



RISCOS POTENCIAIS DO REÚSO DE ÁGUA POTÁVEL DIRETO E INDIRETO

DÉBORA BEATRIZ MAIA VIDOTTI; CLÁUDIA
TELLES BENATTI

RESUMO

Introdução: o estresse hídrico vem aumentando em todo o mundo, devido a diversos fatores como o crescimento populacional, industrialização e urbanização, os quais têm afetado a qualidade e a quantidade de água doce disponível. Estima-se que cerca de 4 bilhões de pessoas estejam sob escassez severa ao menos um mês por ano em todo o mundo. O Brasil não foge à regra, como a crise hídrica observada em 2014 e 2015 no Sudeste e em 2019 e 2020 no sul do país. A fim de minimizar os problemas gerados pelo estresse hídrico, o reúso de água potável surge como uma alternativa para aliviar a pressão nos mananciais, possibilitando o aumento do volume de água disponível para abastecimento público e garantindo a qualidade da água adequada para os diversos usos. No entanto, devido à presença de contaminantes identificados na água de reúso, o reúso de água potável apresenta riscos, como o risco à saúde humana e ao ambiente, especialmente devido à falta de legislações específicas para controle da qualidade da água de reúso. **Objetivo:** este trabalho teve como objetivo identificar os riscos potenciais do reúso de água potável direto e indireto, considerando os aspectos técnicos, econômicos e sociais. **Materiais e métodos:** a identificação dos riscos potenciais do reúso de água foi realizada através de uma revisão bibliográfica em bancos de dados de periódicos, que buscou-se identificar a literatura relevante por meio de palavras-chave e dos seus respectivos termos equivalentes na língua inglesa. **Resultados:** a identificação dos riscos do reúso de água envolve diversos fatores, tornando o processo mais complexo. Com o avanço do conhecimento das origens de doenças, a preocupação com os riscos associados com o reúso de água aumentou. Os riscos identificados foram classificados em riscos à saúde humana, riscos ao ambiente, risco social e riscos econômicos. **Conclusão:** os riscos relacionados ao reúso de água identificados neste trabalho servirão de base para a elaboração de projetos específicos baseados na abordagem de riscos, estabelecimento de mecanismos mitigação e monitoramento, e a viabilização da implantação do reúso de água como fonte alternativa.

Palavras-chave: Reúso de água potável; Riscos; Contaminantes; Estresse hídrico; Fonte alternativa.

1 INTRODUÇÃO

O estresse hídrico é definido como a incompatibilidade temporal e geográfica entre a demanda e disponibilidade de água doce (KEHNREIN et al., 2021), podendo ser relacionado à quantidade ou qualidade da água.

O estresse hídrico devido à quantidade de água doce disponível já afeta diversos países, estimando cerca de 4 bilhões de pessoas sob escassez severa ao menos um mês por ano (UNITED NATIONS, 2021). A escassez de água amplia problemas como a insuficiência de comida, conflitos regionais por água, desenvolvimento da economia limitada e a degradação ambiental (ASANO et al., 2007).

A quantidade de água disponível é influenciada pelas mudanças climáticas, as quais tendem a aumentar os problemas em áreas já afetadas pelo estresse hídrico e potencializar o surgimento de áreas com estresse hídrico (UNITED NATIONS, 2021). Outro fator que influencia o estresse hídrico é o aumento do consumo de água doce em todo o mundo. Estima-se um aumento da demanda de água em todo o mundo com taxa de 1% ao ano nos próximos 30 anos, proveniente principalmente dos setores industriais, de energia e uso doméstico (ANGELAKIS et al., 2018; UNITED NATIONS, 2022).

Além destes fatores, a qualidade da água é um fator determinante ao estresse hídrico, aumentando cerca de 10% a quantidade de pessoas afetadas pela escassez de água no mundo quando analisada a qualidade junto com a quantidade (van VLIET et al., 2021). A qualidade da água doce é preocupante devido às diversas fontes de poluição que prejudicam os recursos hídricos (DENG et al., 2019). As fontes de poluição são provenientes de fatores ambientais, como regime de chuvas e tipo de solo, e de fatores antrópicos, como lançamento de esgoto não tratado e manejo de solo (IAT, 2020). Cerca de 80% do esgoto do mundo é lançado nos corpos hídricos sem tratamento, podendo impactar o abastecimento de água (ANGELAKIS et al., 2018). No Brasil o volume de esgoto não coletado e tratado de forma adequada correspondendo a cerca de 40% de todo o esgoto gerado (SNIS, 2022)

No Brasil, apesar da grande disponibilidade hídrica, algumas regiões têm enfrentado a crise hídrica, como o sudeste do Brasil entre os anos 2014 e 2015 e o sul do Brasil entre 2019 e 2020 (SANTOS et al., 2021; AEN, 2020). Santos et al. (2021) apresentam como fatores da escassez de água no Brasil os baixos índices pluviométricos, altos níveis de evaporação, baixo índice de coleta e tratamento de esgoto, elevados índices de perda de água nos sistemas de abastecimento, falta de pesquisa e investimento no setor e o uso irracional de água.

