REVISTA CONEXÃO ELETRÔNICA

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA CINZA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

Vilson Pimentel de Calli[1]; Maria Clara Godinho Somer Avelino[2,5]; João Vitor Meneguetti Berti[3,5]; Malani Helena de Amaral[4,5]*

[1] Graduando em Engenharia Civil, Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS; [2] Mestre em Engenharia Ambiental – UNESP, Doutoranda em Geografia – UFMS, Engenheira Ambiental – FPTE; [3]Mestre em Engenharia Civil – UNESP, Engenheiro Civil – UNESP; [4] Esp. em Gestão de Produção e Logística Empresarial – UCAM, Engenheira Civil – FITL/AEMS; [5] Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS.

RESUMO
A substituição de água potável por fontes alternativas em atividades que dispensam potabilidade constitui uma possibilidade de conservação dos recursos hídricos nas edificações. Este artigo tem como objetivo discutir os aspectos técnicos, os sistemas de tratamento e as condições de aproveitamento de águas cinzas para fins não potáveis em edificações residenciais. O trabalho apresenta uma pesquisa bibliográfica e organiza a discussão em conceitos de reúso, sistemas isolados e integrados, custos de implantação e economia hídrica. A literatura reunida descreve soluções que incluem desvio para irrigação subsuperficial, tratamento com filtração e desinfecção, leitos cultivados, sistemas de aproveitamento no ambiente sanitário e estações compactas. A análise indica que a escolha do sistema depende da origem e das características do efluente, da finalidade de uso e das condições de operação e manutenção. Os valores econômicos apresentados nos estudos variam conforme a escala e as características das edificações, de modo que não permitem estabelecer um custo ou prazo de retorno universal. Algumas estimativas financeiras exigem conferência por apresentarem incompatibilidade entre investimento, economia mensal e retorno declarado. A segurança do aproveitamento depende da adequação do tratamento, da separação das instalações de água potável e não potável e do atendimento aos requisitos aplicáveis. A síntese aponta potencial de redução do consumo de água potável, condicionado à avaliação específica de cada projeto. A ausência de informações completas sobre os procedimentos de busca e seleção limita a caracterização metodológica da revisão e a abrangência de suas conclusões.

PALAVRAS-CHAVE: conservação hídrica; fontes alternativas; tratamento de efluentes; usos não potáveis; viabilidade econômica.

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água para abastecimento constitui uma preocupação para a gestão ambiental e para o planejamento das edificações. Baia e Ferreira (2019) e Aquino (2019) relacionam essa preocupação à necessidade de reduzir desperdícios e avaliar alternativas de aproveitamento. No âmbito residencial, a conservação da água envolve tanto a racionalização do consumo quanto a adequação da qualidade do recurso à atividade em que ele é empregado.

O texto-base atribui a Félix (2013) um consumo médio brasileiro de 152,1 litros por habitante por dia, valores superiores a 180 litros em determinadas regiões, participação de aproximadamente 90% para o abastecimento urbano e de até 50% para o consumo

residencial. A referência listada, entretanto, registra o ano de 2023, e as bases de comparação dos percentuais não estão explicitadas. Esses números precisam ser conferidos na fonte antes de serem utilizados como caracterização nacional do consumo, pois indicadores com universos distintos não são diretamente comparáveis.

A reutilização de águas residuárias em atividades não potáveis constitui uma das alternativas examinadas para reduzir a demanda por água do abastecimento convencional. Moura et al. (2020) são citados no manuscrito como fonte de uma redução média de consumo entre 30-40%. A aplicação dessa faixa a uma edificação específica depende, contudo, da proporção de usos substituíveis, do volume recuperado e das condições de tratamento e distribuição. O percentual representa uma estimativa vinculada ao contexto da fonte e não uma garantia de desempenho.

As águas cinzas correspondem, no recorte deste trabalho, aos efluentes domésticos gerados em atividades que não incluem a contribuição das bacias sanitárias. A separação na origem permite avaliar seu aproveitamento em atividades compatíveis com a qualidade obtida após o tratamento. A ausência de contribuição direta do vaso sanitário, entretanto, não equivale à ausência de contaminação ou à segurança automática do efluente.

Maccarini, Cauduro e Silva (2018) indicam que, em média, 30% do consumo residencial se destina a atividades não potáveis. Esse dado fundamenta a discussão sobre a substituição de água potável em descargas sanitárias, irrigação de jardins e limpeza de áreas externas. A literatura também menciona fontes ornamentais, reservas de combate a incêndio, lavagem de veículos, agricultura e aquicultura. Cada aplicação exige avaliação própria, e sua menção não autoriza o emprego indistinto de águas cinzas em todas essas atividades.

