



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA

Abordagem para o desenvolvimento de práticas de reutilização de água

Anabela, REBELO¹

¹ Doutora em Química e Mestre em Química Industrial, Agência Portuguesa do Ambiente, IP, Rua da Murgueira, 9/9A
Zambujal, 2610-124 Amadora, anabela.rebelo@apambiente.pt, 289889000

Resumo

Para fazer face à procura crescente de água, a reutilização pode constituir uma origem alternativa contribuindo para o uso sustentável dos recursos hídricos, na medida em que permite a manutenção de água no ambiente e a respetiva preservação para usos futuros, enquanto se salvaguarda a utilização presente. No entanto, os possíveis efeitos adversos sobre a saúde humana e ambiente são alvo de preocupação a nível global, o que leva a uma necessidade premente de definição de normas e regras a aplicar à prática de reutilização, bem como ao desenvolvimento de metodologias para a respetiva análise de risco. A ausência destes mecanismos poderá levar à perda de oportunidade de desenvolvimento de práticas apropriadas e sustentáveis de reutilização de água.

O desenvolvimento de um projeto de reutilização envolve várias etapas, sendo que em primeiro lugar há que selecionar a(s) origem(ns) possível(is) e o tipo de uso(s) considerado(s) apropriado(s). Estes usos poderão ser potáveis ou não potáveis, sendo o uso potável definido como aquele que requer água com qualidade para consumo humano, e por conseguinte, o que apresenta o maior risco para a saúde pública. Em função da tipologia de uso pretendido dever-se-á efetuar uma análise de risco adequada, que deverá servir de suporte à definição dos normativos de qualidade a aplicar, podendo esta definição ser do tipo *fit-for-all* ou *fit-for-purpose*. Uma abordagem *fit-for-purpose* permite a aceção de normas específicas adequadas ao uso em causa, bem como a proteção dos potenciais recetores em presença.

No presente trabalho apresenta-se um modelo de avaliação de risco para definição de normativos de qualidade de água a reutilizar e de barreiras múltiplas (conceito multibarreira) para minimização do risco associado à prática. A caracterização de risco contempla um modelo semi-quantitativo suportado em escalas de importância.

Palavras-chave: Reutilização, Risco, *fit-for-purpose*, multibarreira, Economia Circular.

Tema: Água e saúde pública.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

1. INTRODUÇÃO

Apesar da prática de reutilização de água não ser nova, existindo indícios deste uso, para irrigação agrícola, pela Civilização Minoica em Creta (Grécia) há cerca de 3000 anos e na Era Moderna remontar a meados do século XIX, com a introdução dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas, só há cerca de três décadas a reutilização de águas residuais tratadas passou a desempenhar um papel relevante na gestão integrada dos recursos hídricos a nível mundial (Asano, 2007).

O consumo crescente de água para múltiplos fins, tais como o abastecimento público, a produção agrícola e pecuária, indústria, usos recreativos, entre outros, tem vindo a impor uma pressão gradual sobre os recursos hídricos. Por outro lado, esta pressão pode ser variável ao longo do ano, em função do aumento sazonal da procura de água, e.g., subsequente da atividade turística, e pode ser potencialmente agravada perante cenários de alterações climáticas, onde as situações de seca prolongada poderão vir a ser mais frequentes. Note-se que os casos de elevadas necessidades, conjugados com fraca ou ausência de pluviosidade e elevada evapotranspiração, poderão provocar situações de desequilíbrio e escassez.

Para fazer face à procura crescente de água, a reutilização passou a constituir uma origem alternativa, contribuindo para o uso sustentável dos recursos hídricos, na medida em que permite a manutenção de água no ambiente e a respetiva preservação para usos futuros, enquanto se salvaguarda a utilização presente. A nível global, a reutilização de água expandiu-se desde a irrigação agrícola ou de espaços verdes e de usos urbanos restritos até aos usos potáveis (indiretos e diretos), tendo as águas residuais tratadas passado a ser encaradas como uma fonte de água nova, adicional, alternativa para múltiplos fins (International Organization for Standardization, 2015, USEPA and USAID, 2012).

