneficiarão da redução da sobrecarga dos serviços de saúde.

Rede de Impactos



## Análise da rede de impactos

Para dar resposta às exigências legais atuais do Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho, no que diz respeito à descarga de águas residuais tratadas em meios receptores sensíveis, algumas ETAR têm vindo a incorporar na sua fileira de tratamento o nível terciário, nomeadamente por desinfecção.

Para além disso, para verificar o cumprimento dos parâmetros necessários surgirá a necessidade de realizar análises de monitorização periódicas aos efluentes. monitorização pode ser útil como complemento à vigilância clínica da resistência, seja através de análises fenotípicas de isolados, ou por análises de ARGs via PCR ou metagenómica. Vários estudos destacam esta possibilidade, uma vez que, análises correlativas sugerem que a infraestrutura geral de saneamento e resíduos é um melhor preditor de cargas nacionais de resistência do que o controlo de prescrição de antibióticos (Larsson & Flach, 2022).

No que diz respeito ao tratamento terciário, este complementa as etapas anteriores de tratamento, quando tal é exigido, quer pela qualidade do meio recetor, quer pelos usos previstos para o mesmo. O objetivo do tratamento terciário consiste na remoção de nutrientes (compostos de azoto e/ou de fósforo), de modo a proteger o meio recetor do risco de eutrofização, ou na remoção de microrganismos patogénicos, a fim de proteger águas balneares e permitir a reutilização das águas tratadas (Monte *et al.*, 2016).

Desta forma, a integração deste processo unitário permite reduzir a descarga de nutrientes, assim como de microrganismos no meio hídrico e consequentemente a disseminação ambiental de RAM. Este facto assume-se como um aspeto determinante, considerando que o ambiente pode fornecer uma via para algumas bactérias resistentes colonizarem ou infectarem hospedeiros. Dando suporte a estas considerações, encontra-se documentada na literatura a capacidade de bactérias resistentes se disseminarem através de alimentos e por águas superficiais contaminadas (Larsson & Flach, 2022).

A exposição a águas superficiais contaminadas por resíduos fecais pode levar a várias infeções. Por exemplo, um estudo descobriu que a frequência de águas recreativas pode ser um fator de risco para infeções do trato urinário com *E. coli* produtora de  $\beta$ -lactamase de espectro alargado. No caso dos alimentos, nomeadamente vegetais crus, constituem outra possível via de exposição, tendo sido relatada a ocorrência de infeções causadas por *Salmonella spp.*, *E. coli* enterohemorrágica e *Campylobacter jejuni* como resultado do consumo de produtos frescos contaminados (Larsson & Flach, 2022).

Assim, ao ser reduzida a carga microbiana libertada no ambiente também a exposição a agentes patogénicos transmitidos por via fecal diminui, contribuindo para a redução da ocorrência de doenças provocadas pelos mesmos, o que por sua vez tem um impacto significativo no consumo de antibióticos. Para além disso, sendo reduzida a disseminação ambiental de RAM, também a incidência de doenças com origem em microrganismos resistentes decai (OMS, FAO & OIE, 2020).

O número de infeções provocadas por bactérias resistentes aos antibióticos na população europeia é comparável ao da gripe, tuberculose e VIH/SIDA combinados (ECDC, 2018). Para além disso, a RAM é responsável por cerca de 33.000 mortes por ano na UE (DGAV, 2022). Assim sendo, em consequência da redução da ocorrência destas infeções diminui a morbilidade e a mortalidade associadas a estas patologias, levando à redução da sobrecarga nos serviços de saúde, assim como das despesas associadas a estes serviços (Loureiro *et al.*, 2015). Estima-se que a RAM custe à UE € 1,5 bilhões por ano em custos de saúde e perdas de produtividade (DGAV, 2022).

Ainda no que diz respeito à redução da carga de contaminantes nos efluentes lançados no ambiente, um aspeto importante a salientar é a melhoria da qualidade da água que, por sua vez, permite um maior aproveitamento das águas residuais tratadas para reutilização. A nível global, a reutilização de água residual tratada expandiu-se desde a rega agrícola ou de espaços verdes e de usos urbanos restritos até aos usos potáveis (indiretos e diretos), tendo passado a ser encaradas como uma nova origem de água, adicional e alternativa para múltiplos fins (APA, 2019). Desta forma, verifica-se uma utilização mais sustentável dos recursos hídricos e diminuição das pressões a que estão sujeitos (OMS, FAO & OIE, 2020).