Para minimizar estes problemas, o tratamento e reutilização de águas residuais passarão a ter um papel importante no planejamento urbano, tendo como destaque o reúso potável (ANGELAKIS et al., 2018). A prática do reúso de água alivia as pressões nos mananciais, garante a qualidade e quantidade de água necessária para os diversos usos, reduz os conflitos pelo uso da água e contribui para o desenvolvimento socioeconômico (SANTOS et al., 2021).

Diversos autores têm estudado variadas formas de reúso de água, sendo que os tipos de reúso possíveis são irrigação agrícola, irrigação paisagística, industrial, recarga de aquífero, recreação, ambiental, urbano não potável e potável direto ou indireto, podendo ser utilizado o esgoto, água cinza, água pluvial ou água dessalinizada (ASANO et al., 2007; DENG et al., 2019; FURLONG et al., 2018).

O reúso de água ocorre desde a antiguidade com as civilizações da Idade do Bronze, cerca de 3.000 anos a.C., por meio do uso do esgoto para a irrigação das plantações. Com a melhoria dos sistemas de tratamento de água e esgoto no final dos anos 1800 e início dos anos 1900 o reúso de água foi deixado de lado, tendo seu retorno devido ao crescimento da população, ao desenvolvimento das megacidades, às mudanças climáticas e à conscientização de que a água doce é finita (ANGELAKIS et al., 2018).

Esgoto tratado cada vez mais tem sido utilizado para fins não potáveis, como agricultura e uso industrial, ou como fonte de água para abastecimento de água potável, seja não planejado, como descargas de esgotos tratados a montante de tomadas de água para abastecimento, quanto planejado, como sistemas projetados para o reúso de água (BAILEY et al., 2018). O reúso de água potável direto ocorre por meio do aumento do suprimento de água com a mistura de água de tratamento avançado com outra fonte de água antes do tratamento para abastecimento. Além

disso, o reúso direto pode ocorrer quando a estação de tratamento apresentar tecnologias que possibilitem a produção de água potável, permitindo a introdução da água tratada diretamente na rede de distribuição (ANGELAKIS et al., 2018).

A água de reúso apresenta diversas vantagens, no entanto, ela também apresenta riscos, podendo causar impactos diretos e indiretos sobre o ambiente e à saúde humana (DENG et al., 2019). A falta de métodos padronizados para quantificar e qualificar alguns dos riscos relacionados ao reúso de água, prejudica o desenvolvimento de estratégias e regulações para o reúso da água (DENG et al., 2019). O reúso de água requer abordagens mais restritas, incluindo legislações, monitoramento e programas de gerenciamento e conformidade (WWAP, 2017). O levantamento dos riscos para cada aplicação é importante pois em cada uma delas há diferentes cenários e especificações (GUO et al., 2021).

As legislações mais recentes sobre reúso de água especificam parâmetros de qualidade da água e critérios para diferentes tipos de uso, visando garantir segurança à saúde humana e ao ambiente (WWAP, 2017). A Organização Mundial de Saúde (OMS) estabeleceu alguns padrões orientativos quanto ao reúso de água potável (OMS, 2017).

Atualmente para especificar parâmetros de qualidade e características dos sistemas de reuso, o Brasil conta com as normas ABNT NBR 16783/2019, que dispõe sobre o uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, a ABNT NBR 16782/2019, sobre conservação da água em edificações, a ABNT NBR 15527/2019, sobre aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, e a ABNT NBR 13969/1997, sobre tanques sépticos e disposição final de efluentes líquidos. Para auxiliar na definição de parâmetros para o reúso de água, o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) e o Programa Interáguas propõem padrões de reúso de água para alguns tipos de uso.

Apesar de existir algumas legislações e diretrizes, elas não abrangem todos os tipos de reúso de água. Para sanar a falta de legislações específicas, alguns estados da federação têm se organizado e contam com leis para disciplinar e controlar o reúso da água, como é o caso de São Paulo (Resolução Conjunta SES/SIMA Nº 01/2020), de Minas Gerais (Deliberação Normativa CERH-MG Nº 065), do Ceará (Lei Nº 16033/16 e Resolução COEMA Nº 02/2017) e do Rio Grande do Sul (Resolução Nº 419/2020).

