



REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

USO DE ÁGUAS CINZA NO BRASIL: ASPECTOS LEGAIS E QUALITATIVOS

Thales Henrique Silva Costa ¹
* Suetônio Mota ¹

USE OF GRAY WATER IN BRAZIL: LEGAL AND QUALITATIVE ASPECTS

Recibido el 18 de junio de 2021. Aceptado el 29 de noviembre de 2021

Abstract

This paper discusses the use of gray water in Brazil. A revision of the Brazilian legislation on water reuse was made, with emphasis on the qualitative aspects of gray water. Examples of use of gray water in Brazil are presented. As a case study, it was characterized the composition of the raw and treated gray waters from a home building composed of two towers with 22 floors, each, with an average population estimated at 224 people. The gray waters come from the showers and washbasins of the apartments and, after being treated, are used in the discharge of sanitary appliances and in the irrigation of about 4400 m² of gardens. The treatment of gray water is composed of the following units: coagulation, flocculation, laminar decanter, double layer filter (anthracite and sand) and chlorine disinfection. It was concluded that the treated gray waters can be used for less restrictive purposes. The results obtained in the research indicate the importance of water reuse, notified in non-potable uses, constituting an alternative for water resource management, both under economic and environmental aspects.

Keywords: water reuse; use of treated wastewater; reuse modalities; treatment for reuse; legislation for reuse.

¹ Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Brasil

* *Autor correspondente:* Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Campus do Pici. CEP: 60455.760 Fortaleza – Ceará, Brasil. Email: suetonio@ufc.br

Resumo

Neste trabalho discute-se o uso de águas cinza no Brasil. Fez-se uma revisão da legislação brasileira sobre reúso de água, com ênfase para os aspectos qualitativos das águas cinza. Exemplos de utilização de águas cinza no Brasil são apresentados. Como estudo de caso, procedeu-se à caracterização física, química e biológica das águas cinza brutas e tratadas de uma edificação domiciliar composta por duas torres de 22 andares, cada, com uma população média estimada em 224 pessoas. As águas cinza são provenientes dos chuveiros e lavatórios dos apartamentos e, depois de tratadas, são utilizadas nas descargas de aparelhos sanitários e na irrigação de cerca de 4400 m² de jardins. O tratamento das águas cinza na edificação estudada é composto das seguintes unidades: coagulação, floculação, decantador laminar, filtro de dupla camada (antracito e areia) e desinfecção com cloro. Concluiu-se que as águas cinza tratadas na edificação estudada podem ser usadas para fins menos restritivos. Os resultados obtidos na pesquisa indicam a importância do reúso de água, notadamente em usos não potáveis, constituindo uma alternativa de gestão de recursos hídricos, tanto sob os aspectos econômicos como ambientais.

Palavras chave: reúso de água; uso de esgotos tratados; modalidades de reúso; tratamento para reúso; legislação para reúso.

Introdução

A água é um dos recursos mais importantes para promover o desenvolvimento socioeconômico e industrial de qualquer sociedade. Nas regiões áridas e semiáridas, a relevância hídrica é ainda mais notável, uma vez que as atividades econômicas podem ser limitadas por esse recurso (Ramos *et al.*, 2019).

Segundo Guppy e Kelsey (2017), a água está se tornando uma questão social e geopolítica urgente; em algumas regiões, já é uma preocupação nacional crítica. Até 2035, cerca de 40% da população mundial viverá em áreas seriamente estressadas, e a capacidade dos ecossistemas de fornecer água doce ficará cada vez mais comprometida.

Mekonnen e Arjen (2016) afirmam que dois terços da população global (4.0 bilhões de pessoas) vivem sob condições de severa escassez de água por pelo menos um mês de cada ano. Meio bilhão de pessoas no mundo enfrentam severa escassez de água durante todo o ano.

Enfrentando o desafio global de situações de escassez de água, muitos países e organizações aumentaram sua conscientização sobre os riscos de falta de água e propuseram políticas eficazes para reduzir seu uso (Juan *et al.*, 2016).

O aproveitamento de águas residuárias é cada vez mais considerado como uma oportunidade para atender à demanda de água doce. Isso significa uma mudança de paradigma de "tratamento seguro e descarga de águas residuárias" para "transformar água usada em água adequada" (Dingemans *et al.*, 2020).

Machado *et al.* (2017), ao comentarem sobre as medidas para atenuação das secas no semiárido brasileiro, citam o aproveitamento de águas servidas como uma das alternativas.

O uso de águas residuárias permanece como uma fonte ainda pouco explorada, em face da disponibilidade de água doce, apesar do Fórum Econômico Mundial listar a crise hídrica como o impacto global de risco mais devastador para a sociedade, e pesquisas comprovarem que águas de reúso satisfazem a diferentes necessidades: irrigação, propósitos industriais e demandas domésticas (Roccaro e Verlicchi, 2018).

A crescente demanda por água doce tem sido uma preocupação global há décadas. Isso tem levado a uma busca constante por opções mais viáveis para conservar recursos de água doce sem comprometer a qualidade ambiental. Nas edificações há grandes consumos de água doce; assim, a recuperação e reutilização da água cinza para fins não potáveis ajuda a reduzir uma quantidade significativa de água consumida dentro dos edifícios (Yoonus e Al-Ghamdi, 2020).

De acordo com Orteng-Peprah *et al.* (2018), o uso de águas cinza pode ajudar a reduzir a dependência excessiva de água doce e diminuir a poluição causada pela sua descarga em recursos hídricos. Também, pode ser um manancial suplementar como fonte de água existente em áreas onde há crise hídrica aguda ou em regiões áridas e semiáridas. As águas cinza podem ser usadas para diferentes atividades, incluindo usos potáveis e não potáveis, como descarga de bacias sanitárias e irrigação.

Define-se águas cinza como aquelas provenientes de chuveiros, pias de banheiro, banheiras, lavanderias, máquinas de lavar roupas, lava-louças e pias de cozinha. Tem sido mais comum excluir as águas provenientes de pias de cozinha e de lava-louças das águas cinza utilizadas em edificações.

Reconhecer as águas cinza como uma fonte secundária relevante de água e nutrientes representa uma importante forma de manejo sustentável dos recursos hídricos. Nas últimas duas décadas, muitos estudos analisaram os benefícios ambientais, econômicos e energéticos do aproveitamento das águas cinza tratadas. A literatura existente sobre a análise do ciclo de vida para tratamento de águas cinza confirma os benefícios ambientais dessa prática (Boano *et al.*, 2020).