A reutilização de água tem vindo a crescer, existindo atualmente vários casos de sucesso distribuídos pelos cinco continentes, e.g. usos urbanos (Sydney, Austrália), usos potáveis indiretos (Singapura, Malahleni, África do Sul), irrigação agrícola (Israel, Espanha, Chipre), suporte de ecossistemas (Algarve, Portugal), usos industriais (San Luis Potosi, México e Alemanha), usos recreativos (Tóquio, Japão, Pequim, China), recarga de aquíferos (Malta, Califórnia, EUA), entre outros (Valentina Lazarova et al., 2013).

No entanto, os possíveis efeitos adversos sobre a saúde humana e ambiente são alvo de preocupação a nível global, o que leva a uma necessidade premente de definição de normas e regras a aplicar à prática de reutilização, bem como o desenvolvimento de metodologias para a respetiva análise de risco. A ausência destes mecanismos poderá levar à perda de oportunidade de desenvolvimento de práticas apropriadas e sustentáveis de reutilização de água (International Organization for Standardization, 2015, L. Alcalde-Sanz and Gawlik, 2017, WHO, 2006).

Deste modo, torna-se crucial perceber como se desenvolve um projeto de reutilização, em particular no que concerne à definição das normas de qualidade aplicáveis e medidas adicionais para minimização dos riscos associados à prática, que visem uma promoção segura e eficaz da mesma.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

2. DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA

A. ORIGENS DE ÁGUA E USOS PREVISTOS

Antes de se iniciar qualquer projeto de reutilização dever-se-á avaliar quais as efetivas possibilidades de promoção da prática, devendo para o efeito verificar em primeiro lugar as disponibilidades de água tratada e os potenciais usos presentes e futuros.

Entre os possíveis usos terão de ser distinguidos os que constituem usos potáveis (diretos ou indiretos), e.g., usos que requerem uma água com qualidade compatível com o consumo humano e usos não potáveis, i.e., usos que requerem água com uma qualidade adequada ao uso em questão, mas distinta do consumo humano, podendo em algumas situações até ser necessário o cumprimento de um normativo mais apertado que o previsto para as águas de abastecimento público (e.g. determinadas utilizações industriais).

A nível nacional, a ausência de regulamentação específica para a reutilização, leva a que a maioria dos usos possíveis sejam não potáveis, podendo as águas residuais tratadas de origem urbana ser potencialmente dirigidas para diversos fins, tais como a rega agrícola, rega de espaços verdes, usos recreativos, suporte de ecossistemas, manutenção de caudais ecológicos, usos industriais, águas de combate a incêndios ou lavagem de ruas.

B. ABORDAGEM *FIT-FOR-PURPOSE*: DESENVOLVIMENTO DE NORMATIVOS DE QUALIDADE SUPORTADOS EM AVALIAÇÃO DE RISCO

Uma vez selecionados os possíveis usos, torna-se imprescindível a definição das normas de qualidade a aplicar às águas residuais tratadas de modo a que satisfaçam os requisitos da utilização pretendida e que não coloquem em causa a saúde pública e o ambiente. Com este fim são possíveis dois tipos de abordagem: *Fit-for-all* ou *fit-for-purpose*. A primeira abordagem preconiza a adoção de critérios que cumpram as condições de qualidade para os usos mais exigentes (e.g. usos potáveis), independentemente da tipologia de utilização em causa. Trata-se de uma abordagem conservadora, cujos custos poderão ser incombustíveis. Por outro lado, numa abordagem *fit-for-purpose*, i.e., adequada caso-a-caso, os recursos são dirigidos para onde são efetivamente necessários, com garantia de que a qualidade da água é adequada ao fim pretendido, sem que se coloque em causa a proteção da saúde humana e ambiente. Não obstante, poderão ser definidos objetivos de qualidade mínima para determinadas tipologias de usos com vista à salvaguarda de um nível mínimo de risco (L. Alcalde-Sanz and Gawlik, 2017).

Numa abordagem *fit-for-purpose*, uma vez selecionados os usos em causa, deve-se proceder a uma avaliação de risco, a qual consiste no método científico de confronto e expressão da incerteza na previsão de acontecimentos futuros (Lohani and Bank, 1997). Este procedimento baseia-se na identificação dos perigos associados a um dado processo ou situação e na estimativa qualitativa e quantitativa do risco associado a estes mesmos perigos. Podendo o perigo definir-se como o potencial para provocar dano.