A implantação do reúso residencial exige compatibilidade entre a oferta de efluente, a demanda não potável e os requisitos de qualidade do uso pretendido. As condições técnicas devem ser examinadas em conjunto com os custos de instalação, operação e manutenção. A questão que orienta esta discussão é quais soluções de aproveitamento de águas cinzas são descritas na literatura e quais condições limitam sua aplicação em edificações residenciais.

O objetivo deste artigo é discutir os aspectos e as técnicas de aproveitamento de águas cinzas para fins não potáveis em edificações residenciais. A discussão abrange os sistemas isolados e integrados, os processos de tratamento descritos e as estimativas de custo e economia apresentadas nas fontes reunidas.

A pesquisa utilizou fontes bibliográficas sobre conceitos, sistemas e custos de reúso de águas cinzas, conforme as obras citadas no manuscrito. O arquivo não informou as bases consultadas, as estratégias e datas de busca, os critérios de seleção ou o procedimento de análise.

2 REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS CINZAS

O reúso da água corresponde a uma prática descrita há décadas na literatura técnica e assume diferentes configurações conforme a origem do efluente e a finalidade de aplicação (BIAZUS, 2015). A adequação entre a qualidade da água disponível e a qualidade exigida pelo uso constitui um aspecto central dessa prática, conforme a discussão atribuída a Philippi Jr. (2007). Portanto, o aproveitamento deve ser analisado em relação às condições concretas de geração, tratamento e utilização.

Mierzwa e Hespanhol (2012) apresentam o reúso como o emprego de

efluentes em finalidades benéficas, entre elas aplicações urbanas e industriais não potáveis e irrigação. A existência de diferentes modalidades não elimina a necessidade de controle sanitário e ambiental. A definição conceitual de reúso, por si só, não estabelece que qualquer efluente possa ser aplicado sem tratamento.

A Resolução CNRH nº 54/2005 constitui uma referência citada pelo manuscrito para a discussão do reúso direto não potável de água (BRASIL, 2005). Aquino (2019) relaciona o aproveitamento de efluentes à redução da demanda por água potável e dos gastos com abastecimento. Esses benefícios dependem do volume efetivamente substituído e das características do sistema, razão pela qual devem ser avaliados para cada situação de uso.

Baia e Ferreira (2019) destacam que o tratamento adequado permite destinar águas residuárias a diferentes finalidades. A conservação dos mananciais decorre da possibilidade de reduzir a captação de água para atividades que dispensam potabilidade. A eventual economia de energia e a alteração do volume de esgoto encaminhado à rede dependem da configuração adotada, pois o próprio tratamento e o bombeamento também podem demandar energia e gerar resíduos.

Leite (2003), citado no manuscrito sem referência bibliográfica completa, associa as águas cinzas a efluentes de máquinas de lavar roupas, chuveiros, tanques e lavatórios. O texto-base também atribui à ABNT NBR 16782:2019 a distinção entre águas cinzas claras, provenientes desses pontos, e águas cinzas escuras, provenientes de pias de cozinha e máquinas de lavar louças. A atribuição específica dessa classificação deve ser conferida no texto normativo antes da submissão, sem presumir equivalência entre as características dos diferentes efluentes.

Rampelotto (2014) aborda o reuso de efluentes domésticos segregados da contribuição das bacias sanitárias. Perdigão (2015), por sua vez, recomenda restringir o aproveitamento dos efluentes de cozinha em razão de sua carga de óleos, gorduras e outros poluentes. A seleção das fontes deve considerar essas diferenças, pois a inclusão de efluentes mais carregados pode ampliar a complexidade do tratamento e das rotinas de manutenção.

A Lei nº 14.546/2023 acrescenta à Política Federal de Saneamento Básico o estímulo, pela União, ao uso de águas de chuva e ao reuso não potável de águas cinzas em novas edificações e em atividades paisagísticas, agrícolas, florestais e industriais, conforme regulamento (BRASIL, 2023). O dispositivo estabelece a separação da rede e do reservatório em relação ao abastecimento público e prevê tratamento que assegure utilização segura antes da acumulação e do uso. A notícia da Agência Câmara de Notícias (2023), citada no original, deve ser interpretada à luz do texto legal; o estímulo federal não equivale a uma obrigação genérica de instalar reuso em toda residência.

As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas são identificadas pela sigla NBR e não se confundem com as Normas Regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho. O manuscrito utiliza a ABNT NBR 13969:1997 como referência histórica para o tratamento complementar e o aproveitamento local de efluentes domésticos. Sua utilização em projetos atuais requer conferência da situação normativa, do escopo e dos documentos que a substituem, sem transpor automaticamente critérios históricos para novas instalações.