As características das águas cinza variam de acordo com sua origem, sendo recomendada a utilização prioritária daquelas com menor teor de contaminantes. Considerando águas cinza provenientes de mesma fonte, sua utilização na irrigação de culturas é mais arriscada que seu uso em descarga de vasos sanitários, além da adição das águas provenientes da cozinha aumentarem este risco, principalmente na irrigação (Shi *et al.*, 2018).

A composição das águas cinza é variável e, em grande parte, é um reflexo do estilo de vida e do tipo e escolha dos produtos químicos usados na lavanderia, limpeza e banho. Geralmente, a água cinza contém altas concentrações de materiais orgânicos facilmente biodegradáveis e alguns componentes básicos que são gerados, em grande parte, a partir de domicílios (Orteng-Peprah *et al.*, 2018).

Em nível internacional existem inúmeras legislações que visam determinar padrões de qualidade para as águas de reúso, a depender do uso previsto. Conforme De Gisi *et al.* (2016), com base nos padrões exigidos na Alemanha, China, Estados Unidos, Japão e Austrália, destacam-se parâmetros como pH, sólidos em suspensão totais (SST), DBO, turbidez e coliformes fecais no estabelecimento de diretrizes de utilização de águas cinza, sem deixar de considerar eventuais limites para outros parâmetros, como amônia, fósforo, nitrogênio e cloro residual. De acordo com esses autores, o uso na descarga de sanitários é uma das aplicações mais comuns de aproveitamento de águas cinza, por meio da qual a demanda doméstica interior de água pode diminuir em mais de 20%.

Nos Estados Unidos, em alguns estados tem sido obrigatória a instalação de tubulações para águas cinza destinadas à irrigação de áreas verdes. No Arizona, é exigido que novas construções residenciais instalem rede coletoras de águas cinza. Na Califórnia, apenas complexos multifamiliares e empresas são obrigados a instalar sistemas para uso de águas cinza na irrigação de jardins (Munoz, 2016).

O Serviço de Água de Irvine Ranch, no estado da Califórnia, começou a implementar o sistema de águas cinza em 1963. O serviço se expandiu ao longo do tempo, para atender a irrigação paisagística, processos industriais e descarga de sanitários em edifícios comerciais, transportando cerca de 89 milhões de litros de águas cinza para mais de 4000 clientes (IRWD, 2016).

Pequim anunciou, em 2001, que comunidades recém construídas e centralizadas que atendessem a determinados requisitos, tais como área superior a 50000 m², deviam construir instalações de águas de reúso em paralelo à distribuição de água potável, porém não mais de 20% das instalações são usadas com sucesso devido à falta de competitividade com o preço da água potável, por sua baixa qualidade e/ou pelo fraco sistema de supervisão (Zhu *et al.*, 2018).

Segundo Gonçalves *et al.* (2019), a prática do reúso de água cinza é mais difundida no Brasil sobretudo nas regiões mais ricas do país onde há escassez hídrica. Bazzarella (2005) monitorou um sistema de tratamento de águas cinza em um prédio da Universidade Federal do Espírito Santo. O prédio conta com seis banheiros, dois chuveiros e dois mictórios. As águas cinza (provenientes de chuveiros e lavatórios) são direcionadas para uma estação de tratamento de águas cinza com as seguintes unidades: reator anaeróbico compartimentado, filtro aerado

submerso, filtro terciário e desinfecção à base de cloro. O tratamento adotado apresentou alta eficiência na remoção de turbidez, cor, DBO₅, DQO e *E. coli*, e foi compatível com diversos padrões estabelecidos para utilização não potável. Nessa edificação, a água cinza tratada é utilizada nas descargas de vasos sanitários.

Em outro estudo, Valentina (2009) determinou a produção e as características físico-químicas e biológicas das águas cinza geradas em um edifício residencial de alto padrão e avaliou o desempenho de um método de tratamento compacto desses esgotos utilizado no prédio, composto de tratamento anaeróbico-aeróbico combinado, seguido de filtração terciária e desinfecção com cloro. As águas cinza eram provenientes de chuveiros, pias, máquinas de lavar e tanques de lavagem. Após o tratamento, as águas cinza foram usadas para descarga de banheiro, lavagem do chão e irrigação do jardim. O tratamento utilizado teve alta eficiência na remoção de turbidez, cor, DBO₅, DQO e *E. coli*, e apresentou várias características consistentes com padrões estabelecidos para utilização para uso em descarga sanitárias. A produção de águas cinza foi, em média, de 13660 L dia⁻¹, enquanto o consumo da água de reúso foi de 4327 L dia⁻¹. O maior consumidor da água de reúso no prédio foram as descargas sanitárias, representando 83% do consumo.

Outro exemplo do uso de água cinza ocorre no centro de treinamento conhecido como Universidade Petrobras, situado no Centro do Rio de Janeiro, o qual possui cerca de 51500 m². Essa edificação conta com dois sistemas hidráulicos prediais independentes - um para a água de reúso (águas cinza tratadas) e outro para a água potável. Juntamente com a água de chuva e de condensação do sistema de ar-condicionado a água de reúso é destinada a vasos sanitários e irrigação dos jardins, possibilitando a diminuição de até 40% do consumo diário de água (Gimentes, 2017).

No Hotel Confort Inn, situado em Macaé, no estado do Rio de Janeiro, foi implantado um sistema de aproveitamento de águas cinza. O consumo médio mensal de água potável no hotel, que se situava, tradicionalmente, em torno de um valor de 1515 m³ mês⁻¹, foi reduzido, após a implantação do sistema de reúso, para 1017m³ mês⁻¹ (29% de economia de água). Antes da implantação do sistema de uso de águas cinza, o indicador específico de consumo foi calculado em 395 litros por apartamento por dia e, com o reúso instalado, esse valor foi reduzido a 265 litros por apartamento por dia. O custo de implantação do sistema de reúso correspondeu a 0.34% do valor investido na construção do hotel. Com a economia gerada no consumo de água, o investimento no sistema de reúso teve previsão de amortização calculado para 50 meses (Gonçalves *et al.*, 2010).

Campos e Cohim (2021) estudaram o desempenho ambiental de um sistema de reúso de água cinza em uma residência de interesse social no Brasil, tendo como ferramenta a análise de ciclo de vida. Os autores concluíram que, para cada 4.2 casas com o sistema de reúso de água cinza, o volume de água economizado seria suficiente para abastecer mais uma residência semelhante.