Os riscos associados à reutilização de águas residuais tratadas prendem-se, essencialmente, com a caracterização química e microbiológica, e os potenciais danos para a saúde pública e ambiente, onde, para além dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) se incluem os solos (Shakir et al., 2017). Relativamente à composição química das águas residuais tratadas, um dos aspetos mais controversos da atualidade é o respetivo conteúdo em termos de contaminantes alvo de preocupação emergente e os genes resistentes a antibióticos. Porém, os dados científicos atualmente disponíveis ainda não são suficientes para avaliar o efetivo impacto ecológico das águas reutilizadas nos ambientes aquáticos e o comportamento deste tipo de substâncias nos solos e plantas, pelo que se torna extemporâneo a definição de limiares de qualidade aplicáveis à maioria destes contaminantes, que poderia efetivamente levar a uma limitação injustificada da prática (L. Alcalde-Sanz and Gawlik, 2017).

No presente trabalho, pretende-se apresentar um modelo de avaliação de risco (microbiológico), o qual consiste num processo iterativo que se desenvolve em cinco etapas (Fig. 1):

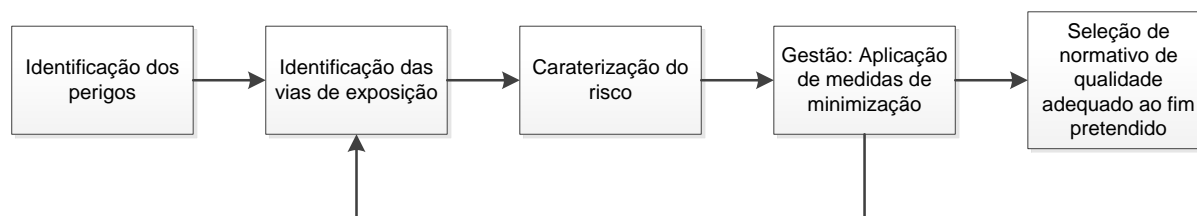


Figura 1. Diagrama de avaliação de risco

No caso dos usos potáveis diretos e indiretos, a caracterização do risco para a saúde humana poderá ser obtido através de análise quantitativa de risco microbiológico (Quantitative Microbial Risk Assessment: QMRA) que permite estimar o risco para a saúde com base na previsão de infeção ou taxa de aparecimento de doença, em função da concentração de determinado microrganismo patogénico, taxas medidas ou estimadas de ingestão e pela aplicação de modelos de dose-resposta adequados à exposição em causa (Busgang et al., 2015, WHO, 2006). No entanto, no que concerne aos usos não potáveis, os dados disponíveis sobre vias e mecanismos de exposição e ausência de estudos epidemiológicos dificultam a aplicação de modelos quantitativos (Chhipi-Shrestha et al., 2017, Salgot et al., 2006). Note-se que nestes casos, as exposições diretas, nomeadamente, ingestão de água, a ocorrer nunca será intencional.

No caso da reutilização de água, as três vias de exposição a considerar são a ingestão, inalação ou adsorção dérmica. Contudo, apesar desta última via ser possível, não existem evidências de quaisquer impactos sobre a saúde humana através da mesma, pelo que é considerada como pouco provável de causar níveis significantes de doença ou infeção sobre a população (NRMCC-EPHC-AHMC, 2006). Na ausência de dados que invalidem a aplicação de modelos dose-resposta, deverão ser utilizados modelos qualitativos ou semi-quantitativos, os quais se baseiam na aplicação de matrizes de probabilidade de ocorrência *versus* severidade dos danos. A integração matricial ou mesmo a aplicação de escalas de fatores de importância poderão resultar numa melhoria da abordagem (Rebelo et al., 2014).