As referências de 2019 reunidas no artigo incluem a ABNT NBR 16782, relativa à conservação de água em edificações, e a ABNT NBR 16783, referente ao uso de fontes alternativas de água não potável em edificações (ABNT,

2019a,b). A análise deve distinguir diretrizes gerais de conservação dos requisitos específicos do sistema não potável. A edição aplicável e os parâmetros técnicos precisam ser conferidos nos documentos completos antes do dimensionamento e da execução.

2.1 Sistemas isolados

Os sistemas isolados de aproveitamento atendem a pontos de utilização específicos, geralmente externos, por gravidade ou bombeamento. Sant'Ana e Medeiros (2017) distinguem o desvio de águas cinzas brutas para irrigação subsuperficial e o uso pressurizado de águas cinzas tratadas. Essa classificação descreve alternativas da literatura e deve ser confrontada com os requisitos legais e sanitários aplicáveis ao local e à finalidade do projeto.

O sistema de desvio encaminha o efluente ao ponto de aplicação ou ao esgotamento sanitário, conforme a operação prevista. O documento de NSW (2008) descreve os seguintes componentes para a configuração destinada à irrigação subsuperficial, (i) registro de controle do desvio entre a irrigação e o esgotamento sanitário; (ii) filtro para retenção de detritos; (iii) acumulador de efluentes com extravasor; (iv) rede de distribuição em mangueira porosa ou PVC perfurado, associada a leitos drenantes; (v) caixas de passagem e dispositivos de inspeção nas junções e extremidades da rede.

Gonçalves e Mendes (2020) descrevem, o encaminhamento por gravidade como uma possibilidade para a irrigação subsuperficial. O bombeamento pode ser necessário quando as cotas e as perdas de carga impedem o escoamento pretendido. A escolha entre essas alternativas depende da configuração do terreno e da instalação e repercute sobre o consumo de energia e a manutenção.

O manuscrito atribui a Gonçalves e Mendes (2020) a recomendação de instalar a tubulação a pelo menos 10 cm abaixo do solo e a 1 m de outras tubulações, divisas, piscinas, edificações ou reservatórios enterrados de água potável. Esses valores devem ser conferidos quanto à fonte, às condições de aplicação e à compatibilidade com as exigências locais. A referência histórica à ABNT NBR 13969:1997 para valas de infiltração não permite equiparar, sem análise específica, a disposição final de esgoto ao aproveitamento de águas cinzas para irrigação.

Sant'Ana e Medeiros (2017) diferenciam o aproveitamento produtivo do efluente de sua simples disposição final. Essa distinção exige que o projeto considere a demanda de irrigação e a capacidade de aplicação no solo. No contexto brasileiro, a descrição de sistemas sem tratamento em fontes anteriores não dispensa a análise da exigência de tratamento seguro prevista na Lei nº 14.546/2023 (BRASIL, 2023).

O uso pressurizado em lavagem de pisos ou irrigação por aspersão amplia as possibilidades de contato dos usuários com o efluente, inclusive por aerossóis. Sant'Ana e Medeiros (2017) ressaltam a necessidade de tratamento prévio para essas aplicações e descrevem unidades comerciais dimensionadas segundo o volume estimado. A seleção do equipamento deve relacionar capacidade, qualidade do efluente tratado e condições de exposição.

Biazus (2015) discute processos físicos, químicos e biológicos no tratamento de águas cinzas. A combinação necessária depende da qualidade de entrada e do padrão exigido para o uso, sem pressupor a remoção de todas as impurezas. Li, Boyle e Anthony (2010) descrevem etapas preliminares de retenção de materiais grosseiros e processos de desinfecção para adequação microbiológica. O controle operacional pode incluir dispositivos que interrompam o fornecimento quando o sistema apresenta falhas ou qualidade

incompatível com a aplicação.

Os leitos cultivados constituem outra possibilidade de tratamento discutida na literatura. Vymazal (2014) descreve sistemas compostos por unidades impermeabilizadas, meio de suporte e vegetação adaptada às condições de operação. A revisão citada trata de efluentes industriais; sua aplicação às águas cinzas residenciais exige avaliar a pertinência dos processos e das condições de projeto. Isoladamente, a descrição dessa tecnologia não comprova que qualquer configuração alcance a qualidade necessária ao reúso doméstico.