Este trabalho teve como objetivo discutir o uso de águas cinza no Brasil, fazendo-se uma revisão da legislação sobre reúso de água, com ênfase para os aspectos qualitativos das águas cinza. São discutidos os aspectos legais da utilização de águas cinza no Brasil, destacando-se a legislação de alguns estados do país, uma vez que não há uma regulamentação em nível nacional que estabeleça os padrões de qualidade para reúso de água. Como estudo de caso, determinou-se a composição das águas cinza brutas e tratadas de uma edificação domiciliar, concluindo-se que as águas cinza tratadas podem ser usadas para fins menos restritivos.

Metodologia

Na introdução do trabalho foram destacados os diversos aspectos do reúso de água, ressaltando-se o aproveitamento de águas cinzas em edificações e citando-se exemplos de sua utilização no Brasil. Em seguida, efetuou-se uma revisão da legislação brasileira sobre reúso de água, com ênfase para os aspectos qualitativos das águas cinza.

Como estudo de caso sobre a qualidade das águas cinzas, desenvolveu-se pesquisa em um empreendimento residencial situado em Fortaleza, Ceará, Brasil, composto por duas torres de 22 andares, com dois ou três apartamentos por andar, e área privativa entre 115.18 e 133.53 m² por apartamento. O empreendimento conta com um sistema de tratamento de águas cinza captando as águas provenientes dos chuveiros e lavatórios e reutilizando-as, exclusivamente, nas bacias sanitárias e na rega dos jardins. No período da pesquisa, estimou-se uma média de 224 pessoas para as duas torres. O conjunto residencial possui uma área verde de aproximadamente 4400.00 m², regada exclusivamente com o efluente tratado.

O empreendimento possui tubulações específicas para as águas de reúso, sem o risco de haver cruzamento com a rede de abastecimento de água potável, e dispõe de reservatórios independentes para as águas cinza. A estação de tratamento, localizada no subsolo do empreendimento, possui dois reservatórios inferiores: um para acúmulo de águas cinza bruta (R4), provenientes dos apartamentos; e o outro para acúmulo de águas cinza tratadas (R3) que, em tempos programados, são encaminhadas por bombas de recalque até os reservatórios superiores (R1 e R2), que distribuem as águas para os aparelhos sanitários das duas torres de apartamentos. Outra forma de utilização das águas cinza é a rega dos jardins, realizada por bomba submersa diretamente instalada no reservatório inferior (R3) e acionada de forma programada. A distribuição das águas cinza está indicada na Figura 1.

A Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) tem capacidade para 5000 litros por hora, tendo sido fabricada pela empresa Alfamec Soluções Ambientais (Alfamec, 2017). A ETAC ocupa uma área de aproximadamente 17.80 m² e tem funcionamento semelhante ao tratamento convencional de água: coagulação, floculação, decantador laminar, filtro de dupla camada (antracito e areia) e desinfecção com cloro, realizada diretamente na tubulação entre a ETAC e o reservatório R3.

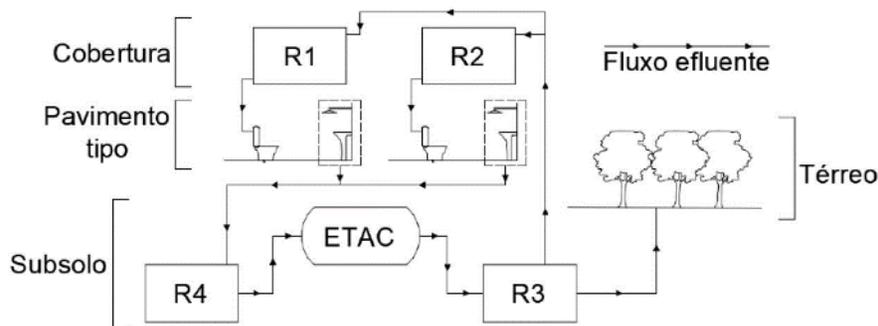


Figura 1. Distribuição das águas cinza tratadas na edificação.

Legenda: R1 e R2 – reservatórios superiores de águas cinza, um para cada torre de apartamentos; R3 – reservatório de águas cinza tratadas; R4 – reservatório de águas cinzas brutas; ETAC – estação de tratamento de águas cinzas.

Ao se considerar o uso de águas cinza, a primeira etapa deve ser a sua caracterização física, química e biológica. Em geral, os aspectos a analisar são semelhantes aos utilizados na caracterização do esgoto doméstico – pH, temperatura, cor, turbidez, sólidos dissolvidos (SD), sólidos suspensos totais (SST), DBO, nitrogênio, fósforo e patógenos. Outros parâmetros podem ser exigidos, dependendo das condições locais (Vuppaladadiyam *et al.*, 2019).

Para a caracterização qualitativa das águas cinza, foram coletadas e analisadas separadamente amostras na entrada e saída da estação de tratamento, uma vez por semana, durante os meses de julho de 2019 a setembro de 2019.

A coleta, realizada em recipientes plásticos de 5 litros, se deu na altura das tubulações de sucção (reservatório R4) e recalque (reservatório R3), de forma a melhorar a representatividade das amostras. Ensaios feitos no local, como pH, temperatura e condutividade elétrica, tiveram leituras efetuadas imediatamente após a coleta, inserindo parte da amostra em béqueres de 250 mL e realizando análises com a sonda multiparâmetros.

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório, onde foram realizadas as análises físico-químicas e biológicas, seguindo os procedimentos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 19ª Edição (APHA, 1995). Foram determinados os seguintes parâmetros: físicos – temperatura, condutividade elétrica, cor, turbidez, sólidos sedimentáveis (SS), sólidos suspensos totais (SST) e teor de óleos e graxas (TOG); químicos – pH, DQO total (DQO_t), DQO filtrada (DQO_f), nitrogênio amoniacal (N-NH₃), ortofosfato solúvel (OP), cloretos e sulfato; microbiológicos - Coliformes Termotolerantes (CTT) e *Escherichia coli*.

De posse das caracterizações dos esgotos bruto e tratado, foram determinados os percentuais de variação de todos os parâmetros analisados. Com isso, obteve-se a eficiência do sistema de tratamento na remoção de diversos compostos.

Resultados e discussão

Aspectos legais da utilização de águas cinza no Brasil

O Brasil não conta com uma legislação que estabeleça os procedimentos e padrões de qualidade para o reúso de água.