Neste contexto, esta pesquisa se propõe a apresentar um levantamento dos riscos relacionados à prática do reúso água, tendo como foco principal o reuso potável direto e indireto, considerando os aspectos técnicos associados à saúde humana e ao ambiente, econômicos e sociais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Essa pesquisa foi realizada através de uma revisão bibliográfica em que buscou-se identificar a literatura relevante por meio de palavras-chave tais como “reúso de água”, “reúso potável”, “reúso potável direto”, “reúso potável indireto”, “riscos reúso de água e contaminantes”, “*fator yuck*”, “aversão e confiança”. Além disso, foram buscados os mesmos termos equivalentes na língua inglesa (“*water reuse*”, “*potable reuse*”, “*direct potable reuse*”, “*indirect potable reuse*”, “*risks reuse of water and contaminants*”, “*yuck factor*” e “*aversion and trust*”). Os artigos foram obtidos nos bancos de dados do Portal de Periódicos da CAPES, Google Scholar, Scientific Electronic Library Online (SciELO), ScienceDirect e Scopus.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RISCOS POTENCIAIS

A identificação dos riscos do reúso de água não é um processo simples pois variam significativamente dependendo dos processos de tratamento das estações de tratamento de água de reúso e das condições de operação das mesmas. Além disso, há dificuldade em identificar os riscos devido à falta de tecnologias para detectar contaminantes químicos e biológicos e à falta de informações sobre os contaminantes emergentes (DENG et al, 2019).

Com o avanço do conhecimento das origens de doenças, a preocupação com os riscos associados com o reúso de água aumentou. A proteção à saúde estava inicialmente ligada somente à qualidade microbiológica, sendo expandida posteriormente para uma visão sobre a qualidade química, particularmente sobre os contaminantes emergentes (ANGELAKIS et al., 2018).

Quando comparada a água de reúso com a água potável, é verificada que a primeira implica em riscos adicionais que podem causar prejuízos ao ambiente e à saúde humana, sendo necessário considerar que os limites de segurança de água potável podem não ser suficientes para garantir a segurança dos usuários (GARNER et al., 2016).

A água de reúso pode exercer riscos diretos e indiretos ao ambiente e à saúde humana devido aos diversos tipos de uso e meios de exposição, podendo contaminar através da infiltração no solo, ingestão de água contaminada, inalação de gotículas e ingestão de alimento irrigado com água de reúso (DENG et al., 2019; MARTIJN e REDWOOD, 2005).

Os contaminantes potenciais identificados na água de reúso podem ser classificados em contaminantes biológicos, compostos por patógenos e genes resistentes a antibióticos, e em contaminantes químicos, que compreendem os químicos inorgânicos (metais pesados, salinidade, nitrogênio e fósforo) e químicos orgânicos (desreguladores endócrinos, produtos de cuidados pessoais e microcontaminantes) (DENG et al., 2019; KHAN et al., 2018).

Os químicos orgânicos são usados em grande quantidade, possuindo alta lipossolubilidade, levando à bioacumulação em plantas, animais e humanos. Além disso, estes produtos são semivoláteis, permitindo a movimentação deles pela atmosfera por longas distâncias (ALAWI, MASAAD e AL-HUSSAINI, 2018).

As alternativas de tratamento de água de reúso podem minimizar os riscos causados pelos contaminantes microbiológicos e químicos, sendo que os tratamentos avançados são capazes inclusive de minimizar os riscos dos contaminantes emergentes e dos contaminantes químicos orgânicos (NRC, 2012).

Outro risco que influencia no reúso de água é a aceitação da população. Essa aceitação diminui quanto maior é o contato humano com ela, especialmente pelo medo de contaminação e o “fator eca”, o qual apresenta emoções como desgosto em utilizar a água de reúso. Outros fatores que influenciam na aceitação da população são a confiança nas autoridades, ciência e tecnologia e a percepção dos benefícios do reúso de água (FIELDING, DOLNICAR e SCHULTZ, 2018).

Outro risco associado ao reúso de água potável é o risco econômico, pois um sistema de reúso de água pode ser rejeitado quando não há disponibilidade financeira ou incentivos econômicos para sua implantação (BOYSEN et al., 2020). É importante comparar os custos das estações de tratamento de água de reúso, a fim de garantir a qualidade técnica e o benefício econômico dos sistemas de reúso de água (HILBIG et al., 2020).

