

# ESTUDO DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS EM RESIDÊNCIAS RURAIS

## STUDY OF GREYWATER REUSE IN RURAL RESIDENCES

Ana Carolina de Oliveira<sup>1</sup>, Milleny Thamires Sousa Siqueira<sup>2</sup>, Jéssica Nayara Dias<sup>3</sup>, Joaquim Orlando Parada<sup>4</sup>, Robson de Oliveira Félix<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia Civil /FACEG – anacarolinadeoliveira97@gmail.com

<sup>2</sup> Graduação em Engenharia Civil /FACEG – Sousamillenly3@gmail.com

<sup>3</sup> Professora do curso de Engenharia Civil/FACEG – jessicadias.engenharia@gmail.com

<sup>4</sup> Professor do curso de Engenharia Civil/FACEG – joaquim.parada@unievangelica.edu.br

<sup>5</sup> Professor do Curso de Engenharia Civil/FACEG - robsonfelix.eng2014@hotmail.com

**Resumo:** A falta de água e saneamento básico é um problema global com impactos significativos na saúde, economia e meio ambiente. A demanda global por água vem aumentando ao longo das últimas décadas devido ao crescimento populacional, urbanização e desenvolvimento econômico. Atualmente, cerca de 1,6 bilhão de pessoas enfrentam escassez de água, e 2,3 bilhões de pessoas não têm acesso a saneamento básico adequado. Uma das alternativas para lidar com a escassez de água e seus impactos é o reaproveitamento de águas cinzas, que são águas provenientes de atividades domésticas relativamente limpas, como lavagem de roupas e banhos, porém essa prática ainda enfrenta desafios, como a falta de regulamentação, conhecimento técnico, investimentos e conscientização. No estudo, empregamos um projeto residencial com uma área construída de 246,42 m<sup>2</sup> e um consumo diário total de 1.200 litros na residência. Este estudo incorporou informações sobre efluentes reaproveitáveis e a demanda de água não potável para descargas sanitárias e torneiras de jardim. Para avaliar a viabilidade econômica, foram elaborados dois projetos hidráulicos e sanitários: um convencional e outro com um sistema de reaproveitamento de água cinza. O software QiBuilder foi utilizado para gerar listas de materiais e calcular os custos de implantação.

**Palavras-chave:** Reuso. Sustentabilidade. Meio Ambiente. Recursos Hídricos.

**Abstract:** The lack of water and basic sanitation is a global problem with significant impacts on health, the economy, and the environment. Global water demand has been increasing over the past decades due to population growth, urbanization, and economic development. Currently, about 1.6 billion people face water scarcity, and 2.3 billion people do not have access to adequate basic sanitation. One of the alternatives to address water scarcity and its impacts is the reuse of gray water, which is water from relatively clean domestic activities, such as laundry and showers. However, this practice still faces challenges such as lack of regulation, technical knowledge, investments, and awareness. In the study, we employed a residential project with a built area of 246.42 m<sup>2</sup> and a total daily consumption of 1,200 liters in the residence. This study incorporated information on reusable effluents and the demand for non-potable water for toilet flushing and garden taps. To evaluate the economic feasibility, two hydraulic and sanitary projects were developed: one conventional and the other with a gray water reuse system. The QiBuilder software was used to generate material lists and calculate implementation costs.

**Keywords:** Reuse. Sustainability. Environment. Water Resources.

## INTRODUÇÃO

A falta de água é uma das maiores preocupações ambientais do mundo. De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas, publicado em 2021, sobre o desenvolvimento mundial da água, a demanda global de água vem aumentando uma taxa de 1% ao ano desde 1980, e que nos últimos cem anos o uso global de água atingiu uma crescente de 600%, devido ao crescimento populacional, à urbanização e ao desenvolvimento econômico. Além disso, o relatório estima que hoje, cerca de 1,6 bilhão de pessoas estão enfrentando escassez de água, seja por falta de infraestrutura para o acesso da água, ou realmente a falta de água na região [1].

A falta de água potável não é o único problema. A falta de saneamento básico também é uma questão crítica. Segundo a ONU, cerca de 2,3 bilhões de pessoas não têm acesso a saneamento básico adequado, o que representa um terço da população mundial. A falta de saneamento básico pode causar diversos problemas de saúde, como diarreia,

cólera, febre tifoide e hepatite A, além de aumentar a incidência de doenças respiratórias e de pele [2].

Os impactos da falta de água e saneamento básico são sentidos em todo o mundo, especialmente em países em desenvolvimento. Além das questões de saúde pública, a falta de água e saneamento básico também afeta a educação, a economia e o meio ambiente. De acordo com Scriptorre [3], crianças que não têm acesso a água potável e saneamento básico adequado têm mais probabilidade de ficar doentes e faltar às aulas, o que pode prejudicar seu desempenho escolar e seu futuro. A falta de água também pode afetar a produção agrícola e industrial, além de aumentar os custos de produção.

Portanto, conforme relatado por Cassini [4], é fundamental que sejam tomadas medidas para garantir a disponibilidade e o acesso à água potável e ao saneamento básico, visando promover a saúde, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental.

Soares e Gonçalves [5] afirmam que é preciso investir em tecnologias e políticas públicas que possibilitem a gestão sustentável da água e do esgoto, além

de conscientizar a população sobre a importância do uso racional da água. O uso de água pluvial, o reaproveitamento de águas cinzas e a utilização de sistemas de tratamento de esgoto, podem ser alguns dos inúmeros exemplos de alternativas para reduzir o impacto da falta de saneamento básico e da escassez de água [6].

Nesse contexto, uma das alternativas citadas para minimizar a falta de água e seus impactos é o reaproveitamento de águas cinzas, ou seja, águas provenientes de atividades domésticas, como lavagem de roupas, banhos e lavagem de louça, que são relativamente limpas e podem ser tratadas para reutilização em diversas atividades, como a irrigação de jardins e campos esportivos, descarga de vasos sanitários e lavagem de carros. O reaproveitamento de águas cinzas pode reduzir a demanda por água potável e minimizar a quantidade de água descartada no ambiente, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos e para o desenvolvimento sustentável [7].

No entanto, apesar de seus benefícios, a prática do reaproveitamento de águas cinzas ainda é pouco difundida e enfrenta diversos desafios, como a falta de regulamentação, conhecimento técnico, investimentos e conscientização da sociedade. É necessário desenvolver políticas públicas e ações educativas para estimular a prática do reaproveitamento de águas cinzas e garantir que ela seja realizada de forma segura e eficiente [8].