No nível nacional destacam-se duas resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH):

- Resolução nº 54/ 2005 – CNRH: estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.
- Resolução nº 121/2010 – CNRH: estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54/2005.

No entanto, essas duas resoluções são genéricas e não detalham os procedimentos para a adoção da prática de reúso.

O Ministério das Cidades e o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura elaboraram, em 2018, o trabalho “Elaboração de proposta do plano de ação para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil”, conhecido como Programa de Desenvolvimento do Setor de Águas - INTERÁGUAS. O Produto III – Critério de Qualidade da Água (MCID / IICA, 2018) contém propostas de padrões de qualidade para a água de reúso no país. É importante destacar que referido documento consta apenas de propostas de padrões para reúso, não tendo, até o momento, sido transformado em um dispositivo legal.

Alguns estados brasileiros editaram suas próprias normas disciplinando o reúso não potável de água, definindo procedimentos e padrões de qualidade para diversas modalidades. No estado do Ceará, a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente nº 02/2017 (Ceará, 2017) estabelece padrões para reúso de água em quatro tipos de uso: urbanos; agrícolas e florestais; ambientais; aquicultura.

A Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01, de 13 de fevereiro de 2020 (São Paulo, 2020) disciplina somente o reúso direto não potável de água proveniente de estações de tratamento de esgoto para fins urbanos: irrigação paisagística, lavagem de logradouros, construção civil, lavagem de veículos, desobstrução de galerias de águas pluviais e rede de esgotos, além do combate a incêndios.

A resolução CONSEMA nº 419 de 13/02/2020 “estabelece critérios e procedimentos para a utilização não potável de água de reúso proveniente de efluentes líquidos tratados de origem industrial ou sanitário, para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais, no Estado do Rio Grande do Sul”.

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa CERH-MG Nº 65, DE 18/06/20, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, “estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados”.

Em 2019, a Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) editou a Norma ABNT NBR 16783:2019, tratando do “uso de fontes alternativas de água não potável em edificações”, a qual contém diretrizes para caracterização, projeto, uso, operação e manutenção de sistemas alternativos de água não potável em edificações.

Como fontes alternativas de águas não potáveis, a NBR 16783/2019 considera: água de chuva; água pluvial; água de rebaixamento de lençol; águas cinza claras; águas cinza escuras; água gerada de sistema de refrigeração, sistema de vapor e condensado, sistema de destilação e outros equipamentos; águas negras e esgoto sanitário.

Os seguintes usos foram contemplados na NBR 16783/2019: descarga em bacias sanitárias e mictórios; lavagem de logradouros, pátios, garagens e áreas externas; lavagem de veículos; irrigação para fins paisagísticos; uso ornamental; sistemas de resfriamento (torres de resfriamento); arrefecimento de telhados.

Os parâmetros de qualidade para uso da água não potável estabelecidos pela NBR 16783:2019 constam da Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de qualidade para uso da água não potável estabelecidos pela NBR 16783:2019. Brasil.

Parâmetro	Limite
pH	6.0 a 9.0
<i>E. coli</i>	≤ 200 NMP/100mL
Turbidez	≤ 5 uT
DBO _{5,20}	≤ 20 mg O ₂ /L
CRL (Cloro residual livre)	0.5 a 5.0 mg/L (máximo recomendado de 2.0 mg/L)
Sólidos Dissolvidos Totais	≤ 2.0x10 ³ mg/L
ou	ou
Condutividade Elétrica ¹	≤ 3.2x10 ³ mg/L
Carbono Orgânico Total ²	< 4 mg C/L

¹Os valores de condutividade apresentam correlação com os sólidos dissolvidos totais.

²Somente para água de rebaixamento de lençol.

Além da norma técnica da ABNT referida, observa-se que não há uma legislação federal específica para utilização de águas cinza em edificações, podendo-se inferir que alguns valores estabelecidos para usos urbanos possam ser considerados.

Algumas normas são muito rigorosas com relação aos coliformes termotolerantes, quando se referem ao uso irrestrito de águas cinza, exigindo a sua não detecção. A aceitabilidade de valores mais altos para coliformes termotolerantes (menor que 1000 UFC 100 mL⁻¹) é observada em pesquisas bibliográficas realizadas por Bazzarella (2005) e Oliveira (2015), nas quais se concluiu que a utilização de águas de reúso no selo hídrico de bacias sanitárias possui teores de contaminantes semelhantes aos selos hídricos com água potável.

Bastos e Bevilacqua (2006), em trabalho realizado no Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Prosab), relacionaram o risco potencial e real de infecções que possa vir a causar efeitos adversos à saúde. Esgotos sanitários possuem um risco potencial de infecção dos usuários, sem, entretanto, ser considerado um risco real, devido a uma série de fatores relativos ao agente, ao nível de exposição, além da população exposta. Os autores afirmam que para um organismo patogênico presente em um efluente chegar a provocar doença, o mesmo teria que: resistir aos processos de tratamento; sobreviver no ambiente em número suficiente; a infecção resultar em doença ou transmissão posterior. Esses autores propõem os seguintes valores para coliformes termotolerantes - usos irrestritos: ≤ 200 UFC 100 mL⁻¹; usos restritos: $\leq 10^4$ UFC 100 mL⁻¹; descarga de toaletes: $\leq 10^3$ UFC 100 mL⁻¹. Para ovos de helmintos, os autores propõem valores ≤ 1 ovo L⁻¹.

Apesar da qualidade microbiológica das águas de reúso ser necessária para assegurar a saúde da população, a adoção de padrões muito rigorosos pode dificultar a prática de reúso de água, devido, principalmente, aos elevados custos de tratamento a serem empregados (Morais; Santos, 2019).

Com base na legislação federal (NBR – 16783) e estadual vigentes, e considerando recomendações existentes na bibliografia, bem como levando em conta a experiência dos autores, apresenta-se, na Tabela 2, uma proposta de padrões para os parâmetros físicos, químicos e biológicos a serem adotados para o uso de águas cinza no Brasil, considerando as condições mais e menos restritivas. A título de comparação, na Tabela 2 constam os limites exigidos pela NBR 16783:2019.

Ressalte-se a importância de se incluir os coliformes termotolerantes nos padrões para utilização de águas cinza, uma vez que os mesmos são indicadores da presença de microrganismos patogênicos no esgoto, os quais podem causar danos à saúde da população.

Tabela 2. Propostas de padrões para utilização de águas cinza no Brasil.