A implementação deste processo nas ETAR contribui ainda para a geração de novas oportunidades de emprego, quer na fase de alteração das infraestruturas, quer na fase de operacionalização e manutenção do mesmo.

Apesar de os aspetos descritos até então terem uma influência positiva na melhoria da qualidade de vida das populações, alguns impactos negativos podem surgir em consequência deste acontecimento, principalmente a nível económico e ambiental.

A integração da desinfeção no tratamento das águas residuais acarreta custos financeiros associados não só às obras de intervenção como também às exigências do novo processo, desde o consumo de matérias-primas ao de energia.

A nível ambiental as intervenções necessárias serão responsáveis pela produção de grandes quantidades de resíduos e impactos ao nível da ocupação do solo.

## **Avaliação em Saúde**

Na etapa anterior foram identificados diversos impactos associados a esta iniciativa, no entanto, alguns deles contribuem mais significativamente para um desfecho positivo na saúde, salientando a importância e pertinência da intervenção nesta problemática. Assim, e atendendo ao curto período de tempo delineado para a realização desta análise, bem como os recursos financeiros e humanos e dados disponíveis, serão abordados com mais detalhe a incidência de doenças com origem em microrganismos resistentes, assim como de doenças com origem em agentes patogénicos transmitidos por via fecal.

A resistência antimicrobiana representa um desafio para alcançar a cobertura universal de saúde e dificulta o alcance das metas de desenvolvimento sustentável relacionadas à saúde, segurança alimentar, água potável e saneamento. Para superar esta ameaça é enfatizada a importância da abordagem “Uma só saúde”, uma vez que os impulsionadores da RAM estão em seres humanos, animais, plantas, alimentos e no meio ambiente (Amarasiri *et al.*, 2020).

A emergência da RAM acontece em todo o mundo, implicando agentes microbianos que são ameaças à saúde humana e animal. Tal, reduz as opções de tratamento das doenças provocadas por estes agentes, com consequências graves no aumento de morbidade, mortalidade e de custos dos cuidados de saúde e sociais associados. Especialistas estimam que a RAM será responsável pela morte de 10 milhões de pessoas por ano em todo o mundo em 2050 (DGS, 2019).

A resistência aos antimicrobianos afeta todas as áreas da saúde e tem impacto em todos os sectores da sociedade, desde a saúde pública ao investimento e economia. Para além disso, será imperdoável se o grande progresso obtido no combate às doenças infecciosas e os enormes desenvolvimentos na área da medicina, forem ameaçados pela falta de antimicrobianos eficazes ou por falta de bom senso, empenho e compromisso no investimento na sua preservação (DGS, 2019).

Diante desses fatos, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou uma lista de patógenos prioritários resistentes a antibióticos. A lista é composta por 12 famílias de bactérias que são consideradas a maior ameaça à saúde humana. O grupo mais crítico inclui bactérias multirresistentes, entre elas estão *Acinetobacter*, *Pseudomonas* e várias *Enterobacteriaceae* (incluindo *Klebsiella* e *E. coli*). Estas bactérias encontram-se normalmente presentes nas águas residuais, sendo por isso de extrema importância a implementação de estratégias que reduzam a sua disseminação ambiental através das mesmas (WHO, 2017b).

Tabela 4. Número anual de notificações laboratoriais, número de isolados notificados e proporção de isolados notificados de doentes em unidades de cuidados intensivos (UCI), Portugal 2015-2019

Annual Reports Bacterial species	2015			2016			2017			2018			2019		
	Lab. (N)	Isolates (N)	Isolates from ICU (%)	Lab. (N)	Isolates (N)	Isolates from ICU (%)	Lab. (N)	Isolates (N)	Isolates from ICU (%)	Lab. (N)	Isolates (N)	Isolates from ICU (%)	Lab. (N)	Isolates (N)	Isolates from ICU (%)
<i>E. coli</i>	58	5377	5	60	5786	4	62	6452	4	59	5921	4	58	6433	4
<i>K. pneumoniae</i>	58	2099	10	59	2352	12	61	2743	10	58	2604	10	55	2709	9
<i>P. aeruginosa</i>	56	1192	15	57	1230	13	57	1220	13	55	1115	12	54	1061	11
<i>Acinetobacter</i> spp.	43	312	17	39	207	22	36	174	16	39	127	18	30	99	14
<i>S. aureus</i>	57	3645	7	59	3482	7	64	3789	5	59	3940	7	59	3308	6
<i>S. pneumoniae</i>	51	843	3	57	928	3	54	1056	1	55	1062	Unknown	53	983	Unknown
<i>E. faecalis</i>	53	981	10	56	972	2	58	1014	8	56	979	9	54	945	9
<i>E. faecium</i>	43	459	22	45	411	2	46	467	16	47	440	16	43	411	15