Neste contexto, o objetivo é comparar um sistema hidrossanitário convencional à um sistema de reutilização de águas cinzas através de tratamento por jardim filtrante, reduzindo o consumo de água e ajudando a mitigar a escassez desse recurso. Para isso, foi realizado uma análise de custo da implantação dos sistemas para um estudo de caso de uma edificação residencial.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Escassez da Água

Apesar de a água ser abundante no planeta, a parcela que está em estado próprio para consumo é relativamente pequena, cerca de 97,5%, da água em nosso

planeta é salgada, enquanto apenas os restantes 2,5% correspondem à água doce disponível [9]. Com o aumento populacional e o crescimento da seca em áreas com alta densidade demográfica, a preocupação com a falta de disponibilidade de água para consumo tem aumentado. De acordo com Mekonnen e Hoekstra [10], aproximadamente 4 bilhões de pessoas no mundo enfrentam escassez de água por pelo menos um mês por ano. Além disso, o número de pessoas que enfrentam uma escassez severa de água entre 4 a 6 meses por ano varia de 1,8 a 2,9 bilhões, enquanto meio bilhão de pessoas enfrentam uma grave escassez de água durante todo o ano.

De acordo com cálculos da FAO [11], embora o Brasil possua a maior reserva de água doce do mundo, sua distribuição desigual e o consumo excessivo a nível regional classificam o país como vulnerável à escassez de água. Tais problemáticas citadas corroboram com a necessidade de meios alternativos de reuso de água, que buscam uma redução do consumo de recurso natural, frisando a importância da implantação de sistemas sustentáveis que reduzam os impactos ambientais no mundo.

Segundo Philippi [12], alguns dos sistemas sustentáveis de redução do consumo de água potável mais estudados, é a implantação de utilização de água pluvial, ou a reutilização de água cinza em edificações.

### Reuso de Águas Cinzas

Analisando a utilização de água em edificações, pode-se classificar as mesmas pela sua coloração, tais como água branca, amarela, negra ou cinza, no que se refere às características físicas, químicas e biológicas [13].

A água cinza, foco deste estudo, é definida conforme o Manual da FIESP, como aquela oriunda de aparelhos domésticos como lavatórios, máquinas e tanques de lavar roupa e chuveiros, não tendo relação com aparelhos como pia de cozinha e bacias sanitárias, caracterizadas como água negra [14].

De acordo com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos do Brasil, o reúso de água consiste na utilização de água residuária, ou seja, água que já foi usada e

descartada. Embora alguns possam resistir à ideia, o reúso é cada vez mais reconhecido como uma prática necessária [15].

A reutilização da água cinza é uma alternativa viável e ecologicamente favorável para aproveitar melhor os recursos hídricos. Essa água, proveniente do uso em chuveiros, pias, máquinas de lavar roupa e lavatórios, que seriam normalmente descartadas em um sistema hidrossanitário convencional, possui potencial para atender a demanda da edificação, reduzindo expressivamente o consumo de água potável. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o consumo urbano em 2021 representou 17% do consumo total nacional e vem aumentando anualmente, destacando a necessidade de tomar medidas sobre o assunto [16].

### Concepção do Sistema de Águas Cinzas

Para incentivar o uso de sistemas que reutilização de águas cinzas e da chuva, é importante avaliar a qualidade dessas águas e verificar se é necessário tratá-las. Quando as águas cinzas e da chuva são tratadas adequadamente, podem ser utilizadas para fins não potáveis em edifícios. É importante garantir que o uso dessas águas não represente riscos para a saúde dos usuários [17]. Para entender melhor o sistema de reúso de água cinza, é preciso conhecer algumas etapas e equipamentos.

#### *Tubulações e Coletores*

Os tubos são elementos fundamentais dos sistemas de distribuição de água, responsáveis por conduzir o fluido em diferentes direções. Existem vários tipos de tubulações disponíveis, geralmente com formato retilíneo, mas que podem ser adaptados para mudar de direção em curvas, por exemplo. A escolha do diâmetro e comprimento adequado deve levar em consideração fatores como pressão e vazão disponíveis no sistema, e deve ser calculado de acordo com as normas técnicas, como a NBR 5626:2020 [18]. Os tubos são responsáveis tanto pela distribuição de água limpa quanto pela coleta e condução de água já utilizada.

#### *Tratamento*

Segundo Magri *et. al.* [19], o processo de tratamento para reaproveitamento de águas cinzas, era composto por: caixa receptora, filtro anaeróbio, filtro aeróbio e reservatório.

Conforme o sistema proposto por Magri *et. al.* [19], é importante ressaltar que este não foi eficaz na eliminação dos indicadores microbiológicos observados, sugerindo-se a inclusão de uma unidade de desinfecção ao final do processo. Os autores também concluem que a combinação do filtro anaeróbio com o filtro de areia é uma alternativa viável para o tratamento de águas cinzas, exceto no que diz respeito aos parâmetros microbiológicos.

Existem opções alternativas para o tratamento de águas cinzas, como os sistemas de leitos cultivados. Esses sistemas são usados para tratar diferentes tipos de águas residuais, incluindo escoamento urbano, águas municipais, industriais, agrícolas e de drenagem de minas. Eles consistem em tanques impermeáveis preenchidos com um meio filtrante e plantas capazes de sobreviver em um ambiente constantemente saturado com alta carga de poluentes [20].

#### *Distribuidores*

O consumo de água cinza de reúso, após tratamento em filtros, pode ser determinado por aparelhos que não demandam de água potável, podendo resultar em diversos fins, tais como descarga de banheiros, lavagem de roupa, irrigação de jardins, arrefecimento, recarga de aquíferos, paisagismo, combate a incêndios, lavagem de carros e calçadas, dentre outros [21].

## MATERIAL E MÉTODOS

### Consumo de Água

O consumo de água em uma residência pode ser medido através de diversos parâmetros, como volume de água consumido (em litros ou metros cúbicos), número de pessoas na residência, tipo de imóvel (casa ou apartamento), presença de jardim, piscina, entre outros. O consumo de água em uma residência pode ser obtido

através da leitura dos medidores de água instalados pela concessionária responsável pelo fornecimento de água. Essa leitura é realizada periodicamente e pode ser mensal, bimestral ou trimestral, dependendo da política da concessionária. Além disso, é possível obter informações sobre o consumo de água em uma residência através de questionários aplicados aos moradores, ou através de equipamentos de medição de fluxo de água instalados nas torneiras, chuveiros, dentre outros aparelhos hidráulicos [22].

Segundo o Ministério das Cidades, o consumo de água em uma residência pode ser influenciado por diversos fatores, como o número de moradores, hábitos de higiene, presença de jardim e piscina, uso de eletrodomésticos (como máquina de lavar roupa e louça), entre outros. É importante considerar esses fatores ao estudar o consumo de água em uma residência e propor soluções de reaproveitamento de água [23].