Parâmetro	Unidade	Valor de referência		ABNT NBR 16783 (2019)
		+ restritivos ¹	- restritivos ²	
Turbidez	UNT	≤ 2.0	≤ 5.0	≤ 5.0
Cor	UC	≤ 15.0	≤ 15.0	-
pH	-	6.0 a 8.5	5.0 a 9.0	6.0 a 9.0
Coliformes termotolerantes (CTT)	UFC 100 mL ⁻¹	≤ 200	≤ 1000	≤ 200
DBO	mg L ⁻¹	≤ 10	≤ 30	≤ 20
Sólidos suspensos totais (SST)	mg L ⁻¹	≤ 1.0	≤ 10.0	-
Ovos de helmintos	ovo L ⁻¹	≤ 1.0	≤ 1.0	-
Temperatura (T)	°C	≤ 40	≤ 40	-
Condutividade elétrica (CE)	μS cm ⁻¹	≤ 700	≤ 3000	≤ 3200
Nitrogênio amoniacal (N-NH ₃)	mg L ⁻¹	≤ 10	-	-
Óleos e graxas (TOG)	mg L ⁻¹	≤ 20	-	-
Cloro residual livre	mg L ⁻¹	0.5 a 1.0	0.5 a 2.0	0.5 a 2.0 ³
Carbono orgânico total	mg L ⁻¹	-	-	< 4

¹ Usos mais restritivos: irrigação de gramados e jardins ornamentais com os quais o público tenha ou possa vir a ter contato direto; lavagem de pisos; lavagem de veículos (exceto lavagem interna).

² Usos menos restritivos: descarga em vasos sanitários e usos em que as pessoas não tenham contato direto com a água (exemplo, irrigação de jardins ornamentais, com os quais as pessoas não tenham contato).

³ O limite superior normativo é de 5.0 mg L⁻¹, sendo recomendável valores inferiores a 2.0 mg L⁻¹.

Os autores entendem que a adoção de padrões de qualidade distintos, a depender dos usos previstos, é importante, já que permite a adoção de sistemas de tratamento de menor complexidade para os usos menos restritivos, reduzindo os custos do sistema.

Estudo de caso: caracterização das águas cinza de uma edificação

Os valores determinados para as características das águas cinza do empreendimento onde se realizou o trabalho, antes de serem tratadas, constam da Tabela 3.

Com uma temperatura média de 27.2 °C e baixo coeficiente de variação (CV de 2.91 %), o parâmetro está dentro da faixa pesquisada por Eriksson *et al.* (2002), que encontraram temperaturas variando entre 18 e 38 °C.

Parâmetros que podem gerar recusa da população quanto ao aspecto das águas cinza, como a cor (41.2 UC) e a turbidez (15.8 UNT), estão acima dos limites recomendados para os padrões de potabilidade de água, na Portaria GM/MS nº888/2021, do Ministério da Saúde, sendo requerido o tratamento para a redução de seus valores a níveis aceitáveis. Ambos são bastante variáveis entre as amostras, com coeficientes de variação superiores a 100 %. Estes resultados discrepantes são corroborados por Bazzarella (2005) e Eriksson *et al.* (2002), que determinaram desvio padrão elevado e discrepante entre diferentes fontes de efluentes.

Tabela 3. Características das águas cinza antes do tratamento.

Parâmetro	Unidade	n	Média	DV	CV (%)	Mín.	Máx.
Temperatura	°C	6	27.2	0.8	2.9	25.5	27.8
CE	$\mu\text{S cm}^{-1}$	7	773	94	12.2	577	874
Cor	UC	5	41.2	20.8	161.7	15.9	68.5
Turbidez	UNT	6	15.8	16.1	101.7	2.4	38.3
SS	mg L^{-1}	6	< 0.10	0.0	-	< 0.1	1.5
SST	mg L^{-1}	6	223	62	27.8	120	284
ST	mg L^{-1}	6	511	17	3.2	488	526
TOG	mg L^{-1}	7	2.9	2.1	74.1	0.0	5.5
pH	-	7	6.63	0.37	5.6	6.17	7.39
DQO	mg L^{-1}	6	101	71	70.4	25	207
DQO _f	mg L^{-1}	6	40	8	19.5	28	50
N-NH ₃	mg L^{-1}	6	5.32	1.74	32.6	3.32	8.87
Ortofosfato	mg L^{-1}	7	5.10	8.34	163.2	0.01	21.64
Cloretos	mg L^{-1}	7	10837.6	17704.5	163.4	8.4	51689.9
Sulfato	mg L^{-1}	7	49.0	27.9	26.8	25.2	97.0
CTT	(*)	7	5.16	0.61	11.9	4.00	5.95
<i>E. coli</i>	(*)	7	ND	0.00	-	ND	10 ⁴

Legenda: n – número de amostras; CE - Condutividade elétrica; SS - Sólidos sedimentáveis; SST - Sólidos suspensos totais; ST - Sólidos totais; TOG - Teor de óleos e graxas; DV – Desvio padrão amostral; CV – Coeficiente de variação; CTT – Coliformes Termotolerantes; ND – não detectado; (*) Parâmetros em unidade logarítmica (\log_{10} UFC 100 mL⁻¹).

Uma condutividade elétrica média de 773 $\mu\text{S cm}^{-1}$ pode indicar uma baixa concentração de sais. Entretanto, é uma concentração que requer atenção. Deve-se tomar cuidados com a CE, visto que a salinidade elevada pode causar danos ao solo e à vegetação.

Os teores de sólidos sedimentáveis são baixos, com máximo de 1.5 mL L⁻¹ no ensaio do cone de Imhoff e média inferior à graduação do cone. Já os sólidos suspensos e totais possuem valores ligeiramente inferiores aos obtidos por Friedler (2004), de 320 mg L⁻¹.

Os baixos teores de óleos e graxas podem ser atribuídos ao tempo de reservação no reservatório, favorecendo à sua flutuação e, assim, seu não encaminhamento à Estação de Tratamento de Águas Cinza. Como a coleta se deu sempre no nível da tubulação de recalque, é provável que o efluente mais superficial possua valores compatíveis com os obtidos por Bazzarella (2005).

O pH médio determinado é ligeiramente ácido (6.63) e possui baixo coeficiente de variação. Este valor de pH está dentro dos obtidos por Eriksson *et. al.* (2002) – entre 5.0 e 8.7. O pH das águas cinza depende do pH da água potável fornecida, cuja recomendação do Ministério da Saúde é manter um pH entre 6.0 e 9.5 em todo o sistema de distribuição.