3.2 RISCOS À SAÚDE HUMANA

A maior preocupação do reúso de água é o risco potencial de transmissão de doenças infecciosas por organismos patogênicos, sendo maior essa preocupação em países em desenvolvimento, onde águas residuais não tratadas ou tratadas inadequadamente são muito utilizadas (ANGELAKIS et al, 2018).

Segundo Richter e Azevedo Netto (2013), 80% de todas as doenças infecciosas que ocorrem nos países em desenvolvimento são provenientes da água sem qualidade adequada. A Tabela 2 mostra as doenças mais comuns transmissíveis pela água.

Tabela 2: Doenças mais comuns transmissíveis pela água.

DOENÇAS	AGENTES CAUSADORES
Febre tifoide	Salmonela tifoide
Febre paratifoide	Salmonelas paratifoide (A,B,C)
Disenteria bacilar	Bacilo disentérico
Disenteria amebiana	Entamoeba histolítica
Cólera	Vibrião do cólera
Diarreia	Enterovírus, E. Coli
Hepatite infecciosa	Vírus tipo A
Giardiose	Giárdia Lamblia

Fonte: Richter e Azevedo Netto (2013).

A presença de patógenos na água de reúso como Adenovírus, Salmonella e Cryptosporidium, podem desencadear casos de infecções respiratórias, gastroenterites, diarreia, febre, náuseas e vômito (PURNELL et al., 2020). Os patógenos na água de reúso podem em um único dia gerar riscos em escala anuais, sendo necessário o monitoramento dos processos das estações de tratamento de água de reúso (SOLLER et al, 2016).

A água de reúso é um transmissor potencial dos genes resistentes a antibióticos, pois em sistemas de tratamento com processos biológicos como lodos ativados a ocorrência destes genes podem ser amplificadas (RIZZO et al., 2013). A presença destes genes na água de reúso facilita a ocorrência de organismos resistentes à diversos remédios, causando tratamentos mais longos, com maior custo de medicamentos e aumenta a mortalidade devido a ineficiência gerada pelos genes resistentes a antibióticos absorvidos pelos organismos (RIZZO et al., 2013; GOOSSENS et al., 2005).

Quanto aos produtos químicos, os riscos para a saúde humana dependem das propriedades perigosas dos produtos identificados, dos limites de segurança de exposição e da real taxa de exposição aos contaminantes (BAKEN et al, 2018).

Dentre os produtos químicos inorgânicos, foram identificados metais pesados na água de reúso como chumbo, cádmio, cromo e mercúrio, elementos estes conhecidos por afetar a saúde humana. Os padrões a serem adotados no reúso de água potável deve ser o mesmo do existente para a água de abastecimento público (KHAN et al, 2018).

Os produtos químicos orgânicos identificados na água de reúso são bioacumulados no corpo humano, por meio, principalmente, da alimentação e consumo da água contaminada. Estes produtos são absorvidos pelo tecido adiposo e são lentamente liberados no sangue, levando em longo prazo a um estado inflamatório que pode causar efeitos metabólicos prejudiciais e intensificar o surgimento de doenças como câncer (ALAWI, MASAAD e AL-HUSSAINI, 2018).

Na saúde humana os compostos químicos orgânicos podem causar desregulação endócrina e intoxicação quando em quantidade elevada (DENG et al., 2019).

3.3 RISCOS AO AMBIENTE

A água de reúso quando lançada no ambiente, como no reúso potável indireto, podem degradar a qualidade da água e conter contaminantes que demonstram poder acumulativo em organismos aquáticos (BARBER et al., 2006).

Os produtos químicos orgânicos podem permanecer no ambiente durante anos devido à sua persistência ambiental. Estes produtos têm a capacidade de bioacumular nos organismos, podendo ser transferidos entre as espécies através da cadeia alimentar (ALAWI, MASAAD e AL-HUSSAINI, 2018). Da mesma forma que na saúde humana, os produtos químicos orgânicos causam efeitos metabólicos nos organismos, especialmente aquáticos.

A presença de estrona, estradiol e etinilestradiol em corpos hídricos tem relação com resíduos de anticoncepcionais orais provenientes do uso da população. Estes hormônios são conhecidos por causar desregulação endócrina em animais marinhos e sistemas aquáticos mesmo quando em pequenas quantidades, como verificado em um lago experimental no Canadá (KIDD et al., 2007).

A água de reúso afeta as comunidades bacteriológicas do meio através de contaminantes químicos, que ocorrem como desreguladores endócrinos, e biológicos, como os patógenos que competem com os organismos microbianos nativos (DENG et al., 2019).