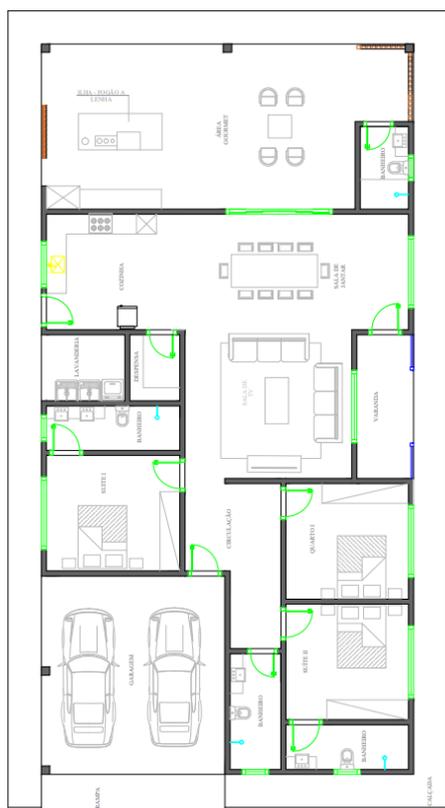


Figura 1 – Planta baixa da edificação

Para o estudo em questão, fora estudado uma edificação rural com 246,42 m<sup>2</sup> de área construída conforme Figura 1, contendo os seguintes ambientes: área

gourmet, sala de jantar, cozinha, lavanderia, despensa, sala de TV, varanda, 4 banheiros, suíte 1, circulação, varanda 1, suíte 2, quarto 1 e garagem.

Conforme Trata Brasil [24], é recomendado utilizar 200 L diários por pessoa em residências ou apartamentos. Sendo assim, o consumo diário da edificação, considerando 2 pessoas por quarto [25], é:

Tabela 1 – Consumo diário residencial

Qtd. Pessoas	Consumo diário de água (litros/dia)	Total (litros/dia)
6	200	1200

### Sistema de Reaproveitamento de Águas Cinzas

Com relação ao sistema de distribuição de águas cinzas tratadas, é importante seguir as recomendações estabelecidas pela NBR 5626:2020. Esta norma técnica define as exigências e recomendações para a elaboração do projeto, execução e manutenção de instalações prediais de água fria [18].

Para o trabalho em questão, fora considerado o reuso de águas cinzas providas dos chuveiros, pias, lavatórios, ralos, máquina de lavar. Todos esses efluentes coletados, são destinados a um jardim filtrante, conforme a Figura 2.

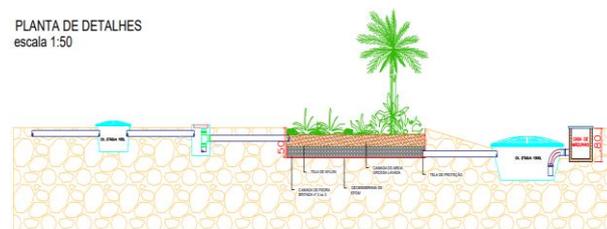


Figura 2 – Jardim Filtrante.

A Figura 2 exemplifica o sistema de um jardim filtrante, o mesmo que realiza o processo para o reaproveitamento das águas cinzas. As águas residuárias são destinadas a um reservatório de 100 L, e após isso passam por várias camadas, a iniciar por uma camada de areia grossa lavada, depois pela tela de Nylon, camada de pedra britada nº 2 ou 3 e por último por geomembrana de EPDM.

Após este processo, a água é destinada a um reservatório de 1.000 L e destinada de volta a edificação,

por meio de bombeamento para um reservatório na laje. Este reservatório destina essa água residuária para descarga de bacias sanitárias e irrigação de jardins.

É de suma importância que seja realizado estudos afim de se obter o percentual de perca que possui com a passagem dos fluidos neste jardim filtrante, afim de se obter com eficácia qual é a margem de reaproveitamento que é possível obter com este sistema.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi feita uma análise de um projeto hidrossanitário para o reaproveitamento de água cinza em uma edificação rural. Nessa análise, foi comparado o projeto convencional hidrossanitário com um sistema que possibilita o reaproveitamento de parte dos efluentes considerados apropriados para uso não potável em aparelhos específicos.

Foram utilizados para desenvolvimento dos projetos os softwares Autodesk Autocad e AltoQI QIBuilder, que consistem no dimensionamento e detalhamento dos sistemas hidráulicos e sanitários, além de lista de material necessário para análise de custo do sistema, com utilização do software Microsoft EXCEL e Tabelas de custo unitário da SINAPI.

### Potenciais de Efluente e Demanda de Água Cinza

Para definição do percentual de aproveitamento de água cinza em edificação residencial, é necessário um embasamento teórico referente a estudos que contabilizam a distribuição hidráulica por aparelhos em edificação. Autores como Coelho [26], Sant'ana [27], Botelho [28], Deca [29] e IPT/PNCDA [30], apresentam estudos que distribuem, em porcentagem, o consumo por aparelho de água em uma edificação. A partir do apresentado pelos autores, fora realizado uma média do percentual de consumo de cada um dos aparelhos de uma edificação residencial, conforme a Tabela 2.

Para a obtenção de águas cinzas, pode se ter a contribuição dos seguintes aparelhos, como: lavatório, chuveiro, máquina de lavar roupas, tanque de lavar roupas, máquina de lavar louças. De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, é possível aproveitar aproximadamente 50% do consumo total de água em

edificações residenciais. Essa informação indica a viabilidade de um sistema que é capaz de suprir completamente a demanda desses dispositivos com água não potável, como por exemplo em irrigação de jardins e para uso de descarga de vasos sanitários.

**Tabela 2** – Consumo de água por aparelho por diversos autores (%)

Aparelhos	Coelho	Sant'ana	Botelho	Deca	IPT/PNCDA	Média
LV	5	9	8	11,7	7	<b>9</b>
CH	18	23	15	46,7	54	<b>23</b>
MLR	20	21	0	8,1	4	<b>9</b>
TLR	5	9	13	4,9	10	<b>9</b>
PIA/MLL	15	17	26	-	3	<b>17</b>
VS	23	17	33	14	5	<b>18</b>
TJ/Outros	14	4	5	14,6	17	<b>15</b>

### Análise de Custo da Implantação do Sistema

Será realizado o levantamento dos custos gerados pelos dois sistemas, buscando identificar todos os custos envolvidos na implementação de tratamentos de efluentes provenientes de águas residuais domésticas em uma residência, bem como dos materiais necessárias para o sistema hidráulico e sanitário para o sistema convencional e o sistema de reuso de água cinza. Serão comparadas as diferenças financeiras, bem como os benefícios econômicos e ambientais do reaproveitamento de águas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Usos e Aplicações do Projeto Referência

Usando métodos estatísticos, é viável separar e estimar a porcentagem de água destinada ao reuso e ao descarte. A Tabela 3 apresenta esses dados, juntamente com os aparelhos classificados como efluentes reaproveitáveis - aqueles que abastecem o sistema de tratamento e reuso - e os aparelhos de demanda, que podem ser abastecidos com água não potável, ou seja, água cinza tratada pelo sistema.