2.2 Sistemas integrados

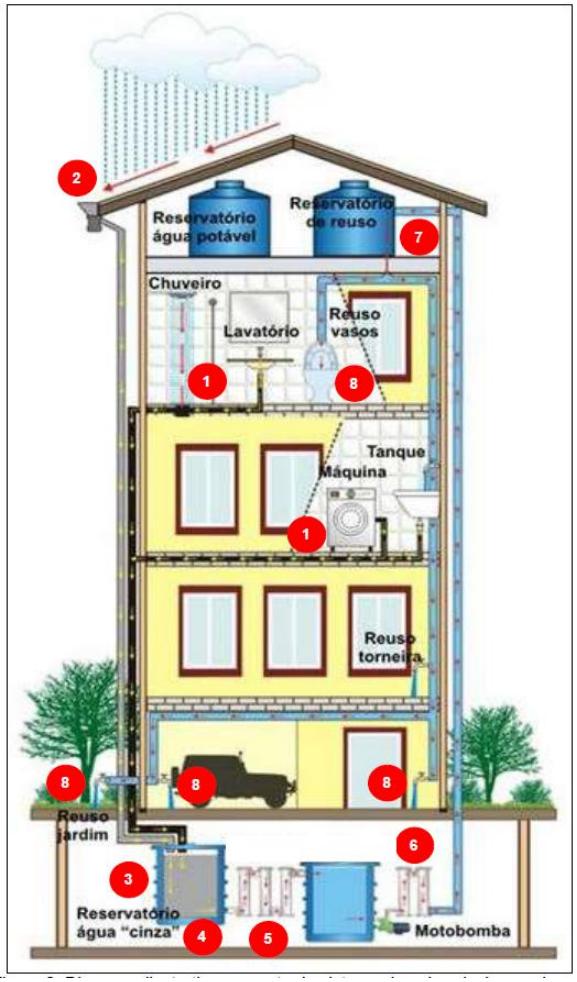
Os sistemas integrados distribuem água não potável a diferentes pontos internos ou externos da edificação, conforme o arranjo hidráulico previsto (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017). A integração permite articular coleta, tratamento, reservação e distribuição. O funcionamento depende de redes identificadas e segregadas, com controle das condições de abastecimento e manutenção.

Sant'Ana e Medeiros (2017) descrevem o recalque da água tratada para um reservatório superior, a partir do qual a distribuição ocorre por gravidade. Outra configuração combina o abastecimento indireto pelo reservatório e a pressurização de determinados pontos externos. As aplicações podem incluir descargas sanitárias, irrigação e limpeza, desde que os pontos sejam destinados e identificados para uso não potável e que a qualidade seja compatível com a atividade.

As soluções reunidas no manuscrito incluem sistemas comerciais prediais, aproveitamento no ambiente sanitário, tratamento em dois estágios, tanques sépticos associados a outras etapas, filtros de múltiplas camadas e estações compactas (FABRÍCIO, 2020; SILVA, 2017; PERDIGÃO, 2015; MENDES, 2014). Essas alternativas não correspondem ao mesmo nível de tratamento nem atendem necessariamente às mesmas demandas. A comparação exige considerar a função de cada unidade e o conjunto de processos que compõe o sistema.

O sistema Acquanova, apresentado por Perdigão (2015), ilustra a articulação entre coleta, tratamento, bombeamento, reservação e distribuição. A Figura 1 apresenta oito identificações funcionais, que incluem pontos de captação e utilização e não apenas operações de tratamento. O esquema também representa captação de chuva, cuja presença deve ser distinguida da coleta de águas cinzas.

Figura 1. Sistema de aproveitamento apresentado para a empresa Acquanova.



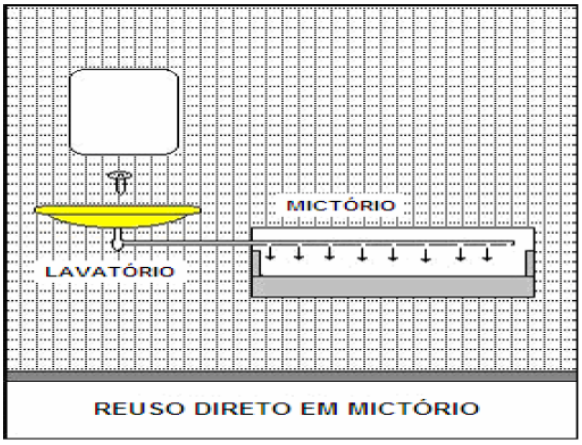
Fonte: Extraído de Perdigão, 2015.

A leitura da Figura 1 identifica a coleta de águas cinzas nos pontos

indicados pelo número 1 e a captação de chuva pelo número 2. O número 3 corresponde ao reservatório inferior. O texto-base associa os números 4, 5 e 6 ao tratamento químico e à filtração, à decantação e à depuração, respectivamente; essa correspondência depende de confirmação na fonte técnica. Após o tratamento, o bombeamento encaminha a água ao reservatório superior de reúso, indicado pelo número 7, e aos usos não potáveis, identificados pelo número 8. O reservatório e a rede não potável devem permanecer separados do sistema de abastecimento de água potável.