Os dados constantes da Tabela 4, retirados do *Annual Epidemiological Report for 2019* do ECDC, baseiam-se nas informações reportadas no *European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net)* durante o período 2015 a 2019.

Os números apresentados demonstram uma elevada incidência de bactérias resistentes a antibióticos, sustentando a necessidade de uma intervenção multisetorial para alterar estes resultados. No entanto, estes dados não refletem a origem da contaminação e por isso é importante gerar conhecimento específico e traduzi-lo em prática.

Mostra-se assim ser relevante compreender a incidência e a prevalência dos microrganismos com a resistência aos antimicrobianos e como a resistência se desenvolve e se dissemina, incluindo como circula dentro e entre seres humanos e animais e através dos alimentos, água e meio ambiente. Este conhecimento é fundamental para o desenvolvimento de novas ferramentas, políticas, regulamentares e de estratégia no combate à RAM, contribuindo para que a ação e o investimento para combater o seu aumento sejam apoiados por estratégias claras e com uma relação custo-eficiência equilibrada (DGS, 2019).

Com este intuito, no âmbito do conceito “Uma Só Saúde”, o Plano Nacional De Combate à Resistência Aos Antimicrobianos 2019-2023 da DGS considera relevante melhorar o conhecimento sobre a ocorrência de antimicrobianos e bactérias resistentes nos recursos hídricos, tendo designadamente em consideração as disposições da Diretiva Quadro da Água, da Diretiva das Substâncias Prioritárias e da correspondente legislação nacional. Neste sentido, o plano apresenta como objetivos:

- › Promover a sistematização de informação relativa aos pontos de descarga de ETAR's;
- › Determinar o grau de contaminação por antimicrobianos dos efluentes e lamas de ETAR's e impacte nos meios recetores (solos e águas);
- › Fomentar o estudo sobre processos de tratamento de efluentes, lamas e águas, com vista à redução dos impactes deste meio na propagação da RAM.

O efluente final de uma ETAR pode descarregar cerca de  $10^9$ – $10^{12}$  Unidades Formadoras de Colónias (UFC) por dia, por habitante, entre estes, pelo menos  $10^7$ – $10^{10}$  podem ter algum tipo de resistência adquirida. Estes números reforçam a influência das ETAR na disseminação da RAM no meio ambiente e a importância de dar cumprimento aos objetivos traçados no plano (Rizzo *et al.*, 2013).

Aqui surge a integração da desinfecção no tratamento das águas residuais como uma ferramenta com potencial para reduzir esta ameaça. Este processo de tratamento, pela sua capacidade de eliminação de microrganismos, constitui uma barreira à propagação dos mesmos no meio ambiente e consequentemente para animais e alimentos e destes para os seres humanos.

A desinfecção de águas residuais pode conseguir-se pela ação de agentes físicos, como a temperatura, as radiações UV e  $\gamma$ , agentes químicos, como os



compostos clorados e o ozono e ainda métodos biológicos. Para além disso, pode ainda ser aplicado simultaneamente mais do que um mecanismo. A aplicação destes agentes permite a eliminação dos patogénicos através de diferentes mecanismos (Monte et al., 2016):

- › danos infligidos pelo desinfetante na membrana celular e a consequente rotura da membrana e a lise dos microrganismos;
- › alteração da atividade de formação do ADN ou do ARN dos microrganismos, mudança da natureza coloidal do protoplasma, da atividade enzimática e da permeabilidade celular.

Dos diversos processos existentes a cloragem apresenta a desvantagem da formação de compostos cancerígenos, no entanto é de aplicação mais vantajosa nos casos em que é necessário prevenir contaminações posteriores à desinfecção (Monte et al., 2016).