De acordo com a Tabela 3, em edifícios residenciais, cerca de 50% do consumo total de água pode ser reaproveitado através de dispositivos como lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupas e tanques de lavar

roupas. Além disso, também revela que o consumo de água não potável, destinado ao vaso sanitário e à torneira do jardim, representa aproximadamente 33% do total. Isso significa que o sistema é capaz de suprir completamente os aparelhos não potáveis, com uma parcela significativa de água ainda disponível para o descarte. Conforme mencionado anteriormente, o consumo diário do projeto modelo é de 1200 litros por dia. Portanto, pode ser estimado o consumo e o reaproveitamento diário na residência, também apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3** – Porcentagem de reaproveitamento

Efluente reaproveitável		
Aparelhos Sanitários	Média de Consumo (%)	Consumo Média Diário (L)
Lavatório (LV)	9	108
Chuveiro (CH)	23	276
Máquina de lavar roupa (MLR)	9	108
Tanque de Lavar Roupa (TLR)	9	108
Total	50	600
Demanda de água por reuso		
Aparelhos Sanitários	Média de consumo (%)	Consumo Média Diário (L)
Vaso Sanitário (VS)	18	216
Torneira de Jardim (TJ)	15	180
Total	33	396

Ao analisar a Tabela 3, é observado que a demanda por água tratada é de 396 litros, o que seria suficiente, com um descarte de aproximadamente 204 litros, para outras finalidades. Isso ocorre porque os aparelhos com potencial de reaproveitamento representam 50% do consumo total de água na edificação, ou seja, um volume de 600 litros por dia. É importante ressaltar que esse cenário pode variar entre as edificações, especialmente em situações com uma área permeável irrigadas significativa, que pode se tornar um fator relevante dependendo da sua extensão.

### **Projeto Hidrossanitário do Reaproveitamento de Água Cinza**

Para apresentar os resultados do reuso de água cinza em uma residência unifamiliar, foram introduzidas

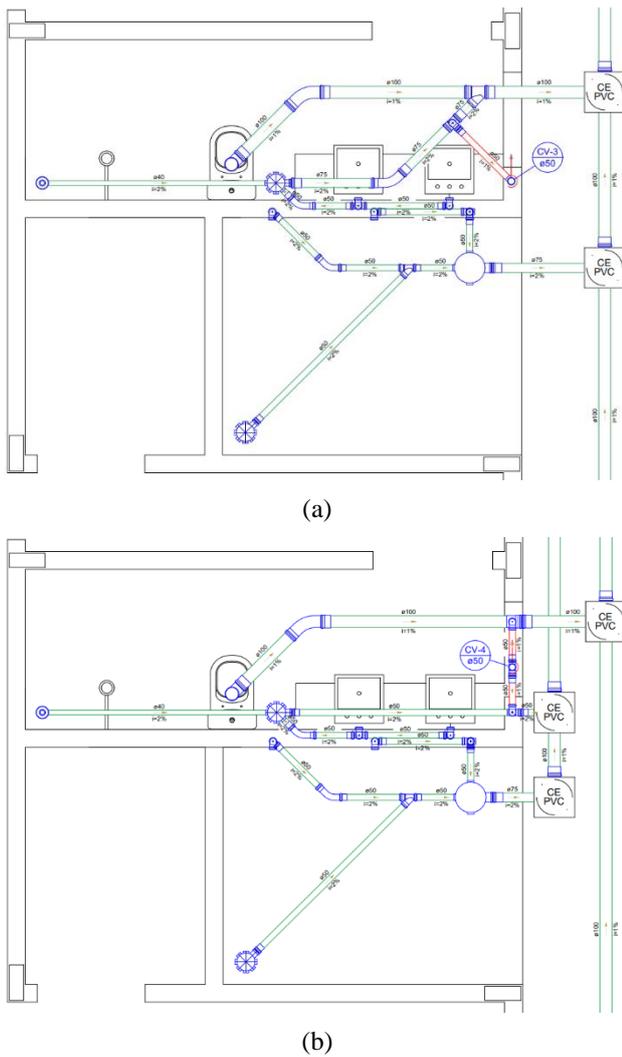
adaptações no sistema hidrossanitário convencional, conforme delineado pelo engenheiro responsável pelo estudo de caso da residência. Essas alterações incluíram a instalação de um jardim filtrante, conforme recomendado no manual da Embrapa, com a consideração de uma taxa de área de 2 m<sup>2</sup> por morador. Dado que a residência em questão abriga 6 moradores, o jardim filtrante foi calculado com uma área total de 12 m<sup>2</sup>. Essas modificações são essenciais para possibilitar a eficiente integração da água cinza no sistema global.

### *Projeto Sanitário*

Uma parte da água que é descartada no sistema sanitário do projeto desempenha um papel crucial na redistribuição da água quando ela é reaproveitável. Além disso, essa água é segregada do esgoto para evitar sua contaminação, sendo encaminhada para o sistema de tratamento antes de ser redistribuída para os fins apropriados de reutilização. Portanto, é necessário efetuar amplas modificações no projeto convencional, a fim de acomodar essas etapas e garantir sua adequação.

A Figura 3 ilustra o detalhamento do projeto sanitário do banheiro da suíte 1 e da área de serviço. Na Figura 3a, o projeto detalha o sistema convencional de esgotamento sanitário, enquanto a Figura 3b ilustra a modificação necessária para implantação do sistema de reuso de água cinza, separando a destinação da água do vaso sanitário dos demais aparelhos hidráulicos.

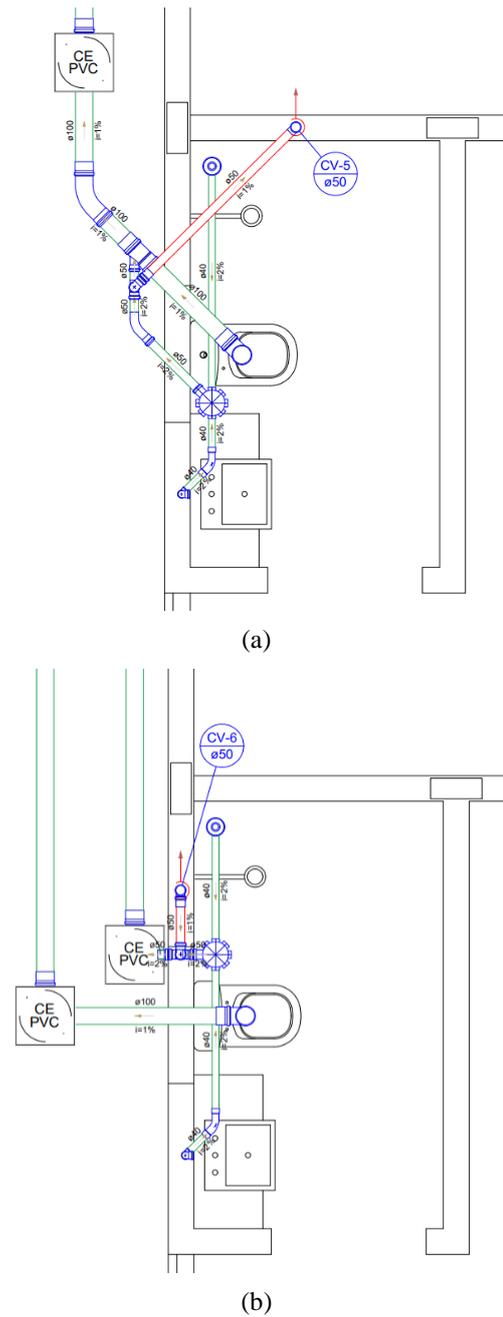
A instalação sanitária do banheiro e lavanderia é concentrada na parte superior da planta baixa da edificação, onde toda a água é coletada em direção a um ponto de caixa de inspeção no projeto convencional original, conforme ilustrado na Figura 3a. Após as modificações, foram criados dois caminhos para o sistema de esgoto. Os efluentes do lavatório, chuveiro, máquinas de lavar e tanques de lavar roupa são direcionados para o sistema de reaproveitamento, como mostrado na Figura 3b.