O aproveitamento imediato entre lavatório e mictório é descrito por Mendes (2014) como uma solução de instalação simples, representada na Figura 2. Nessa configuração, a água usada na lavagem das mãos segue para a lavagem do mictório. O texto-base atribui ao sistema baixo investimento e ausência de custo operacional, mas essas afirmações exigem delimitação, pois a instalação demanda limpeza e manutenção. A descrição histórica de transferência direta não comprova sua adequação sanitária atual nem permite dispensar tratamento sem avaliação dos requisitos aplicáveis.

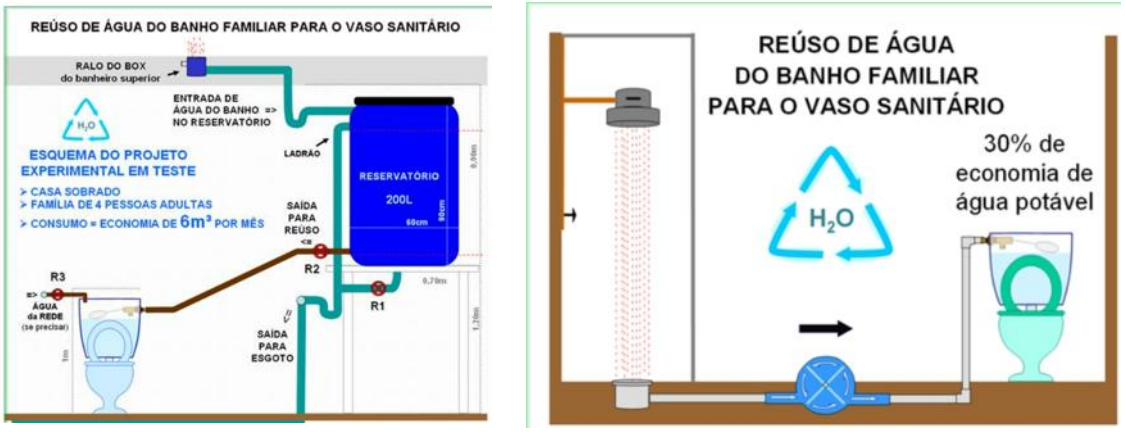
Figura 2. Esquema de aproveitamento direto entre lavatório e mictório.



Fonte: Extraído de Mendonça, 2004.

O reúso intrassanitário ou intrabanheiro aproveita águas de lavatórios, chuveiros e banheiras em descargas de bacias sanitárias. A proximidade entre os pontos de geração e consumo pode reduzir os percursos hidráulicos (MENDONÇA, 2004). Mendes (2014) descreve a coleta por gravidade, o encaminhamento a uma unidade de armazenamento e tratamento e o envio à caixa de descarga por motobomba. A Figura 3 apresenta um esquema simplificado dessa aplicação; o percentual de economia nela inscrito não constitui resultado medido neste artigo.

Figura 3. Esquema de reúso da água do banho em descarga sanitária.



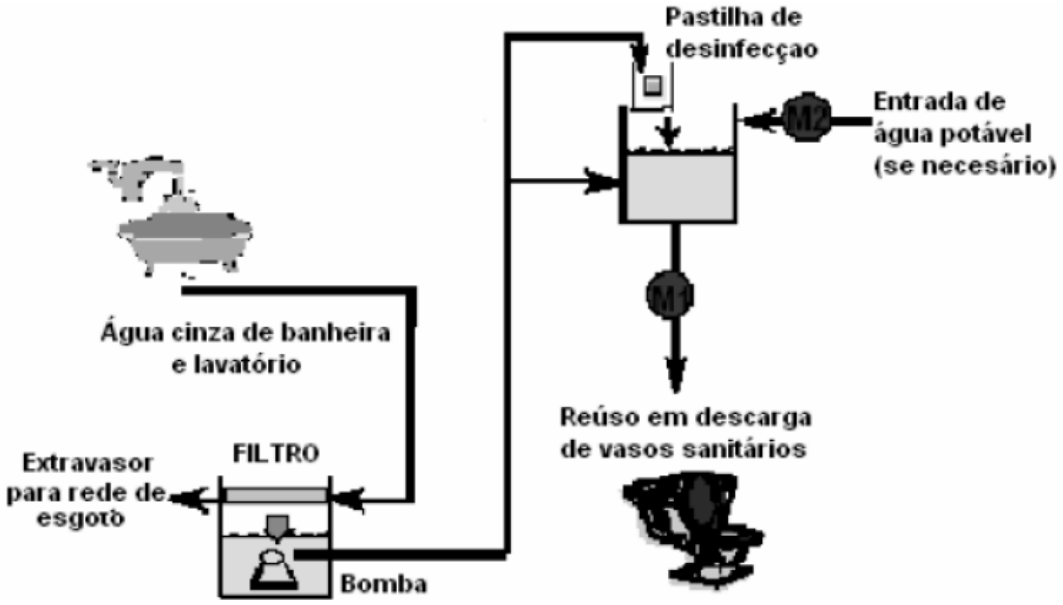
Fonte: Extraído de Urbano, 2020.