Com a ausência das contribuições dos vasos sanitários, foram obtidos valores de DQO para as águas cinza entre 70 e 85 % inferiores aos encontrados em esgotos domésticos brutos, que variam entre 360 e 600 mg L⁻¹ (Von Sperling, 2005).

Friedler *et al.* (2006) caracterizaram as águas cinza quanto à DBO e DQO, total e filtrada. Os autores obtiveram valores de 69 mg L⁻¹ (33) e 36 mg L⁻¹ (20) para DBO total e filtrada, respectivamente, e de 211 mg L⁻¹ (141) e 108 mg L⁻¹ (47) para DQO total e filtrada, respectivamente. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão amostral determinado pelos autores. Conforme Gross *et al.* (2015), a variação de matéria orgânica pode chegar a centenas de miligramas por litro.

Ao realizar ensaios de DQO total e filtrada é possível estimar a presença de matéria orgânica dissolvida, de fácil degradação e a parcela de menor biodegradabilidade. A QDO_f da pesquisa correspondeu a aproximadamente 40 % da DQO total, mostrando que o remanescente se refere à matéria orgânica na forma dissolvida.

As concentrações de nitrogênio em águas cinza são bem inferiores às encontradas no esgoto bruto (Gross *et al.*, 2015). É provável que a maior parte do nitrogênio presente nas águas cinza analisadas seja proveniente da concentração de urina. Os hábitos locais e a consciência ambiental da população são os responsáveis por uma maior ou menor concentração desse poluente.

Os valores para nitrogênio amoniacal obtidos se aproximam dos determinados por Friedler (2004), com média de 5.32 mg L⁻¹ e máximo de 8.87 mg L⁻¹. Valores elevados de cloretos se devem à condição de funcionamento da ETAC, cuja operação é paralisada nos fins de semana, elevando o tempo de reservação a valores superiores a 48 horas. Devido à reservação prolongada, há um desconforto devido ao cheiro forte causado pela decomposição anaeróbia. Para evitar o desconforto, os operadores do sistema lançam volumes elevados de cloro líquido dentro do reservatório (R4), elevando os níveis de cloreto. Ressalta-se que essa ação também gera desconforto com o forte cheiro das reações geradas.

Os compostos de enxofre, relevantes no gerenciamento dos sistemas de tratamento, podem ser divididos em sulfatos e sulfetos. O sulfato tem origem inicial na água de abastecimento – maior dureza, maior concentração de sulfato. Sua concentração é elevada pela adição de sulfato de alumínio para tratamento das águas cinza. A concentração média de sulfato observada neste estudo foi de 49.0 mg L⁻¹ e desvio padrão de 27.9 mg L⁻¹. Estes valores podem sofrer redução devido à conversão do sulfato em sulfeto. Em ambientes com pH inferior a 7.0 há conversão do sulfato em sulfeto na forma de H₂S, cujo odor é característico. De forma a evitar essa conversão, pode-se controlar o pH, garantindo-se ambiente com pH mais básico (Souza *et al.*, 2019). Outra maneira, é reduzir o tempo de reservação, de forma a evitar as condições de anaerobiose no reservatório.

Por mais que não recebam contribuições das bacias sanitárias, verifica-se a presença de patógenos em águas cinza, possivelmente provenientes das fezes expelidas durante os procedimentos de higiene corporal, limpeza das mãos após uso do banheiro, além da lavagem de roupas e manipulação de alimentos (Oliveira, 2015). Vuppaladadiyam *et al.* (2019) apresentaram valores médios para coliformes fecais em águas cinza de 6 unidades logarítmicas, mesma ordem de grandeza atribuída à *E. coli*. Não muito diferente foram os resultados desta pesquisa para coliformes termotolerantes, 5.16 unidades e coeficiente de variação de 11.9 %.

Os parâmetros determinados para as águas cinza, após serem tratadas na ETAC, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Características das águas cinza tratadas.

Parâmetro	Unidade	n	Características				
			Média	DV	CV (%)	Mín.	Máx.
T	°C	7	27.5	0.6	2.3	26.4	28.2
CE	µS cm ⁻¹	7	711	81	11.4	613	805
Cor	UC	6	14.7	5.5	37.7	11.7	25.8
Turbidez	UNT	7	2.0	1.7	82.5	1.1	5.7
SS	mg L ⁻¹	7	< 0,1	-	-	-	-
SST	mg L ⁻¹	6	56	48	85.0	8	142
ST	mg L ⁻¹	6	162	227	140.7	16	606
TOG	mg L ⁻¹	7	1.4	1.4	103.3	0.0	3.6
pH	-	7	6.51	0.20	3.0	6.16	6.8
DQO	mg L ⁻¹	7	39	13	33.5	24	61
DQOf	mg L ⁻¹	7	52	14	26.0	40	76
N-NH ₃	mg L ⁻¹	7	1.16	1.25	107.5	0.1	3.88
Ortofosfato	mg L-1	7	0.10	0.18	173.6	ND	0.45
Cloretos	mg L-1	7	2712.8	2211.8	81.5	171.0	5814.1
Sulfato	mg L-1	7	48.4	27.2	56.2	23.9	98.1
CTT	Log(UFC 100 mL-1)	7	1.10	0.91	83.0	ND	2.18
E. Coli	Log(UFC 100 mL-1)	7	ND	-	-	-	-

Legenda: n – número de amostras; T – Temperatura; CE – Condutividade elétrica; SS – Sólidos sedimentáveis; SST – Sólidos suspensos totais; ST – Sólidos totais; TOG – Teor de óleos e graxas; DQO – Demanda química de oxigênio; DQOf – Demanda química de oxigênio, amostra filtrada; N-NH₃ – Nitrogênio amoniacal; ND – Não detectado; n – Número de amostras; DV – Desvio padrão amostral; CV – Coeficiente de variação.

É possível observar que ocorreram reduções nas concentrações da maioria dos parâmetros testados, conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios para águas cinza bruta e tratada, com suas respectivas variações pós tratamento.