Em geral, o efeito das diferentes tecnologias na eliminação dos microrganismos resistentes é facilmente influenciado por fatores complexos como as características físicas e químicas das águas residuais, o tempo de contacto da água com o agente desinfetante, dose-concentração/intensidade do agente desinfetante, a temperatura ambiente, características hidráulicas do escoamento das águas residuais no reator de desinfecção, entre outros (Monte et al., 2016). Atendendo à diversidade de fatores que influenciam este tratamento é de salientar a importância de estes serem considerados na integração da desinfecção na fileira de tratamento das ETAR, caso a caso.

Vários estudos têm vindo a ser conduzidos noutros países com o objetivo de verificar o potencial deste tratamento para atenuar a disseminação da RAM no ambiente que ocorre na sequência das descargas das ETAR.

A maioria dos estudos sobre a remoção de microrganismos resistentes por desinfecção tem sido realizada através de cloração, no entanto, alguns estudos também foram estendidos à utilização de radiação ultravioleta, permitindo uma avaliação dos processos quanto à sua eficácia e mecanismo (Barancheshme & Munir, 2018).

O estudo realizado por Hiller et al. (2019) teve por objetivo avaliar os efeitos do tratamento terciário de efluentes na prevalência de bactérias resistentes aos antimicrobianos. De acordo com os resultados obtidos, o tratamento terciário causou redução no número total de bactérias resistentes a qualquer antimicrobiano testado e não foi associado a nenhum aumento significativo na prevalência de bactérias resistentes. No entanto, apesar de os resultados indicarem que a prevalência de bactérias resistentes a antimicrobianos não foi aumentada pelo tratamento terciário de águas residuais, dependendo da ETAR, da população bacteriana alvo e do agente antimicrobiano em estudo, bem como da análise bacteriológica e do método utilizado, diferentes resultados foram obtidos.

Os dados analisados nesta AIS demonstram a necessidade de ser realizada mais investigação nesta vertente, apesar disso, evidenciam o impacto positivo que é

possível obter com este tratamento, uma vez que confirmam a redução da carga microbiana nos efluentes após a desinfecção.

Assim sendo, com esta proposta pretende-se obter uma diminuição da incidência de doenças com origem em bactérias resistentes, bem como de microrganismos, resistentes ou não, transmitidos por via fecal, uma vez que serão também eliminados no processo. Este último facto contribuirá ainda positivamente para reduzir o consumo de antibióticos, desacelerando o desenvolvimento de RAM.

## ***Recomendações e considerações finais***

A ação humana é responsável pelo agravamento da RAM, mas também tem potencial para mitigá-la. Apesar das evidências serem limitadas, há conhecimento suficiente para agir agora (UN, 2022).

Considerando os dados analisados é possível observar a tendência crescente da incidência de doenças associadas a microrganismos resistentes no período em estudo. Neste sentido, pelo impacto positivo que pode advir da integração da desinfecção no tratamento de águas residuais como barreira à disseminação ambiental da RAM, é importante que todas as partes interessadas estejam dispostas a intervir. Desta forma, recomendam-se algumas medidas para os tomadores de decisão (UN, 2022):

- › no caso do governo, este poderia desenvolver estruturas regulatórias viáveis para reduzir as descargas de RAM no meio ambiente, nomeadamente nas ETAR's, estabelecendo valores limite para as descargas destas;
- › ainda por parte do governo, será necessário que sejam disponibilizadas verbas destinadas a financiar e potenciar as alterações necessárias no tratamento de águas residuais para integração da desinfecção, contribuindo para o aumento da percentagem de ETAR's com este tratamento;
- › as descargas de antimicrobianos, microrganismos resistentes e o seu material genético no meio ambiente devem ser monitorizados e documentados, desta forma as Entidades Gestoras devem incorporar estes parâmetros nos seus planos de monitorização da qualidade do efluente;
- › os serviços de saúde devem dar cumprimento à legislação sobre o uso e dispensação de antimicrobianos, procedendo a uma prescrição adequada dos mesmos e implementando medidas no âmbito da educação comunitária e da vigilância de resistências e infeções associadas à assistência à saúde;
- › expansão da AIS para outras localidades onde exista população potencialmente exposta, uma vez que esta é uma questão que se coloca não só a nível nacional, mas também mundial.

Com estas medidas o fardo associado à RAM pode ser reduzido. As soluções são possíveis de serem implementadas, sendo necessário planejamento e compromisso intersetorial, desde ações específicas de prevenção, mitigação e promoção da produção e consumo sustentáveis de antibióticos, até o estabelecimento de metas ambiciosas e a definição de visões claras para reduzir a disseminação das resistências (UN, 2022).