No presente trabalho, para a caracterização do risco, é então proposto um modelo semi-quantitativo, suportado em escalas de importâncias (tabela 1) propostas por Saaty (Saaty, 1980):

Tabela 1. Escala de importâncias

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

O risco associado a cada recetor é determinado pelo produto entre o perigo, a vulnerabilidade do recetor e os danos associados. Para efeitos considera-se como perigo, a presença de microrganismos patogénicos (*E. coli*) em águas residuais tratadas, de origem urbana, destinadas à reutilização para fins não potáveis (rega, exceto forragens e pastagens) e são atribuídos cinco níveis de perigo, em função do nível de tratamento instalado (tabela 2):

Tabela 2. Níveis de perigo

Tipo de tratamento	Nível	Presença de <i>E. coli</i>	Classificação
SEC	V	$\geq 10^4$	9
SEC+desinfeção	IV	$10^3 < E. coli < 10^4$	7
Avançado	III	$10^2 < E. coli \leq 10^3$	5
SEC+desinfeção+pós-cloragem	II	$10^1 < E. coli \leq 10^2$	3
Avançado+pós-cloragem	I	$E. coli \leq 10^1$	1

As vias de exposição consideradas e respetivos recetores são (tabela 3):

Tabela 3. Vias de Exposição e recetores

Vias de exposição	Cenários de exposição	Recetores
Ingestão	Ingestão de água	Trabalhadores Consumidores Envolvência (vizinhos)
	Ingestão de fruta/vegetais	
	Ingestão de solo	
Contato dérmico	Ingestão de carne e/ou produtos lácteos ¹	
	Contacto direto com águas residuais tratadas	
	Contacto com sistema de rega	
	Contacto com /raízes /folhas/ árvore/fruta	
Inalação	Inalação de aerossóis	

A vulnerabilidade de cada recetor (V_{Recetor}) é então determinada a partir da seguinte expressão, normalizada à situação mais crítica (Ishizaka and Lusti, 2006):

$$V_{\text{Recetor}} = \frac{\sum (f_{i \text{ Via exp}} \times f_{i \text{ Cen exp}})}{f_{\text{normalização}}} \quad (1)$$

e

$$f_{\text{normalização}} = f_{i_{\text{max}}} \times \sum (f_{i \text{ via exp}} \times n.^{\circ} \text{ cen exp}) \quad (2)$$

Em que,

$f_{i \text{ Via exp}}$ – Fator de importância de cada via de exposição considerada

$f_{i \text{ Cen exp}}$ – Fator de importância de cada cenário de exposição considerado

$f_{\text{normalização}}$ – Fator de normalização

$f_{i_{\text{max}}}$ – Valor máximo da escala de fatores de importância ($f_{i_{\text{max}}} = 9$)

Através da literatura (WHO, 2006), constata-se que existem vias de exposição de maior risco, como a ingestão ou a inalação, pelo que é possível atribuir importâncias relativas em conformidade com estes factos (tabela 4):

Tabela 4. Fatores de importância associados a vias de exposição

Via de exposição	Fator de importância (f_i)	Observações
Ingestão	9	É sempre considerado de importância absoluta
Contacto dérmico	3	Fraca importância devido à ausência de dados de doença ou infeção através desta via
Inalação	9	Importância absoluta aplicável em sistemas de rega por aspersão
	5	Importância essencial ou forte em outros sistemas de rega

A cada cenário de exposição, em função da disponibilidade de dados, é também possível atribuir uma dada importância (tabela 5):

Tabela 5. Fatores de importância associados a cenários de exposição

Fator de importância	Observações
9	Via de infeção demonstrada
7	Via de infeção possível
5	Eventual via de infeção (possíveis casos de contaminação)
3	Ausência de dados sobre a via de infeção
1	Ausência de via de infeção demonstrada

Uma vez determinada a vulnerabilidade torna-se necessário definir o dano, o qual é determinado com base na probabilidade de falha das barreiras de segurança (e.g., sistema de desinfecção, sistema de rega, períodos de aplicação, eic.) implantadas versus a severidade do próprio dano (fig. 2). Para efeito são consideradas as barreiras descritas na Norma ISO 16075-2:2015¹ e o respetivo número de barreiras equivalentes (International

¹ ISO 16075-2:2015: Guia de utilização de águas residuais tratadas em projetos de rega. Parte 2: Desenvolvimento do projeto.

Organization for Standardization, 2015). O valor do dano, dentro de cada célula (d_i) é obtido a partir da expressão (3).