Parâmetro	Unidade	Esgoto bruto	Esgoto tratado	Variação	
				Numérica	Percentual
T	°C	27.2	27.5	+0.28	1.0%
CE	μS cm ⁻¹	773	711	-62	-8.0%
Cor	UC	41.2	14.7	-26.5	-64.3%
Turbidez	UNT	15.8	2.0	-13.8	-87.3%
SS	mg L ⁻¹	< 0.10	< 0.10	0,0	0,00
SST	mg L ⁻¹	223	56	-167	-74.9%
ST	mg L ⁻¹	511	162	-350	-68.4%
TOG	mg L ⁻¹	2.9	1.4	-1.5	-51.8%
pH	-	6.63	6.51	-0.12	-1.8%
DQO	mg L ⁻¹	101	39	-62	-61.3%
DQO _f	mg L ⁻¹	40	52	+12	30.5%
N-NH ₃	mg L ⁻¹	5.32	1.16	-4.16	-78.2%
Ortofosfato	mg L ⁻¹	5.10	0.1	-5.00	-98.0%
Cloretos ¹	mg L ⁻¹	10837.6	2712.8	8124.7	-75.0%
Sulfato	mg L ⁻¹	49	48.4	-0.6	-1.4%
CTT	(1)	5.16	1.1	-4.06	-78.7%
<i>E. Coli</i>	(1)	ND	ND	0.00	0.00

(1) Unidade de medida: Log (UFC 100 mL⁻¹).

¹ Valores elevados no efluente bruto provenientes da adição de cloro no reservatório inicial como alternativa ao mau cheiro gerado devido ao tempo elevado de reservação.

Legenda: T – Temperatura; CE – Condutividade elétrica; SS – Sólidos sedimentáveis; SST – Sólidos suspensos totais; ST – Sólidos totais; TOG – Teor de óleos e graxas; DQO – Demanda química de oxigênio; DQO_f – Demanda química de oxigênio, amostra filtrada; N-NH₃ – Nitrogênio amoniacal; CTT – Coliformes termotolerantes, em NMP 100 mL⁻¹; ND – Não detectado.

Elevadas reduções percentuais foram observadas nos parâmetros físicos, como a turbidez, reduzida em quase 90 %, e a cor, com -64.31 % após o tratamento. Observaram-se, também, significativas reduções nos parâmetros Sólidos Suspensos Totais (-74.9%), Sólidos Totais (-68.4%) e Demanda Química de Oxigênio (-61.3%)

Conclusões

O uso de águas cinza em edificações é viável, como demonstram diversos trabalhos nacionais e internacionais. Em várias locais do mundo, inclusive no Brasil, já existem sistemas implantados para o uso de águas cinza, com instalações independentes das de água potável.

O aproveitamento desse tipo de esgoto deve ser incentivado no Brasil, como uma medida visando à redução do consumo de água potável em edificações. Os usos mais indicados para utilização das águas cinza em edificações são a irrigação de jardins, descarga em aparelhos sanitários e lavagem de pisos e de veículos. As águas cinza podem ter usos mais e menos restritivos.

A caracterização das águas cinza do condomínio residencial onde se desenvolveu o trabalho indicou que o efluente da estação de tratamento pode ser usado para fins menos restritivos, quanto às características físicas, químicas e biológicas.

Além da norma técnica ABNT NBR 16783 (2019), não existe no Brasil uma legislação nacional que estabeleça padrões para reúso de água cinza. Apenas os estados do Ceará, São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul contam com legislação específica para fins semelhantes. Em São Paulo, foram definidos padrões para o uso urbano de esgoto doméstico tratado. No estado do Ceará, foram estabelecidos padrões para diversas modalidades de reúso. Os estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul estabeleceram padrões de qualidade para reúso de efluentes de estações de tratamento de esgoto em atividades agrícolas, usos urbanos, ambientais e industriais. Em nenhum dos estados foram definidos padrões específicos para a utilização de águas cinza em edificações.

Neste trabalho, foram propostos diversos padrões para uso de águas cinza tratadas, os quais podem servir de base para uma legislação nacional.

É importante destacar que, mesmo obtendo-se bons resultados para o reúso de águas cinza para fins menos restritivos, é recomendável, em estudos futuros, a utilização da Avaliação de Riscos Microbiológicos (ARM). A ARM consiste numa etapa da análise de risco, a qual possibilita uma investigação mais adequada quanto ao nível de exposição, assim como quanto às barreiras necessárias, incluindo o tipo de tratamento a ser adotado para o esgoto, de forma a garantir a segurança da saúde dos usuários.

Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019) ABNT NBR 16783: uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT.
- ALFAMEC, Alfamec Soluções Ambientais (2017) *Catálogo de Produtos: Soluções em Tratamento e Reúso de Água e Esgoto, 2017*. Acesso em: 5 de abril de 2021. Disponível em: <http://alfamec.com.br/produtos/tratamento-de-esgoto-sanitario/sistema-de-reuso-para-ete>
- APHA, American Public Health Association; AWWA, American Water Works Association; WPCF, Water Pollution Control Federation; WEF, Water Environment Federation (1995) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21ª ed. Washington, DC.
- Bastos, R. K.X., Bevilacqua, P.D. (2006) Normas e Critérios de Qualidade para Reúso da Água. In: Florencio, L, Aisse, M.M., Bastos R. K. X., organizadores. *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro: ABES, 41-85.
- Bazzarella, B.B. (2005) *Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações*. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, 2005.
- Boano, F., Caruso, A., Costamagna, E., Ridolfi, L., Fiore, S., Demichelis, F., Galvão, A., Piscoiro, J., Rizzo, A., Mais, F. (2020) A review of nature-based solutions for greywater treatment: applications, hydraulic design, and environmental benefits. *Science of The Total Environment*, **711**, 134. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731>