Além disso, pode ocorrer a redução do volume de água nos corpos hídricos quando adotado o reúso potável direto devido ao volume desviado antes do lançamento da estação de tratamento de esgoto, podendo afetar a ecologia e a disponibilidade para captação de água a jusante (VOULVOULIS, 2018).

3.4 RISCO SOCIAL

A aceitação pública é um fator importante para o sucesso da aplicação dos sistemas de reúso de água, sendo influenciado por variáveis como tipo de uso, características sociodemográficas e preditores psicológicos de aceitação (FIELDING, DOLNICAR E SCHULTZ, 2018; SMITH et al, 2018).

No estudo de Furlong et al. (2018), estimou-se que cerca de 40% da população está disposta a utilizar água de reúso potável indireto, no entanto, quando considerado que não há outra opção, a aceitabilidade aumenta para 80%. Quanto maior o contato humano com a água de reúso, menor a aceitação pública quanto a utilização do reúso de água (FIELDING, DOLNICAR E SCHULTZ, 2018).

As características sociodemográficas englobam fatores como gênero, idade, educação, renda, raça e religião (FIELDING, DOLNICAR E SCHULTZ, 2018). A idade é um fator em que a aceitação pública em utilizar água de reúso potável não é significativa, podendo ser desconsiderado este fator (ROCK, SOLOP, E GERRITY, 2012). Outro fator não determinante é a raça, especialmente devido à falta de estudos aplicando este fator (FIELDING, DOLNICAR E SCHULTZ, 2018).

O gênero das pessoas envolvidas é um fator importante para a determinação dos sistemas de reúso de água, sendo que a maior parte dos estudos concluem que homens tem maior tendência a aceitar a utilização de água de reúso (FIELDING, DOLNICAR E SCHULTZ, 2018; ROCK, SOLOP, E GERRITY, 2012; DOLNICAR E SCHÄFER, 2009; HURLIMANN E MCKAY, 2007).

A educação apresenta uma relação significativa com a aceitação ao uso de água de reúso, sendo identificado nos estudos relacionados ao tema que maiores níveis de educação apresentam maiores níveis de aceitabilidade (ALHUMOUD et al., 2003; DOLNICAR e SCHÄFER, 2009; HURLIMANN e MCKAY, 2007; ROCK, SOLOP, e GERRITY, 2012).

A renda aparece em estudos como sendo um fator determinante, onde quanto maior a renda, maior a aceitação quanto ao uso da água de reúso (BRUVOLD e COOK, 1981; GARCIA-CUERVA et al., 2016).

Com relação à religião, alguns estudos como o realizado em Kwait indicam que a religião é um dos fatores mais frequentes quando há oposição ao uso de água de reúso (ALHUMOUD et al., 2003). No entanto, outros estudos como o realizado na África do Sul,

indicam que a religião não apresenta papel significativo na aceitação quanto ao uso de água de reúso (WILSON E PFAFF, 2008).

Os fatores relacionados aos preditores psicológicos de aceitação são a aversão, percepção de risco à saúde, percepção dos riscos gerais, confiança, transparência, normas sociais, crença na ciência e tecnologia, consciência ambiental, percepção dos benefícios, conhecimento, percepção da escassez de água e custos (FIELDING, DOLNICAR E SCHULTZ, 2018).

As características da água de reúso também é um fator determinante para a aceitação ao uso de água de reúso, sendo avaliadas as fontes do esgoto, as opções de tratamento e as propriedades da água de reúso (FIELDING, DOLNICAR E SCHULTZ, 2018).

O estudo realizado por Nancarrow et al (2008) demonstrou que ações positivas sobre o tema reúso de água aumentam a aceitação pública do uso da água de reúso e minimizam as percepções de risco. As ações positivas sobre o tema podem ser intensificadas aumentando a confiança em componentes chaves, como nas autoridades e em cientistas (MILLER et al., 2008).

Para aumentar a aceitação pública também sugere-se a realização de campanhas com informações técnicas quanto aos processos de tratamento e aos benefícios, além de focar na percepção local dos riscos e as ações culturais (STOTTS et al, 2019). Também podem ser realizados estudos experimentais e estudos de caso a fim de aumentar a aceitação pública quanto ao uso de água de reúso (FIELDING, DOLNICAR E SCHULTZ, 2018).

3.5 RISCO ECONÔMICO

A implantação de sistemas de reúso de água depende do custo de implantação e operação dos sistemas, sendo estes custos afetados por diversos fatores, como localização da estação de tratamento, infraestrutura, qualidade necessária, consumo de energia elétrica, equipamentos, entre outros (NRC, 2012). Os sistemas de reúso devem ser economicamente viáveis, gerando incentivos para investir em sistemas inovadores de tratamento de água de reúso (HILBIG et al, 2020).