			Rara	Pouco provável	Possível	Provável	Quase certa
			Probabilidade de falha na barreira				
			1	2	3	4	5
Insignificante	Severidade dos danos	1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Fraco		2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
Moderado		3	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0
Forte		4	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0
Severo		5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

Figura 2. Matriz de determinação do dano

$$d_i = \frac{\text{Severidade dos danos} \times \text{Probabilidade de falha}}{5} \quad (3)$$

Os resultados da matriz acima podem ainda ser igualmente priorizados com base na escala de importâncias, resultando num melhoramento da matriz (tabela 6, figura 3). Por outro lado esta priorização também traduz um fator de segurança que engloba as incertezas aleatórias associadas aos sistemas naturais e por conseguinte não passíveis de serem quantificadas, Note-se que num processo de avaliação de risco, as incertezas e a variabilidade dos parâmetros presentes no respetivo processo deverão ser tidas em consideração de modo a suportarem a confiança nas decisões tomadas (Gormley et al., 2011, Heise and Förstner, 2007).

Tabela 6. Priorização de danos

Dano (d_i)	Fator de importância (f_i)	Nível de importância
$d_i \leq 0,5$	1	Pouca importância
$0,5 < d_i < 1$	2	Entre pouco importante e fraca importância
$1 \leq d_i < 1,2$	3	Fraca importância
$1,2 \leq d_i < 2$	4	Entre fraca importância e essencialmente importante
$2 \leq d_i < 2,4$	5	Essencialmente importante
$2,4 \leq d_i < 3$	6	Entre essencialmente importante e importância demonstrada
$3 \leq d_i < 3,2$	7	Importância demonstrada
$3,2 \leq d_i < 4$	8	Entre importância demonstrada e importância absoluta
$d_i \geq 4$	9	Importância absoluta

			Rara	Pouco provável	Possível	Provável	Quase certa
			Probabilidade de falha na barreira				
			1	2	3	4	5
Insignificante	Severidade dos danos	1	1	1	2	2	3
Fraco		2	1	2	4	4	5
Moderado		3	2	4	4	6	7
Forte		4	2	4	6	8	9
Severo		5	3	5	7	9	9

Figura 3. Matriz de determinação do dano após priorização

O dano associado à totalidade das barreiras implantadas é então determinado pela seguinte expressão:

$$Dano = \frac{\sum(d_i \times n)}{f_{normalização}} \quad (4)$$

onde n representa o número de barreiras equivalentes, conforme descrito na Norma ISO 16075-2:2015 e $f_{normalização}$, é um fator de normalização dado pela expressão:

$$f_{normalização} = f_{i_{max}} \times n \quad (5)$$

Conforme já se referiu, o risco associado a cada recetor ($R_{Recetor}$) é obtido a partir do seguinte produto:

$$R_{Recetor} = Perigo \times V_{Recetor} \times Dano \quad (6)$$

e, consequentemente o risco global associado a um dado projeto de rega é:

$$R_{Global} = \frac{\sum R_{Recetor}}{N_{Recetores}} \quad (7)$$

Onde $N_{Recetores}$ representa o número total de recetores considerados. O valor de R_{Global} varia entre um valor acima de zero e um valor máximo de nove, dependendo do número de cenários de exposição e barreiras consideradas. Os respetivos resultados podem ser expressados em três níveis de risco, nomeadamente: desprezável, se R_{Global} for inferior a três, aceitável, quando R_{Global} for maior ou igual que três e menor que sete e inaceitável se R_{Global} for maior ou igual que sete. O facto de que o risco global ser sempre superior a zero traduz a existência de um risco mínimo associado quando se reutilizam águas com origem no tratamento de águas residuais urbanas. Sempre que o risco global seja inaceitável, o processo deverá ser repetido com novas conjugações de barreiras de modo a obter-se um nível desprezável ou aceitável. Quando tal não seja possível, o projeto poderá não apresentar viabilidade.

Uma vez determinado o nível de risco adequado a cada projeto deverá ser estabelecido o normativo de qualidade apropriado, i.e., o valor base de perigo utilizado na avaliação de risco, e definidas as medidas de gestão, i.e., aplicação das multibarreiras seleccionadas

durante o próprio processo de avaliação e definidos programas de controlo de desempenho de sistemas de tratamento, de armazenamento e de distribuição de água e de monitorização de vigilância (das águas reutilizadas e dos meios recetores). Em fase de arranque deverá igualmente ser executada uma monitorização de validação, em particular quando estejam em causa usos mais nobres.