**Figura 3** – Ligação da cozinha, lavanderia e banheiro de forma convencional (a) e para reaproveitamento (b)

A Figura 4 representa as alterações feitas no sistema sanitário do banheiro da área gourmet. Na Figura 4a, é mostrada a configuração sanitária convencional do projeto original, enquanto na Figura 4b, é ilustrada a modificação necessária para separar a água cinza destinada ao reaproveitamento das outras águas que serão descartadas na fossa séptica e no sumidouro.

Como pode ser observado, na Figura 4a, todos os resíduos do sistema são direcionados para uma única caixa de esgoto (CE). Enquanto na Figura 4b, foram instaladas duas caixas separadas, uma para receber os efluentes da bacia sanitária e a outra para os resíduos provenientes dos demais dispositivos.



**Figura 4** – Ligação da área gourmet de forma convencional (a) e para reaproveitamento (b)

#### Sistema de tratamento

A eficiência de recuperação da água e a porcentagem de retorno em um sistema de jardim filtrante para reuso de água cinza podem variar significativamente com base no design específico do sistema, nas condições ambientais, na qualidade inicial da água cinza e em outros fatores. Essas variáveis precisam ser avaliadas experimentalmente em cada configuração específica.

O sistema dimensionado prevê um potencial de reuso de 600 litros por dia, e uma demanda de água de reuso de 396 litros por dia, ou seja, o jardim filtrando precisa ter uma eficiência de 66% de recuperação de água para o sistema que abastecerá vaso sanitário e torneiras de jardim. Caso as variáveis citadas anteriormente inviabilizem esse percentual de recuperação, seria necessário a instalação de um filtro específico para reuso de água cinza na substituição ao jardim filtrante proposto.

### Projeto hidráulico

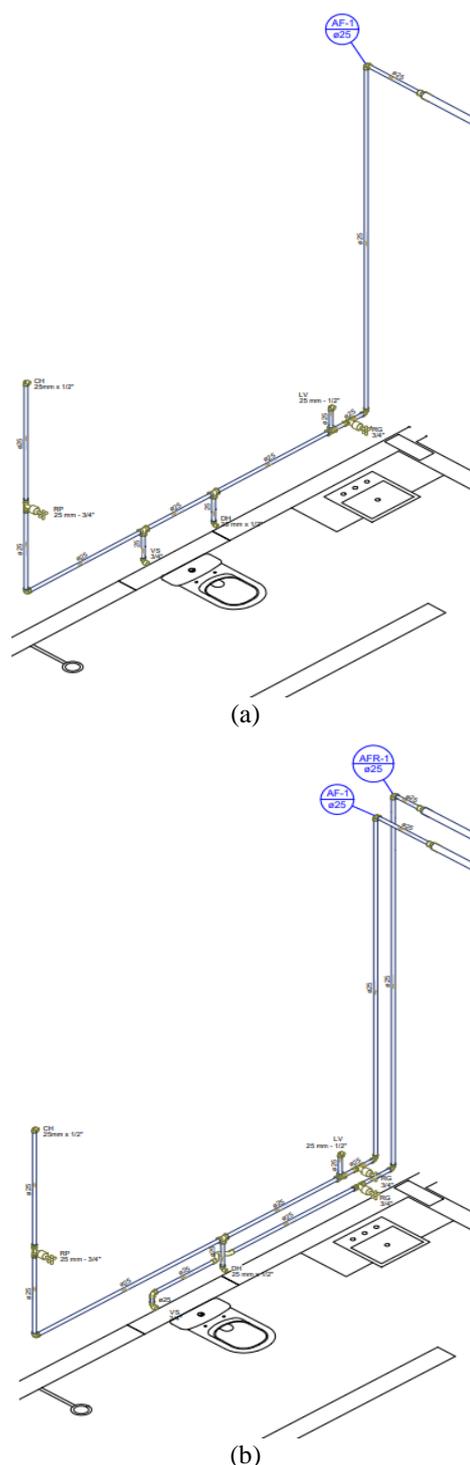
O projeto hidráulico desempenha o papel de estabelecer todas as tubulações, conexões e trajetos de distribuição de água para todos os dispositivos hidráulicos na edificação, sejam eles para uso potável ou não potável. Quando se desenvolve um sistema de reaproveitamento de água cinza, é necessário efetuar adaptações no projeto hidráulico para separar os dispositivos que requerem água potável dos que podem ser abastecidos com efluentes tratados para reuso.

De acordo com as especificações da Tabela 4, os dispositivos que receberão água cinza após o processo de tratamento são os vasos sanitários e as torneiras do jardim, os quais representam 33% do consumo total de água na construção. A Figura 5 ilustra a distribuição do sistema hidráulico do banheiro da suíte 2, sendo a Figura 5a referente à instalação convencional e a Figura 5b à instalação de reutilização de água. Como pode ser observado, na Figura 5a, há uma única tubulação de água fria que desce e fornece água para o lavatório, chuveiro, ducha higiênica e vaso sanitário. Enquanto isso, na Figura 5b, essa tubulação está separada, com uma parte direcionando a água reutilizada para o vaso sanitário e a outra fornecendo água para os demais dispositivos.

### Análise de Custos entre Sistema Convencional e Reaproveitamento de Águas Cinzas

Após a elaboração de projetos hidrossanitários convencionais e projetos de reutilização de água cinza em aparelhos não potáveis, é viável determinar os custos de implementação de ambos os sistemas, permitindo uma

comparação de custos com base nas listas de materiais detalhadas nos projetos.