Lee e Jepson (2020) identificaram em seu estudo fatores de risco econômico o custo adicional das estações, o baixo desejo de pagar pela tecnologia de reúso, falta de fundos e estabilidade econômica.

Apesar da necessidade de estudos de viabilidade econômica, raramente esta ocorre, impossibilitando realizar estimativas de custo reais e dificultando a transparência dos dados de custos das estruturas de tratamento de água de reúso (HURLIMANN et al., 2005).

Outros riscos que podem surgir no reúso de água estão relacionados com a presença de contaminantes na água de reúso que afetam a estrutura. A existência de contaminantes biológicos na água de reúso pode causar o aumento dos custos de manutenção devido à corrosão da infraestrutura (JJEMBA et al., 2010).

Altos níveis de salinidade podem prejudicar o tratamento de água devido aos impactos nos tratamentos biológicos e causar incrustação e corrosão de tubos e sistema de armazenamento de água (DENG et al, 2019; MAKRIS et al., 2014).

4 CONCLUSÃO

O estresse hídrico e o consumo de água têm aumentado em todo o mundo, levando a cerca de 4 bilhões de pessoas em situação de escassez severa ao menos um mês por ano. Da mesma forma, diversas partes do Brasil vêm enfrentando problemas de abastecimento urbano devido à seca severa. O estresse hídrico é causado pela disponibilidade de água e pela qualidade da água doce disponível, podendo ser minimizado os efeitos através do reúso de água.

Dentre as formas de reúso de água, o reúso potável se mostra uma alternativa significativa, podendo aumentar a quantidade de água disponível para a população e melhorar a qualidade da água dos cursos hídricos. No entanto, estudos recentes têm identificado riscos potenciais que podem afetar a saúde humana e o ambiente. Estes riscos são intensificados pela falta de legislações específicas sobre o reúso de água e pela falta de informações sobre as características da água de reúso.

Os principais riscos estão relacionados a fatores técnicos ligados à saúde humana e ao ambiente, a aceitação pública e aos custos envolvidos. Estes riscos têm sido avaliados por diversos autores ao longo dos últimos anos com o objetivo de fornecer informações para futuros sistemas de reúso de água.

Dentre os riscos relacionados à saúde humana, o mais significativo é a presença de patógenos na água de reúso que podem causar doenças infecciosas na população, especialmente em países em desenvolvimento e a presença de contaminantes químicos. Quanto ao risco ao ambiente, destaca-se a degradação de ambientes aquáticos, especialmente em sistema de reúso potável indireto, onde a água de reúso é utilizada para aumentar as fontes de abastecimento já existentes.

Com relação à aceitação pública, diversos fatores podem influenciar como o tipo de uso, características sociodemográficas e preditores psicológicos de aceitação. Estudos demonstraram que o fator principal à aceitação pública é o contato humano com a água de reúso, reduzindo consideravelmente a aceitação quanto maior for o contato.

Os riscos econômicos são pouco abordados nos estudos, podendo ter como fatores o custo de implantação, a falta de incentivos e a manutenção, a qual pode ser causada por manutenções previstas ou por problemas gerados pela presença de contaminantes.

Por fim, um projeto para a produção de água de reúso concebido a partir de uma abordagem de riscos permitirá a adoção de mecanismos de mitigação e monitoramento apropriados, que contribuirá diretamente para reduzir os problemas causados pelo estresse hídrico.

REFERÊNCIAS

AGENCIA DE NOTÍCIAS DO PARANÁ - AEN. Governo decreta emergência hídrica por causa da estiagem. 2020. Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=106898>>. Acesso em: 17 junho 2021

ALAWI, M.; MASAAD, M; AL-HUSSAINI, M. Comparative study of persistent organic pollutant (POP) (chlorinated pesticides, PCBs, and dioxins/furans) concentrations in cancer-affected human organs with those of healthy organs. *Environ Monit Assess.* 190:470. 2018

ALHUMOUD, J. M.; BEHBEHANI, H. S.; ABDULLAH, T. H. Wastewater reuse practices in Kuwait. *Environmentalist*, 23(2), 117–126. 2003

ANGELAKIS, N.A.; ASANO, T.; BAHRI, A.; JIMENEZ, B. E.; TCHOBANOGLIOUS, G. Water Reuse: From Ancient to Modern Times and the Future. *Frontiers in Environmental Science*, v. 6, p. 6-26. 2018.