C. EXEMPLO PRÁTICO

Considerando, como exemplo prático, a rega de um pomar de laranjeiras (exploração vedada), com água residual tratada, proveniente de uma ETAR com nível de tratamento secundário com desinfecção por UV. O sistema de rega é gota-a-gota e não há qualquer construção num raio de 1000 metros. Da aplicação do modelo acima observa-se que o perigo apresenta uma classificação igual a 7. As vias de exposição consideradas foram (tabela 7):

Tabela 7. Vias e cenários de exposição considerados

Vias de exposição	Trabalhadores	Consumidores	Envolvência
Ingestão	Ingestão de água	Não aplicável	Não aplicável
	Ingestão de fruta	Ingestão de fruta	Não aplicável
	Ingestão de solo	Ingestão de solo	Não aplicável
Contacto dérmico	Contacto direto com águas residuais tratadas	Não aplicável	Não aplicável
	Contacto com sistema de rega	Não aplicável	Não aplicável
	Contacto com /raízes árvore/folhas/fruta	Contacto com folhas/fruta	Não aplicável
	Inalação de aerossóis	Não aplicável	Não aplicável

As vulnerabilidades associadas são (tabela 8):

Tabela 8. Vulnerabilidade associada aos recetores (trabalhadores e consumidores)

Vias de exposição	Fator de Importância	Cenários de exposição	Trabalhadores Fator de Importância	Consumidores Fator de Importância
Ingestão	9	Ingestão de água	9	
		Ingestão de fruta	3	3
		Ingestão de solo	7	7
Contacto dérmico	3	Contacto direto com águas residuais tratadas	3	
		Contacto com sistema de rega	3	
		Contacto com /raízes árvore/folhas/fruta	3	3
Inalação	5	Inalação de aerossóis	7	
V _{Recetor}			0,631	0,524

As barreiras consideradas e o respetivo dano são (tabela 9):

Tabela 9. Barreiras equivalentes e dano associado

Tipo de Barreira	N.º barreiras equivalentes	f_i	d_i
Rega gota-gota	2	4	8
Pós desinfeção	1	9	9
Fruta consumida sem pele	1	1	1
Dano			0,5

Por fim o risco obtido é:

Trabalhadores: 2,2

Consumidores: 1,8

Risco Global: 2,0

Ou seja, para este projeto em questão obtém-se um nível de risco global desprezável, com riscos parciais para trabalhadores e consumidores de igual nível. Deste modo, a norma de qualidade a adotar poderá ser *E. coli* < 10⁴, com manutenção das barreiras consideradas.

Para garantir uma boa aceitação da prática deverá garantir-se que o público, na envolvimento do projeto ou potencialmente afetado pelo mesmo, possui informação adequada sobre a reutilização e qualidade das águas em causa.

Por fim, no desenho de um projeto de reutilização devem ser tomadas em conta outros aspetos com vista à inclusão dos princípios da Economia Circular. Como por exemplo, num projeto de rega dever-se-á ter em conta o balanço dos nutrientes para garantir uma eficaz recuperação dos mesmos. O projeto deverá contemplar medidas de eficiência energética e/ou na seleção de novas tecnologias, desde que viável, deverão ser selecionados sistemas que promovam simbioses entre vários setores industriais. Mais uma vez, a aplicação de uma abordagem *fit-for-purpose* garante uma otimização no uso dos recursos, uma vez que os mesmos são dirigidos para um determinado fim específico, ao contrário de uma abordagem mais generalista que poderá levar, e.g., à implantação de sistemas energeticamente mais exigentes que o estritamente necessário.