**Figura 5** – Sistema hidráulico do banheiro da suíte 2 de forma convencional (a) e para reaproveitamento (b)

A Tabela 4 apresenta a quantidade de materiais requeridos para a instalação hidráulica, acompanhados pelos custos unitários e totais do sistema, com base nos dados da tabela Sinapi de setembro de 2023 para o Estado

de Goiás. Ao examinar os custos da Tabela 4, é possível notar um acréscimo de R\$ 259,58 ao optar pelo sistema de reuso. Essa diferença, que corresponde à 7%, é principalmente devido ao aumento em cerca de 90% na

utilização do tubo soldável de 25 mm, que foi de 50,78m para 95,29m de comprimento na adaptação do sistema de reuso de água cinza.

**Tabela 4 – Custo sistema hidráulico reuso e convencional**

<b>Materiais</b>	<b>Und</b>	<b>Qtd. Conv.</b>	<b>Qtd. Reuso</b>	<b>Preço Unit.</b>	<b>Preço Conv.</b>	<b>Preço reuso</b>
Registro de gaveta c/ canopla cromada 3/4"	pç	7	8	R\$ 84,50	R\$ 591,50	R\$ 676,00
Registro de pressão c/ conopla cromada 3/4"	pç	4	4	R\$ 79,70	R\$ 318,80	R\$ 318,80
Registro esfera VS compacto sold PVC 50mm	pç	4	4	R\$ 33,80	R\$ 135,20	R\$ 135,20
Engate flexível em inox 1/2 - 30cm	pç	4	4	R\$ 44,82	R\$ 179,28	R\$ 179,28
Engate flexível plástico 1/2 - 30cm	pç	7	7	R\$ 4,69	R\$ 32,83	R\$ 32,83
Joelho de redução sold. c/ rosca 25mm - 1/2"	pç	4	4	R\$ 3,46	R\$ 13,84	R\$ 13,84
Luva soldável c/ rosca 25mm - 3/4"	pç	4	4	R\$ 1,04	R\$ 4,16	R\$ 4,16
Adaptador sold. c/ flange livre p/ cx. d'água 32mm - 1"	pç	2	2	R\$ 23,43	R\$ 46,86	R\$ 46,86
Adaptador sold. Curto c/ bolsa-rosca registro 25mm - 3/4"	pç	18	20	R\$ 1,13	R\$ 20,34	R\$ 22,60
Bucha de redução sold. Longa 50mm - 25mm	pç	4	6	R\$ 9,18	R\$ 36,72	R\$ 55,08
Joelho 90° soldável 25mm	pç	20	33	R\$ 0,92	R\$ 18,40	R\$ 30,36
Joelho 90° soldável 50mm	pç	12	12	R\$ 6,31	R\$ 75,72	R\$ 75,72
Tubo soldável 25mm	m	50,78	95,29	R\$ 5,25	R\$ 266,60	R\$ 500,27
Tubo soldável 50mm	m	47,31	39,08	R\$ 19,51	R\$ 923,02	R\$ 762,45
Tê 90 soldável 25mm	pç	17	13	R\$ 1,52	R\$ 25,84	R\$ 19,76
Tê 90 soldável 50mm	pç	0	2	R\$ 12,19	R\$ -	R\$ 24,38
Tê de redução 90 soldável 50mm - 25mm	pç	2	4	R\$ 12,87	R\$ 25,74	R\$ 51,48
Joelho 90° sold. c/ bucha de latão 25mm - 3/4"	pç	6	6	R\$ 10,19	R\$ 61,14	R\$ 61,14
Joelho de redução soldável c/ bucha de latão 25mm - 1/2"	pç	13	13	R\$ 6,77	R\$ 88,01	R\$ 88,01
Tê red. 90° sold. c/ bucha central 25mm - 1/2"	pç	1	1	R\$ 12,65	R\$ 12,65	R\$ 12,65
Reservatório cilíndrico polietileno 1000L	pç	2	2	R\$ 499,76	R\$ 999,52	R\$ 999,52
Curva de transposição 25mm	pç	0	3	R\$ 8,45	R\$ -	R\$ 25,35
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 3.876,16</b>	<b>R\$ 4.135,74</b>

A Tabela 5 exibe a quantidade de materiais necessários para a instalação sanitária, juntamente com os custos unitários e totais do sistema, conforme os dados da tabela Sinapi de setembro de 2023 para o Estado de Goiás.

Ao analisar os custos apresentados na Tabela 5, observa-se uma diferença de R\$1.582,68, tornando o sistema de reuso mais dispendioso, com um aumento de aproximadamente 24% sobre o custo total de materiais sanitários. Essa discrepância no valor ocorre devido ao uso de um maior número de tubulações de subcoletores, com

destaque para o Tubo PVC ponta-bolsa c/ virola de 100mm, que representa o componente mais oneroso, totalizando R\$ 2.676,54 do custo total e correspondendo a aproximadamente 33% do custo total do sistema de reuso.

Para a análise de custo do sistema de reuso de água cinza, o custo referente à implantação do jardim filtrante é essencial para o comparativo entre os dois sistemas hidrossanitários.