O sistema simplificado em dois estágios, descrito por Fabrício (2020), combina filtração inicial e desinfecção para o aproveitamento doméstico de

águas cinzas. O número reduzido de etapas não dispensa a avaliação da qualidade do efluente nem assegura, por si só, desempenho suficiente para qualquer aplicação.

Jefferson et al. (1999) discutem tecnologias de reciclagem de efluentes domésticos, incluindo a necessidade de controlar as condições de armazenamento e tratamento. No arranjo descrito pelo manuscrito, a filtração antecede a desinfecção com hipoclorito de sódio. A Figura 4 representa filtração, bombeamento e desinfecção antes da descarga sanitária. A entrada complementar de água potável indicada no esquema demanda avaliação técnica da separação entre os sistemas; a imagem não detalha as proteções necessárias.

Figura 4. Esquema de tratamento de águas cinzas em dois estágios.



Fonte: Extraído de Hill et al., 2003.

O tanque séptico é apresentado por Fabrício (2020) como uma unidade de tratamento primário. Seu funcionamento envolve retenção do efluente, sedimentação de sólidos, retenção de materiais flutuantes e transformação anaeróbia de parte da matéria orgânica, conforme a descrição de Jordão e Pessôa (1975). A presença dessa unidade não equivale à obtenção de água adequada para reuso, pois o atendimento à finalidade pretendida pode exigir tratamento complementar e desinfecção.

O manuscrito remete à NBR 7229 para parâmetros de projeto de tanques sépticos, mas registra a norma como sendo de 1997 e apresenta referência sem título. A identificação, a edição e a situação dessa norma precisam ser conferidas antes de sua utilização. O artigo mantém a menção como parte do referencial histórico, sem empregá-la para prescrever parâmetros atuais de dimensionamento.

O filtro de múltiplas camadas reúne meios filtrantes destinados à retenção de sólidos e à atuação de processos biológicos. Little (2004) é citado no manuscrito como fonte para a discussão da redução de matéria orgânica, expressa pela demanda bioquímica de oxigênio em cinco dias a 20 °C, além de sólidos e outros constituintes. A remoção de nutrientes e microrganismos varia conforme o meio, a operação e a carga aplicada; a revisão não apresenta dados que sustentem remoção total ou eficiência uniforme desses parâmetros.

Little (2004) descreve configurações com recipientes plásticos e

materiais granulares. A escolha dos meios filtrantes deve ser compatível com o projeto e com a manutenção prevista. Oliveira et al. (2007) abordam a desinfecção por cloração e radiação ultravioleta. A adoção de uma dessas técnicas depende das características da água após as etapas anteriores e do controle operacional necessário para alcançar a qualidade de uso.

Silva (2017) apresenta estações compactas como alternativas para residências unifamiliares e condomínios. Algumas configurações admitem instalação enterrada, o que pode favorecer o aproveitamento da área superficial. Essa possibilidade depende das características do equipamento e das condições de acesso, inspeção e manutenção, e não deve ser generalizada para qualquer sistema comercial.

A diversidade de soluções exige comparar o desempenho esperado, os requisitos de manutenção e a adequação ao uso final. As ABNT NBR 16782:2019 e 16783:2019 são referências citadas no artigo para conservação e fontes alternativas não potáveis (ABNT, 2019a,b). O guia da CBIC (2019), mencionado no original sem referência completa, pode auxiliar a interpretação, mas não substitui a consulta às normas aplicáveis. A definição de critérios pelo projetista deve ocorrer dentro dos limites técnicos, legais e sanitários pertinentes.

2.3 Custos de implantação e economia

Baia e Ferreira (2019) apresentam, conforme transcrição do manuscrito, custo estimado de R$ 5.990,39 para materiais e mão de obra de um sistema de tratamento destinado ao reúso. A referência tem como foco a irrigação, de modo que esse valor não deve ser tomado como orçamento geral para todos os sistemas residenciais. A comparação econômica exige conhecer capacidade, componentes incluídos, data-base e despesas de operação.

Cavalcante (2017) é citado com investimento de R$ 2.577,26 e economia mensal de R$ 475,63 em uma edificação multifamiliar de pequeno porte. O texto original associa esses valores a retorno em pouco mais de dois anos. Entretanto, a divisão simples do investimento pela economia mensal resulta em aproximadamente 5,4 meses, antes de eventuais despesas não informadas. A divergência exige consulta ao estudo de origem; os números foram preservados como dados transcritos e não permitem confirmar o prazo declarado.