- Campos, R.M., Cohim, E.B. (2021) Desempenho ambiental de sistema de reúso de água cinza em residência de interesse social. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, **14**(1), 122-134. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.1.69984>
- Ceará (2017) Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução nº 02, de 21 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Fortaleza (CE), 2017.
- De Gisi, S., Casella, P., Notarnicola, M., Farina, R. (2016). Grey water in buildings: a mini-review of guidelines, technologies and case studies. *Civil Engineering and Environmental Systems*, **33**(1), 35–54. <https://doi.org/10.1080/10286608.2015.1124868>
- Dingemans, M.M.L., Smeets, P.W.M.H., Medema, G.F.J., Raat, K.J., Vanwenzel, A., Bartholomeus, R.P. (2020) Responsible water reuse needs: an interdisciplinary approach to balance risks and benefits. *Waters*, **12**, 1-12. <https://doi.org/10.3390/w12051264>
- Domènech, L., March, H., Vallès, M., Saurí, D. (2015) Learning processes during regime shifts: Empirical evidence from the diffusion of greywater recycling in Spain. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, **15**, 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2014.01.001>
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., Ledin, A. (2002) Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, **4**(1), 85–104. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(01\)00064-4](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(01)00064-4)
- Friedler, E. (2004) Quality of individual domestic greywater streams and its implication for on-site treatment and reuse possibilities. *Environmental Technology*, **25**(9) 997–1008. <https://doi.org/10.1080/09593330.2004.9619393>
- Friedler, E., Lahav, O., Jizhaki, H., Lahav, T. (2006) Study of urban population attitudes towards various wastewater reuse options: Israel as a case study. *Journal of Environmental Management*, **81**(4), 360–370. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.11.013>
- Gimentes, J. C. (2017) *Captação e aproveitamento de água de chuva: um estudo experimental da qualidade de água de um telhado verde e de um telhado convencional*. Projeto de Graduação (Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ).
- Gonçalves, R.F., Keller, R.P., Franci, T.K. (2019). Análise comparativa das práticas de reúso de água cinza em edificações urbanas na Alemanha e no Brasil. *Revista DAE*, **67**(217) 75-89. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.024>
- Gonçalves, R.F., Simões, G.M. da S., Wamke, R. (2010) Reúso de águas cinza em edificações urbanas – estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ). *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, **3**(1), 120-131
- Gross, A., Maimon, A., Alfiya, Y., Friedler, E. (2015) *Greywater Reuse*. Boca Raton, FL:LLC.
- Guppy, L., Kelsey, A. (2017) *Water Crisis Report*. United Nations University Institute for Water / United Nations University. Hamilton, Canada.
- IRWD, Irvine Ranch Water District (2020) *Recycled water*. Acesso em: 19 de junho de 2020. Disponível em: <http://www.irwd.com/services/recycled-water>
- Juan, Y.K., Chen, Y., Lin, J.M. (2016) Greywater Reuse System Design and Economic Analysis for Residential Buildings in Taiwan. *Water*, **8**(11). <https://doi.org/10.3390/w8110546>
- Libânio, M. (2010). *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 3ª ed. Campinas: Átomo.
- Machado, T.T.V., Dias, J.T., Silva, T.C. (2017) Evolução e avaliação das políticas públicas para a atenuação dos efeitos da seca no semiárido brasileiro. *Gaia Scientia*, **11**(2), 84-103. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2017v11n2.31831>
- Mekonnen, M.M., Arjen, Y.H. (2016) Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, **2**(2), 1-15. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>
- MCID / IICA (2018) Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. *Produto III – Critérios de Qualidade da Água*. Brasília: Banco Mundial.
- Minas Gerais (2020) *Deliberação Normativa CERH-MG nº 65, de 18 de junho de 2020. Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de estações de tratamento de esgotos sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências*. Belo Horizonte.

- Morais, N.W.S., Santos, A.B. (2019) Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. *Revista DAE*, **67**(215), 40-75. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.004>
- Munoz, N.J. (2016) *What is the economic feasibility of implementing grey water infrastructure at the citywide level?* (Master' Dissertation). University of San Francisco, São Francisco (CA).
- Oliveira, L.O.V. (2015) *Características sensoriais e o risco microbiológico em águas cinza tratadas para reúso predial*. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória (ES), 2015.
- Orteng-Peprah, M., Acheampong, M.A., Devries, N.K. (2018) Greywater characteristics, treatment systems, reuse strategies and user perception - a review. *Water, Air, and Soil Pollution*, **229**(8) <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3909-8>
- Queiroz L.M., Ferreira, I.V.L., Sousa J.T., Oliveira-Esquerre, K.P., Barboza, M.G., Mendonça, N. M. (2019) Aspectos quantitativos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas. In.: Santos, A.B. (org.). *Caracterização, Tratamento e Gerenciamento de Subprodutos de Correntes de Esgotos Segregadas e Não Segregadas em Empreendimentos Habitacionais*. Fortaleza: Imprece.
- Ramos, A.V., Gonzalez, E.N.A., Echeverri, G.T., Moreno, L.S., Jiménez, L.D., Hernandez, S.C. (2019) Potential uses of treated municipal wastewater in a semiarid region of Mexico. *Sustainability*, **11**, 11-23. <https://doi.org/10.3390/su11082217>
- Rio Grande do Sul (2020) *Resolução CONSEMA Nº 419 de 13 de fevereiro de 2020. Estabelece critérios e procedimentos para a utilização de água de reúso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2020.
- Roccaro, P., Verlicchi, P. Wastewater and reuse. (2018). *Current Opinion in Environmental Science & Health*, **2**, 61–63. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.03.008>
- São Paulo. (2020) Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01, de 13 de fevereiro de 2020. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de estações de tratamento de esgoto sanitário e dá providências correlatas. São Paulo.
- Shi, K.W., Wang, C., Jiang, S.C. (2018) Quantitative microbial risk assessment of greywater on-site reuse. *Science of The Total Environment*, **635**, 1507–1519. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.197>
- Souza M.A.A., Santos, A.B., Wolff, D.B., Barboza, M.G., Morais, N.W.S., Bittencourt, S. (2019) Aspectos legais e normativos sobre o gerenciamento de água, lodo e emissões gasosas em sistemas descentralizados de coleta e tratamento de esgotos. In: Santos, A.B. (org.). *Caracterização, Tratamento e Gerenciamento de Subprodutos de Correntes de Esgotos Segregadas e Não Segregadas em Empreendimentos Habitacionais*. Fortaleza: Imprece.
- Valentina, R.S.D. (2009) *Gerenciamento da qualidade e da quantidade de água cinza em uma edificação residencial de alto padrão com vistas ao seu reúso não potável*. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, Espírito Santo, 2009.
- Von Sperling, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2. ed., Belo Horizonte: DESA/UFMG.
- Vuppaladadiyam, A.K., Merayo, N., Prinsen, P., Luque, R., Blanco, A., Zhao, M. (2019) A review on greywater reuse: quality, risks, barriers and global scenarios. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, **18**(1), 77–99. <https://doi.org/10.1007/s11157-018-9487-9>
- Yoonus, H., Al-Ghamdi, S.G. (2020) Environmental performance of building integrated grey water reuse systems based on Life-Cycle Assessment: A systematic and bibliographic analysis. *Science of The Total Environment*, **72** (April). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136535>
- Zhu, J., Wagner, M., Cornel, P., Chen, H., Dai, X. (2018) Feasibility of on-site grey-water reuse for toilet flushing in China. *Journal of Water Reuse and Desalination*, **8**(1), 1–13. <https://doi.org/10.2166/wrd.2016.086>