Tabela 5 – Custo sistema sanitário reuso e convencional

MATERIAIS	Und	Qtd. Conv.	Qtd. Reuso	Preço Unit.	Preço Conv.	Preço reuso
Caixa de gordura PVC CG 30cm	pç	1	1	R\$ 336,25	R\$ 336,25	R\$ 336,25
Caixa de passagem PVC 30 cm	pç	6	13	R\$ 71,72	R\$ 430,32	R\$ 932,36
Caixa sifonada 150x150x50	pç	6	6	R\$ 39,83	R\$ 238,98	R\$ 238,98
Caixa sifonada 250x230x75	pç	1	1	R\$ 89,53	R\$ 89,53	R\$ 89,53
Ralo sifonado Reg Saída 40 100mm - 40mm	pç	3	3	R\$ 10,68	R\$ 32,04	R\$ 32,04
Sifão de copo p/ pia e lavatório 1" - 1.1/2"	pç	3	3	R\$ 195,47	R\$ 586,41	R\$ 586,41
Sifão de copo p/ pia e lavatório 1" - 2"	pç	4	4	R\$ 7,75	R\$ 31,00	R\$ 31,00
Sifão flexível c/ adaptador 1.1/4" - 2"	pç	2	2	R\$ 7,75	R\$ 15,50	R\$ 15,50
Válvula p/ lavatório e tanque 1"	pç	3	3	R\$ 5,68	R\$ 17,04	R\$ 17,04
Válvula p/ pia 1"	pç	4	4	R\$ 4,56	R\$ 18,24	R\$ 18,24
Válvula p/ tanque 40mm	pç	2	2	R\$ 5,58	R\$ 11,16	R\$ 11,16
Curva 45° curta 100mm	pç	1	1	R\$ 9,72	R\$ 9,72	R\$ 9,72
Curva 45° longa 100mm	pç	2	1	R\$ 31,74	R\$ 63,48	R\$ 31,74
Curva 45° 50mm esgoto	pç	5	4	R\$ 4,03	R\$ 20,15	R\$ 16,12
Curva 45° longa 75mm	pç	1	0	R\$ 8,43	R\$ 8,43	R\$ -
Curva 45° longa 40mm esgoto	pç	3	3	R\$ 2,62	R\$ 7,86	R\$ 7,86
Curva 90° curta 100mm	pç	4	4	R\$ 24,78	R\$ 99,12	R\$ 99,12
Curva 90° curta 40mm esgoto	pç	6	6	R\$ 5,34	R\$ 32,04	R\$ 32,04
Curva 90° curta 50mm esgoto	pç	6	1	R\$ 12,22	R\$ 73,32	R\$ 12,22
Joelho 90° 100mm	pç	1	2	R\$ 8,83	R\$ 8,83	R\$ 17,66
Joelho 90° 50mm esgoto	pç	16	23	R\$ 3,25	R\$ 52,00	R\$ 74,75
Joelho 90° c/ anel p/ esgoto 40mm - 1.1/2"	pç	3	3	R\$ 1,99	R\$ 5,97	R\$ 5,97
Junção simples 100mm - 50mm	pç	2	0	R\$ 19,88	R\$ 39,76	R\$ -
Junção simples 100mm - 75mm	pç	1	0	R\$ 25,71	R\$ 25,71	R\$ -
Junção simples 100mm	pç	1	0	R\$ 57,58	R\$ 57,58	R\$ -
Junção simples 50mm	pç	1	1	R\$ 22,32	R\$ 22,32	R\$ 22,32
Luva simples 100mm	pç	8	4	R\$ 14,43	R\$ 115,44	R\$ 57,72
Luva simples 50mm	pç	1	1	R\$ 10,76	R\$ 10,76	R\$ 10,76
Tubo PVC ponta-bolsa c/ virola 100mm	m	55,26	106,55	R\$ 25,12	R\$ 1.388,13	R\$ 2.676,54
Tubo PVC ponta-bolsa c/ virola 50mm	m	14,36	18,08	R\$ 11,47	R\$ 164,71	R\$ 207,38
Tubo PVC ponta-bolsa c/ virola 75mm	m	2,52	0,76	R\$ 20,81	R\$ 52,44	R\$ 15,82
Tubo rígido c/ ponta e bolsa soldável 40mm	m	1,06	1,06	R\$ 10,31	R\$ 10,93	R\$ 10,93
Tubo rígido c/ ponta lisa 100mm	m	8,17	5,78	R\$ 25,12	R\$ 205,23	R\$ 145,19
Tubo rígido c/ ponta lisa 40mm	m	7,56	7,56	R\$ 17,79	R\$ 134,49	R\$ 134,49
Tubo rígido c/ ponta lisa 50mm	m	6,28	5,7	R\$ 19,51	R\$ 122,52	R\$ 111,21
Tê sanitário 100mm - 50mm	pç	1	2	R\$ 18,08	R\$ 18,08	R\$ 36,16
Tê sanitário 50mm	pç	7	9	R\$ 7,98	R\$ 55,86	R\$ 71,82
Tê sanitário 100mm	pç	0	1	R\$ 17,00	R\$ -	R\$ 17,00
Tê sanitário 75mm - 50mm	pç	1	0	R\$ 17,48	R\$ 17,48	R\$ -
Alça ferro	pç	1	1	R\$ 11,18	R\$ 11,18	R\$ 11,18
Argamassa	kg	0,57	0,68	R\$ 0,65	R\$ 0,37	R\$ 0,44
Brita n°3	m³	0,24	0,33	R\$ 96,94	R\$ 23,27	R\$ 31,99
Concreto	m³	1,68	1,69	R\$ 650,33	R\$ 1.092,55	R\$ 1.099,06
Tampa hermética	pç	1	1	R\$ 531,96	R\$ 531,96	R\$ 531,96
Tijolo furado	pç	287	341	R\$ 1,17	R\$ 335,79	R\$ 398,97
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 6.623,96</b>	<b>R\$ 8.206,64</b>

A Tabela 6 detalha os materiais necessários para o desenvolvimento do jardim filtrante dimensionado conforme número de pessoas para o estudo de caso.

Ao analisar a Tabela 6, é possível constatar o custo total para a implementação de um jardim filtrante, visto que o custo maior para a execução do mesmo é referente as geomembranas que se trata da última camada de filtragem do fluido existente.

### Custo Total do Investimento

Após analisar os custos dos componentes que compõem um sistema hidrossanitário, obteve-se o valor total para cada um dos sistemas. Nessa perspectiva, a Tabela 7 apresenta os valores totais obtidos para os dois sistemas, referente aos materiais de construção civil necessários para sua implantação.

Tabela 6 – Custo Jardim Filtrante

MATERIAIS	Und	Qty	x	Preço Unit.	Preço
Tubo esgoto 100 mm	pc	1		R\$ 95,04	R\$ 95,04
Caixa gordura 300 mm	pc	1		R\$ 336,25	R\$ 336,25
Reservatório 100 litros	pc	1		R\$ 168,40	R\$ 168,40
Geomembrana EPDM	m <sup>2</sup>	30		R\$ 14,10	R\$ 423,00
Geomembrana Geotexteis	m <sup>2</sup>	30		R\$ 24,85	R\$ 745,50
Flange para geomembrana	pc	2		R\$ 220,14	R\$ 440,28
Brita 2	m <sup>3</sup>	2		R\$ 103,17	R\$ 206,34
Areia	m <sup>3</sup>	3		R\$ 124,47	R\$ 373,41
Tela Nylon	m	10		R\$ 2,72	R\$ 27,24
Curva longa 100 mm	pc	1		R\$ 62,15	R\$ 62,15
Reservatório 1000 litros	pc	1		R\$ 354,90	R\$ 354,90
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 1.506,19</b>	<b>R\$ 3.232,51</b>

Tabela 7 – Custo total do sistema

Sistema	Convencional	Reuso de água cinza	Diferença
Inst. Sanit.	6.623,96	8.206,64	1.582,68 (24%)
Inst. Hidr.	3.876,16	4.135,74	259,58 (7%)
Jardim Filtrante	-	3.232,51	-
<b>Total</b>	<b>10.500,12</b>	<b>15.574,89</b>	<b>5.074,77 (48%)</b>

A diferença total entre os dois sistemas para a sua implantação, é de R\$ 5.074,77, o que corresponde a aproximadamente 48% de aumento para utilização de um sistema de reuso de água cinza.

No que diz respeito ao custo total da obra, seu valor é estimado em R\$ 550.726,52, de acordo com o relatório de custos unitários básicos na construção (CUB/m<sup>2</sup>). Portanto, o custo total para a implementação do sistema de reuso de águas cinzas representa apenas 0,92% do custo total da obra, demonstrando que é um sistema que proporcionará benefícios ambientais significativos, e ainda assim, não ultrapassa 1% do custo total da construção.