3. NOTAS FINAIS

O modelo de avaliação de risco apresentado assenta numa abordagem estratégica que possibilita a avaliação de várias opções de tomada de decisão, em termos de seleção de barreiras, para minimização do risco associado a cada recetor. Por outro lado, em função da escala de perigo utilizada, a metodologia também permite a definição de um normativo de qualidade a aplicar (no presente caso para a *Escherichia coli*) a cada tipo de uso. Uma das principais vantagens é a simplicidade do método, bem como a aplicação a outros fatores de perigo microbiológicos, bastando para tal a definição da respetiva escala de perigo. Não obstante, a fim de minimizar as incertezas associadas a este tipo de avaliação, dever-se-á ter presente uma pesquisa bibliográfica atualizada sobre eventuais surtos de doença ou de



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

infecção associados às vias e cenários de exposição em causa, que permita uma seleção robusta dos respetivos fatores de importância. A aplicação do modelo caso-a-caso (abordagem *fit-for-purpose*) permite a adoção de cenários mais reais de exposição e consequentemente a definição de normativos de qualidade e de barreiras de segurança adequadas a cada projeto.

Na definição do normativo de qualidade a aplicar a cada projeto de reutilização de água para rega dever-se-á ainda ter em conta as disposições da Norma ISO 16075, dos objetivos de qualidade mínima definidos pelo *Joint Research Center* e nas normas da Organização Mundial de Saúde.

Por último, salienta-se que a utilização de água ao nível dos vários setores (urbano, agrícola, industrial) terá ser cada vez mais encarada sob uma perspetiva integrada, de modo a alcançar-se um uso eficiente ao nível quantitativo e ao nível qualitativo, com o objetivo de garantir uma utilização sustentável, que fomente o Bom Estado da água.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece à Agência Portuguesa do Ambiente, IP. e à Eng.ª Maria João Rosa (LNEC) pelo incentivo e contributos no âmbito dos trabalhos de normalização relativos à reutilização da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asano, T. (2007) Water reuse: Issues, technologies, and applications, McGraw-Hill, New York, NY.

Busgang, A., Friedler, E., Ovadia, O. and Gross, A. (2015) Epidemiological study for the assessment of health risks associated with graywater reuse for irrigation in arid regions. *Science of the Total Environment* 538, 230-239.

Chhipi-Shrestha, G., Hewage, K. and Sadiq, R. (2017) Microbial quality of reclaimed water for urban reuses: Probabilistic risk-based investigation and recommendations. *Science of the Total Environment* 576, 738-751.

Gormley, Á., Pollard, S., Rocks, S. and Black, E. (2011) Guidelines for environmental risk assessment and management - Green Leaves III, Department for Environment, Food & Rural Affairs, London.

Heise, S. and Förstner, U. (2007) Risk assessment of contaminated sediments in river basins - Theoretical considerations and pragmatic approach. *Journal of Environmental Monitoring* 9(9), 943-952.

International Organization for Standardization (2015) ISO 16075-2:2015 - Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 2: Development of the project, International Organization for Standardization, Geneva.

Ishizaka, A. and Lusti, M. (2006) How to derive priorities in AHP: A comparative study. *Central European Journal of Operations Research* 14(4), 387-400.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

L. Alcalde-Sanz and Gawlik, B.M. (2017) Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge - Towards a water reuse regulatory instrument at EU level, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Lohani, B.N. and Bank, A.D. (1997) Environmental impact assessment for developing countries in Asia, Asian Development Bank.

NRMMC-EPHC-AHMC (2006) Australian guidelines for water recycling: managing health and environmental risks: Phase 1, National Water Quality Management Strategy. Natural Resource Management Ministerial Council, Environment Protection and Heritage Council, Australian Health Ministers' Conference, Canberra.

Rebelo, A., Ferra, I., Gonçalves, I. and Marques, A.M. (2014) A risk assessment model for water resources: Releases of dangerous and hazardous substances. Journal of Environmental Management 140, 51-59.

Saaty, T.L. (1980) The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation, McGraw-Hill, New York, NY.

Salgot, M., Huertas, E., Weber, S., Dott, W. and Hollender, J. (2006) Wastewater reuse and risk: definition of key objectives. Desalination 187(1), 29-40.

Shakir, E., Zahraw, Z. and Al-Obaidy, A.H.M.J. (2017) Environmental and health risks associated with reuse of wastewater for irrigation. Egyptian Journal of Petroleum 26(1), 95-102.

USEPA and USAID (2012) Guidelines for water reuse, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Valentina Lazarova, Takashi Asano, Akica Bahri and Anderson, J. (2013) Milestones in Water Reuse: The Best Success Stories, International Water Association, London.

WHO (2006) Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. , World Health Organization, Geneva.