ASANO, T. et al. Water reuse, issues, technologies, and applications. New York: Metcalf & Eddy/AECOM, eds., McGraw Hill, 2007

BAKEN, K.A.; SJERPS, R.M.A.; SCHRIKS, M.; VAN WEZEL, A.P. Toxicological risk assessment and prioritization of drinking water relevant contaminants of emerging concern. *Environ. Int.* 118, 293–303. 2018.

BARBER, L.B., KEEFE, S.H., ANTWEILER, R.C., TAYLOR, H.E., WASS, R.D. Accumulation of contaminants in fish from wastewater treatment wetlands. *Environ. Sci. Technol.* 40, 603e611. 2006

BAILEY, E.S., CASANOVA, L.M., SIMMONS, O.D., SOBSEY, M.D. Tertiary treatment and dual disinfection to improve microbial quality of reclaimed water for potable and non-potable reuse: A case study of facilities in North Carolina Emily S. Bailey a, *, Lisa M. Science of The Total Environment Volume 630, 15 July 2018, Pages 379-388

BOYSEN, B.; CRISTÓBAL, J.; HILBIG, J.; GÜLDEMUND, A.; SCHEBEK, L.; RUDOLPH, K. Economic and environmental assessment of water reuse in industrial parks: case study based on a Model Industrial Park. *Journal of Water Reuse and Desalination.* 10.4. 2020.

BRUVOLD, W. H., COOK, J. Reclaiming and reusing wastewater. *Water: Engineering and Management*, 128(4), 65–71. 1981.

DENG, S.; YAN, X.; ZHU, Q.; LIAO, C. The utilization of reclaimed water: Possible risks arising from waterborne contaminants. *Environmental Pollution*, 113020, 2019.

DOLNICAR, S.; SCHÄFER, A. Desalinated versus recycled water: Public perceptions and profiles of accepters. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 888–900. 2009

FIELDING, K. S.; DOLNICAR, S.; SCHULTZ, T. Public acceptance of recycled water. *International Journal of Water resources Development*, 2018.

FURLONG, C.; JEGATHEESAN, J.; CURRELL, M.; IYVER-RANIGA, U. KHAN, T.; BALL, A.S. Is the global public willing to drink recycled water? A review for researchers and practitioners. *Utilities Policy*, 56, 53–61. 2019

GARCIA-CUERVA, L., BERGLUND, E. Z., BINDER, A. R. Public perceptions of water shortages, conservation behaviors, and support for water reuse in the U.S. *Resources, Conservation and Recycling*, 113, 106–115. 2016

GARNER, E.; ZHU, N.; STROM, L.; EDWARDS, M.; PRUDEN, A. A human exposome framework for guiding risk management and holistic assessment of recycled water quality. *Environmental Science-Water Research & Technology.* 2(4): p. 580-598. 2016.

GOOSSENS, H., FERECHE, M., VANDER STICHELE, R., ELSEVIERS, M., GROUP, E.P. Outpatient antibiotic use in Europe and association with resistance: a cross-national database study. *The Lancet* 365, 579e587. 2005.

GUO, Q.; WEI, D.; WANG, F.; CHEN, M.; DU, Y. A novel risk score-based prioritization method for pollutants in reclaimed water. *Science of the Total Environment.* 2021

HURLIMANN, A., MCKAY, J., GEURSEN, G. Pricing of drinking water vs recycled water: Fairness and satisfaction. *Water, Journal of the Australian Water Association* 32 (2), 50–66. 2005.

HURLIMANN, A.; MCKAY, J. Attitudes to future use of recycled water in a Bendigo office building. *Water: Journal of the Australian Water Association*, 34(6), 58–64. 2007

IAT. INSTITUTO ÁGUA E TERRA. Relatório de conjuntura dos recursos hídricos do Estado do Paraná. Curitiba. 2020.

JJEMBA, P.K., WEINRICH, L.A., CHENG, W., GIRALDO, E., LECHEVALLIER, M.W. Regrowth of potential opportunistic pathogens and algae in reclaimed-water distribution systems. *Appl. Environ. Microbiol.* 2010

KEHREIN, P., JAFARIA, M., SLAGTB, M., CORNELISSEN, E., OSSEWEIJERA, P., POSADA, J., LOOSDRECHTA, M. A techno-economic analysis of membrane-based advanced treatment processes for the reuse of municipal wastewater. *Water Reuse Vol 11 No 4*, 705 doi: 10.2166/wrd.2021.016

KHAN, S. J.; FISHER, R.; ROSER, D. J. Potable reuse: What chemicals to be concerned about. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2018

KIDD, KA; BLANCHFIELD, PJ; MILLS, KH; PALACE, VP; EVANS, RE; LAZORCHAK, JM; FLICK, RW Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen. *Proceedings of National Academy of Science of the USA*, v. 104,n. 21, pág. 8897–8901, 2007.