## CONCLUSÃO

Nesta pesquisa, foi explorado a implementação do reuso de águas cinzas em uma residência rural, onde a

tarifa de água não é um fator financeiro relevante. Demonstrou-se que, apesar da ausência de benefícios financeiros diretos, a prática do reuso de águas cinzas ajuda um papel. É fundamental na promoção da sustentabilidade ambiental. Cerca de 33% da água é reutilizada, o que não apenas reduz o consumo de água potável, mas também alivia a pressão sobre os recursos hídricos locais.

A preservação do meio ambiente é uma preocupação cada vez mais urgente, e o aproveitamento de águas cinzas é uma medida concreta que pode ser aplicada pelas comunidades rurais e urbanas. Além de conservar a água, essa prática contribui para a redução da poluição hídrica, reduzindo a quantidade de água tratada desnecessariamente.

Embora o retorno financeiro possa não ser imediato, a recompensa está na minimização do impacto ambiental e na construção de um futuro mais sustentável para as gerações vindouras. Portanto, o aproveitamento de águas cinzas em uma residência rural é uma ação que merece ser incentivada e assumida como parte de um compromisso mais amplo com a preservação do nosso planeta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Relatório Mundial das Nações Unidas sobre **Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021**. O valor da água – fatos e dados. Disponível [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751\\_p0r](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_p0r). Acesso: 20 Mar.2023.
- 2 VESENTINI, J. W. Brasil, Sociedade e Espaço. 7 ed. São Paulo: Ática, 1999.
- 3 SCRIPTORE, J. S. **Impactos do saneamento ambiental sobre saúde e educação: uma análise espacial**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.
- 4 CASSINI, S. T. **Digestão de Resíduos Sólidos Orgânicos e Aproveitamento do Biogás**. Rio de Janeiro: PROSAB3, 2003.

- 5 SOARES, D. A. F; GONÇALVES, O. M. **Fuzzy sets applied to the building reuse systems design. In: CIB W62 Seminar.** Rio de Janeiro. Proceedings. CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro. v.1, p. B3-1 B1-8, 2001.
- 6 METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering – Treatment and Reuse.** 4 ed. New York: McGraw Hill, 2003.
- 7 MENDONÇA, P. A. O. **Reuso de água em edifícios públicos.** O caso da escola politécnica. Salvador, 2004. 162 p. Dissertação (Mestrado em gerenciamento e tecnologias ambientais no processo produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2004.
- 8 GIBBERD, J. **Integrating Sustainable Development into Briefing and Design Processes of Buildings in Developing Countries: An Assessment Tool.** 2003. 168 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Faculdade de Engenharia, Ambiente Construído e Tecnologia da Informação, Pretoria, África do Sul, 2003.
- 9 TOMAZ, P. **Conservação da Água.** São Paulo, 1998. Ed. Digihouse, 176 p.
- 10 MEKONNEN, Mesfin M; HOEKSTRA, Arjen Y.Four Billion people facing severe water scarcity. Science Advances, Vol. 2, n.2, e1500323, 2016. 67 Disponível em <<http://advances.sciencemag.org/content/2/2/e1500323.full>>
- 11 FAO & WWC. **Towards a Water and Food Secure Future.** White paper, [s. l.], p. 61, 2015. Disponível em: [http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de\\_departament/de02\\_estadistiques\\_observatoris/27\\_butlletins/02\\_butlletins\\_nd/documents\\_nd/fitxers\\_estadistiques\\_nd/2015/0156\\_2015\\_MA\\_RecursosHidrics\\_Aigua-crisi-alimentaria-Mon.pdf](http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/27_butlletins/02_butlletins_nd/documents_nd/fitxers_estadistiques_nd/2015/0156_2015_MA_RecursosHidrics_Aigua-crisi-alimentaria-Mon.pdf).
- 12 PHILIPPI, J. A. **Introdução ao reúso de águas.** In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de águas. São Paulo: Manole, 2003. P. 6.
- 13 MONTEIRO, V.R. **Wetlands contruídos empregados no tratamento descentralizado de águas cinzas residencial e de escritório.** Florianópolis, 2014. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.
- 14 BRASIL, **Ministério do Meio Ambiente.** Agência Nacional de Água. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP. Conservação e Reuso de água em edificação. São Paulo, 2005.
- 15 BRASIL. **Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54,** de 28 de novembro de 2005 - Estabelece critérios gerais para reúso de água potável. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso de água não potável de água, e dá outras providências. 2005.
- 16 BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.** Brasília, 2021.
- 17 MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2009. 200f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- 18 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 2020. 41p.
- 19 MAGRI, M. E.; FENELON, F. R.; RABELO, L.; ROSSETO, T. S.; PHILIPPI, L. S. **Reúso de águas cinzas tratadas em descarga de vaso sanitário e rega de jardim.** In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13., 2008, Belém.

- Trabalhos técnicos Rio de Janeiro: ABES, 2008. 1 CD-ROM.
- 20 VYMAZAL, J. **Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: a review.** Ecological Engineering, v.73, p. 724-751, 2014.
- 21 JAMRAH, A.; AL-OMARI, A.; AL-QASEM L.; ABDEL GHANI, N. **Assessment availability and characteristics of gray water in Amman.** Int Water Resour Assoc. v.31, p.210–220, 2006.
- 22 SILVA, C. A.; ROCHA, A. M. A. **Consumo de água em residências unifamiliares: estudo de caso em Cuiabá-MT.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17., 2007, Gramado. Anais... Porto Alegre: ABRH, 2007.
- 23 BRASIL. **Ministério das Cidades.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Manual de uso e conservação da água nas edificações. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2010.
- 24 TRATA BRASIL, Instituto. **Água.** 2020. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>.
- 25 PATRICK, G. **Dimensionamento de um sistema hidráulico predial para reúso de águas cinzas em uma edificação residencial.** 2017.
- 26 COELHO. G.M. **Avaliação dos usos finais de água em residências unifamiliares localizadas em Blumenau – SC.** Relatório de Iniciação Científica. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- 27 SANT'ANA, D., BOEGER, L. MONTEIRO, L. **Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília – parte 1: reduções no consumo de água.** Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo, Brasília, v.10, n.10, p.77-83, 2013.
- 28 BOTELHO. G.L.P. **Avaliação do consumo de água em domicílios: Fatores intervenientes e metodologia para setorização dos usos.** Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, águas e Saneamento) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.
- 29 DECA. **Uso Racional de Água.** 2005. Disponível em: <http://www.deca.com.br/vitrine/agua/manutencao.html>
- 30 Instituto de Pesquisas tecnológicas – IPT / PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA – PNCDA. Caracterização e monitoramento do consumo predial de água, 2007. Disponível em: [http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA\\_E1.pdf](http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_E1.pdf).