Fabrício (2020) apresenta, segundo o manuscrito, redução mensal de 23% no volume de água com o aproveitamento de águas cinzas em descargas sanitárias de um condomínio residencial. A economia indicada na conta de água e esgoto é de R$ 7.030,97 por mês. O resultado corresponde às condições do empreendimento analisado e depende de sua ocupação, demanda, estrutura tarifária e custos do sistema.

Leite e Medeiros (2015) são citados com investimento de R$ 196.957,36 para um edifício com 198 apartamentos, manutenção mensal de R$ 406,07 e economia bruta mensal de R$ 20.068,10. A diferença entre economia e manutenção corresponde a R$ 19.662,03 por mês. Com esses valores, o retorno simples calculado nesta revisão é de aproximadamente 10,0 meses; a recuperação integral em parcelas mensais ocorre no 11º mês, se o fluxo permanecer constante. O prazo de 11 meses informado no original precisa ser interpretado segundo a convenção de cálculo utilizada na fonte.

Perdigão (2015) é citado com custo mínimo de R$ 13.000,00 para o sistema Acquanova e valores entre R$ 60.000,00 e R$ 180.000,00 para outras soluções comerciais. O manuscrito também menciona alegações de comerciantes de economia de até 80%. Essa última

estimativa tem natureza comercial no texto apresentado, sem comprovação independente ou definição da base de comparação, e não deve fundamentar uma expectativa geral de redução do consumo.

Silva (2017) apresenta, conforme o manuscrito, redução de 21% no volume diário de água e economia de R$ 22,50 por dia em uma edificação residencial. A equivalência de R$ 675,00 mensais pressupõe um mês de 30 dias. A transferência dessa estimativa a outras edificações exige verificar os volumes substituídos, as tarifas e as despesas de operação e manutenção.

As estimativas reunidas sugerem potencial de economia hídrica e financeira, mas não demonstram viabilidade universal. Os estudos diferem quanto à escala, ao uso final, ao escopo do investimento e às condições tarifárias. Os valores são históricos, não foram atualizados monetariamente e não constituem cotações atuais. A decisão de implantação deve considerar investimento, energia, insumos, manutenção, reposições e economia líquida ao longo da vida útil. As inconsistências identificadas impedem afirmar que todos os sistemas apresentam retorno baixo ou semelhante.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de águas cinzas para fins não potáveis em edificações residenciais apresenta potencial de reduzir a demanda por água do abastecimento convencional. Esse potencial depende da correspondência entre o volume recuperável e a demanda por atividades que dispensam potabilidade, além da qualidade obtida no tratamento.

Os sistemas descritos abrangem soluções isoladas e integradas, com diferentes níveis de complexidade. A escolha requer avaliar as fontes de geração, os usos pretendidos, o espaço disponível e as condições de operação e manutenção. A simplicidade construtiva de uma solução não garante sua adequação sanitária ou sua eficiência.

A segregação das instalações de água potável e não potável e o tratamento compatível com a finalidade constituem condições centrais do aproveitamento. Os esquemas apresentados têm função ilustrativa e não substituem projetos, procedimentos de controle ou verificação do atendimento aos requisitos aplicáveis.

Os riscos de contato com efluente inadequadamente tratado e de contaminação ambiental exigem atenção na implantação e no acompanhamento do sistema. A definição dos parâmetros de qualidade deve considerar a origem da água e a exposição associada ao uso. Referências históricas sobre potabilidade, lançamento ou disposição final não devem ser aplicadas indistintamente como critérios de reúso predial.

A discussão normativa evidencia a necessidade de distinguir estímulo legal ao aproveitamento, requisitos técnicos e responsabilidades de projeto. O exame da edição e do escopo dos documentos é indispensável antes de converter as referências apresentadas em decisões de execução.

A literatura reunida oferece alternativas para diferentes características de edificações, porém o manuscrito não apresenta comparação padronizada de desempenho. A incompletude dos procedimentos de busca e seleção limita a abrangência da revisão e impede tratá-la como levantamento exaustivo das tecnologias disponíveis.

A viabilidade econômica permanece condicionada ao caso analisado. Os valores transcritos variam amplamente e alguns prazos de retorno exigem conferência. A análise financeira precisa utilizar dados consistentes e custos completos, sem generalizar economias observadas ou estimadas em empreendimentos específicos.

Os incentivos à adoção podem ser

discutidos como medidas de política pública, desde que associados a critérios de segurança, desempenho e manutenção. Para aperfeiçoar este artigo, são necessárias a complementação metodológica, a conferência das fontes e a revisão das estimativas econômicas antes da submissão.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 16782: conservação de água em edificações — requisitos, procedimentos e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2019a.

ABNT. NBR 16783: uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019b.

ABNT. NBR 7229. Rio de Janeiro, 1997.

AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS. Nova lei determina reaproveitamento de águas usadas e de chuva em novas edificações. 2023. Disponível em: https://www.camara.leg.br/noticias/951008-nova-lei-determina-reaproveitamento-de-aguas-usadas-e-de-chuva-em-novas-edificacoes/. Acesso em: 31 out. 2023. [Data de acesso mantida do original.]

AQUINO, S. A. Viabilidade técnica e financeira do reúso de águas cinzas em um condomínio residencial. 2019. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade de Brasília, Planaltina, 2019.

BAIA, C. A.; FERREIRA, D. R. C. Dimensionamento e estimativa dos custos de um sistema de tratamento de águas cinzas para fins de reuso na irrigação. 2019. Monografia (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2019.

BIAZUS, A. C. Reuso de águas cinzas para fins não potáveis em edificação residencial multifamiliar. 2015. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. [Ementa e situação normativa a conferir.] Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/37-resolucao-n-54-de-28-de-novembro-de-2005/file. Acesso em: 28 out. 2023. [Endereço e acesso mantidos do original; ligação não revalidada.]

BRASIL. Lei nº 14.546, de 4 de abril de 2023. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei de Saneamento Básico), para estabelecer medidas de prevenção a desperdícios, de aproveitamento das águas de chuva e de reúso não potável das águas cinzas. Brasília, DF, 2023. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2023/lei-14546-4-abril-2023-794007-publicacaooriginal-167507-pl.html. Acesso em: 26 out. 2026.

CAVALCANTE, G. F. F. Implantação de sistemas de uso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em um residencial multifamiliar de pequeno porte. 2017. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

FABRÍCIO, A. G. Implantação de sistema de reuso de águas cinzas em condomínio residencial. 2020. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2020.

FELIX, J. R. B. Viabilidade de implantação de sistema de reúso de águas cinzas em edificação residencial multifamiliar. 2023. Monografia. Bacharelado em Engenharia Civil –

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

GONÇALVES, A. J.; MENDES, J. M. Análise de reutilização de água cinza na escola básica Maria Emília Rocha. 2020. Monografia. Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2020.

JEFFERSON, B. et al. Technologies for domestic wastewater recycling. Urban Water, v. 1, n. 4, p. 285–292, 1999.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. Cetesb, 1975.

LEITE, H. L. S.; MEDEIROS, T. H. N. S. Viabilidade econômica do sistema de reuso de águas cinza em edificações residenciais. 2015. Monografia. Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

LI, Z.; BOYLE, F.; ANTHONY, R. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. Desalination, v. 260, n. 1-3, p. 1-8, 2010.

LITTLE, V. L. Graywater guidelines. Arizona: Water Conservation Alliance of Southern Arizona, 2004. 26 p. Disponível em: http://watercasa.org/wordpress/wp-content/uploads/2016/01/Graywater_Guidelines-copy.pdf. Acesso em: 30 out. 2023. [Endereço e acesso mantidos do original; ligação não revalidada.]

MACCARINI, M. G. C.; CAUDURO, F.; SILVA, C. R. O uso de águas cinzas em uma edificação multifamiliar. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 29., 2018, São Paulo.

MENDES, A. C. Viabilidade de um sistema de aproveitamento de águas cinzas no pavilhão de aulas do CETEC/UFRB, para fins não potáveis. 2014. Monografia (Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2014.

MENDONÇA, P. de A. O. Reuso de água em edifícios públicos: o caso da escola politécnica. 2004. [Natureza e programa a confirmar: o original registra “Tese (Mestrado)”.] Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. Água na indústria: uso racional e reúso. 2. reimpr. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

MOURA, P. G. et al. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, n. 6, nov./dez. 2020.

NSW. Department of Water and Energy. Greywater reuse in sewered, single household residential premises. Sydney: New South Wales Government, 2008. [Forma de autoria institucional a conferir.]

OLIVEIRA, L. H. de et al. Projeto tecnologias para construção habitacional mais sustentável: levantamento do estado da arte: água. São Paulo: USP, 2007.

PERDIGÃO, V. S. Sistemas prediais de reaproveitamento de águas cinzas. 2015. Monografia. Especialização em Construção Civil – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

PHILIPPI, J. A. Introdução ao reúso de águas. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de águas. São Paulo: Manole, p. 6, 2007.

RAMPELOTTO, G. Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reuso doméstico. 2014. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SANT'ANA, D. R.; MEDEIROS, L. B. P. Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas em edificações: padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção. Relatório Final 1/2017. 2017. [Local e instituição responsável a completar.]

SILVA, P. G. Dimensionamento de um sistema hidráulico predial para reúso de águas cinzas em uma edificação residencial. 2017. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

VYMAZAL, J. Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: a review. Ecological Engineering, v. 73, p. 724–751, 2014.