## Referências

- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2019). *Guia Para A Reutilização De Água Para Usos Não Potáveis*. Consultado em: [https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Agua/DRH/Licenciamento/ApR/APA\\_Guia\\_Reutilizacao\\_v1.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/Licenciamento/ApR/APA_Guia_Reutilizacao_v1.pdf)
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2021a). *Avaliação de Impacte Ambiental*. Consultado em: <https://rea.apambiente.pt/content/avalia%C3%A7%C3%A3o-de-impacte-ambiental>
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2021b). *Águas residuais urbanas*. Consultado em: <https://rea.apambiente.pt/content/%C3%A1guas-residuais-urbanas>
- Amarasiri, M., Sano, D. & Suzuki, S. (2020). Understanding human health risks caused by antibiotic resistant bacteria (ARB) and antibiotic resistance genes (ARG) in water environments: Current knowledge and questions to be answered. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50:19, 2016-2059, <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1692611>.
- Direção Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV). (2022). *Uma só saúde*. Consultado em: <https://www.dgav.pt/acessorapido/conteudo/uma-so-saude/>
- Direção-Geral da Saúde (DGS). (2019). *Plano Nacional De Combate À Resistência Aos Antimicrobianos 2019-2023. Âmbito Do Conceito “Uma Só Saúde”*. Consultado em: <https://www.sip-spp.pt/media/2lhh2pox/antimicrobianos-programa-de-prevencao-e-controlo-de-infecoes-e-de-resistencias-2019-2023-dgs.pdf>
- European Center for Disease Control (ECDC). (2018). *Resistência a antibióticos - uma ameaça crescente à saúde*. Consultado em: [https://iasaude.pt/attachments/article/5337/Posters\\_ECDC.pdf](https://iasaude.pt/attachments/article/5337/Posters_ECDC.pdf)
- European Center for Disease Control (ECDC). (2019). *Annual Epidemiological Report for 2019*. Consultado em: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/surveillance-antimicrobial-resistance-europe-2019>
- Hiller, C., Hübner, U., Fajnorova, S., Schwartz, T., Drewes, J. (2019). Antibiotic microbial resistance (AMR) removal efficiencies by conventional and advanced wastewater treatment processes: A review. *Science of The Total Environment*. Volume 685, Pages 596-608. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.315>.

Larsson, D. G. J. & Flach, G. F. (2022). Antibiotic resistance in the environment. *Nature Reviews | Microbiology*. Volume 20, pages 257-269. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00649-x>

Loureiro, R. J., Roque, F., Rodrigues, A. T., Herdeiro, M. T., Ramalheira, E. (2016). O uso de antibióticos e as resistências bacterianas: breves notas sobre a sua evolução. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*. Volume 34, Issue 1, Pages 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.rpsp.2015.11.003>.

Monte, H., Santos, M., Barreiros A., & Albuquerque, A. (2016). *Tratamento de Águas Residuais, Operações e Processos de Tratamento Físico e Químico*. ERSAR.

Organização Mundial de Saúde, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura & Organização Mundial da Saúde Animal (OMS, FAO & OIE). (2020). *Documento de informação técnica sobre água, saneamento, higiene e gestão das águas residuais para prevenir infecções e reduzir a propagação da resistência aos antimicrobianos*. Consultado em: <https://www.who.int/pt/publications/i/item/9789240006416>

Rizzo, L., Manaia, C., Merlin, C., Schwartz, T., Dagot, C., Ploy, M. C., Michael, I., Fatta-Kassinos, D. (2013). Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: A review. *Science of The Total Environment*, Volume 447, pages 345-360. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.032>.

United Nations (UN). (2022). *Environmental Dimensions of Antimicrobial Resistance: Summary for Policymakers*. Consultado em: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38373/antimicrobial\\_R.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38373/antimicrobial_R.pdf)

World Health Organization (WHO). (2013). *Health Impact Assessment: Concepts and Guidelines for the Americas*. Consultado em: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2014/health-impact-assessment-concepts-and-guidelines-2013.pdf>

World Health Organization (WHO). (2017a). *Determinants of health*. Consultado em: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/determinants-of-health>

World Health Organization (WHO). (2017b). *Prioritization of pathogens to guide discovery, research and development of new antibiotics for drug-resistant bacterial infections, including tuberculosis*. Consultado em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-EMP-IAU-2017.12>