LEE, K.; JEPSON, W. Drivers and barriers to urban water reuse: A systematic review. *Water Security*, 11, 10073. 2020

MAKRIS, K.C., ANDRA, S.S., BOTSARIS, G. Pipe scales and biofilms in drinking-water distribution systems: undermining finished water quality. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 44, 1477e1523. 2014

MARTIJN, E. J.; REDWOOD, M. Wastewater irrigation in developing countries-limitations for farmers to adopt appropriate practices. *Irrig. Drain.* 54, S63eS70. 2005

MILLER, E., BUYS, L., BELL, L. M., HARGREAVES, M., DAWES, L. A., HAMILTON, G. S. The ghost in the machine: Trust and technology in the water recycling debate. *International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability*, 4(1), 35–44. 2008

NANCARROW, B. E., LEVISTON, Z., PO, M., PORTER, N. B., TUCKER, D. I. What drives communities' decisions and behaviours in the reuse of wastewater. *Water Science and Technology*, 57(4), 485–491. 2008

NRC. Nbar wastewater. Washington D.C: National Academy Press; 2012.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Potable Reuse. Guidance for producing safe drinking-water. Geneva. World Health Organization. 2017.

PURNELL, S.; HALLIDAY, A.; NEWMAN, F.; SINCLAIR, C.; EBDON, J. Pathogen infection risk to recreational water users, associated with surface waters impacted by de facto and indirect potable reuse activities. *Science of the Total Environment*. 2020.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Blucher, 1991 – 10ª reimpressão, 2013.

RIZZO, L., MANAIA, C., MERLIN, C., SCHWARTZ, T., DAGOT, C., PLOY, M., MICHAEL, I., FATTA- KASSINOS, D. Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: a review. *Sci. Total Environ.* 447, 345e360. 2013.

ROCK, C., SOLOP, F.I., GERRITY, D. Survey of statewide public perceptions regarding water reuse in Arizona. *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*, 61(8), 506–517. 2012.

SANTOS, A. S. P.; LIMA, M. A. M.; SILVA JUNIOR, L. C. S.; AVELAR, P. S.; ARAÚJO, B. M.; GONÇALVES, R. F.; VIEIRA, J. M. P. Proposição de uma metodologia estruturada de avaliação do potencial regional de reúso de água: 01 – terminologia e conceitos de base. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*. 2021.

SMITH, H. M.; BROUWER, S.; JEFFREY, P.; FRIJNS, J. Public responses to water reuse – Understanding the evidence. *Journal of Environmental Management*. 43-50. 2007

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Mapa de indicadores de Esgoto. Disponível em: <http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto>. Acesso em: 30/03/2022

SOLLER, J. A.; EFTIM, S. E.; WARREN, I.; NAPPIER, S. P. Evaluation of microbiological risks associated with direct potable reuse. *Microbial Risk Analysis*. 1-12. 2016.

STOTTS, R.; RICE, J.; WUTICH, A.; BREWIS, A.; WHITE, D.; MAUPIM, J. Cross-cultural Knowledge and Acceptance of Wastewater Reclamation and Reuse Processes across Select Sites. *Human Organization*, Vol. 78, No. 4, 2019.

UNITED NATIONS. The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. UNESCO. 2021. Disponível em <http://www.unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>. Acesso em: 30/03/2022

UNITED NATIONS. The United Nations World Water Development Report 2022: GROUNDWATER: Making the invisible visible. UNESCO. 2022. Disponível em <http://www.unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380721>. Acesso em: 30/03/2022

VAN VLIET, M. T. H.; JONES, E. R.; FLÖRKE, M.; FRANSSEN, W. H. P.; HANASAKI, N.; WADA, Y.; YEARSLEY, J. R. Global water scarcity including surface water quality and expansions of clean water technologies. *Environmental Research Letters*, v. 16, n. 2, jan. 2021.

VOULVOULIS, N. Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2018.

WILSON, Z., PFAFF, B. Religious, philosophical and environmentalist perspectives on potable wastewater reuse in Durban. South Africa. *Desalination*, 228(1), 1–9. 2008.

WWAP. United Nations World Water Assessment Programme. Wastewater: the untapped resource, The United Nations World Water Development Report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO), Paris, France. 2017