



NIVALDO JOSÉ DE BRITO NETO

**SISTEMAS RESIDENCIAIS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA: UMA
REVISÃO**

**Conceição do Coité – BA
2021**

NIVALDO JOSÉ DE BRITO NETO

**SISTEMAS RESIDENCIAIS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA: UMA
REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade da Região Sisaleira como requisito para obtenção de título de bacharel.

Orientador(a): Prof. Me. Samuel Alex Sipert Miranda.

Coorientador(a): Prof. Dr. Gustavo Correa de Abreu.

Conceição do Coité – BA

2021

Ficha Catalográfica elaborada por:
Joselia Grácia de Cerqueira Souza – CRB-Ba. 1837

B862s Brito Neto, Nivaldo José de

Sistemas residenciais para tratamento de água cinza: uma revisão./Nivaldo José de Brito Neto.Conceição do Coité (Ba.), FARESI, 2021.

30 p.: il. (algumas color.)

Referências: p. 27-30

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade da Região Sisaleira como requisito para obtenção de título de bacharel.

Orientador: Prof. Me. Samuel Alex Sipert Miranda.

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Correa de Abreu.

1. Reutilização de água . 2. Filtros para tratamento de água cinza.
3. Escassez de água. 4. Wetland. I. Título.

CDD : 628

Nivaldo José de Brito Neto

2021

Orientador: Me. Samuel Alex Sipert Miranda.

Coorientador: Dr. Gustavo Correa de Abreu.

RESUMO: Alternativas de economia de água, tratamento, e reúso tem sido estudado com maior frequência devido à escassez de água em diversas regiões do planeta. O objetivo geral desse trabalho foi revisar o potencial do reúso de água cinza tratada para fins não potáveis a partir de uma revisão bibliográfica de projetos de tratamento em escala residencial. Efetuou-se busca de artigos de periódicos indexados nas bases de dados: ELSEVIER, SciELO, NATURE, Google Academic, e repositórios universitários. Sendo avaliados no total 36 documentos publicados no Brasil e no exterior, sendo, 10 destes separados para revisão dos sistemas empregados. Analisou-se seus parâmetros físico-químicos e microbiológicos de acordo com a NBR 16783:2019. Foram considerados também as questões econômicas deste efluente em residência unifamiliar. Apresentando conclusões de potencialidade da água cinza para fins menos nobres após um adequado tratamento.

Palavras-chave: Água cinza, reutilização de água, filtros para tratamento de água cinza, escassez de água, wetland.

RESIDENTIAL SYSTEMS FOR GREYWATER TREATMENT: A REVIEW

Nivaldo José de Brito Neto

2021

Advisor: MSc. Samuel Alex Sipert Miranda.

Co-Advisor: DSc. Dr. Gustavo Correa de Abreu

ABSTRACT: Alternatives for saving water, treating, and reusing water have been studied with greater frequency due to the scarcity of water in different regions of the planet. The general objective of this work was to review the potential of reusing treated gray water for non-drinking purposes, based on a literature review of treatment projects at a residential scale. Articles from journals indexed in the following databases were searched: ELSEVIER, SciELO, NATURE, Google Academic, and university repositories. A total of 36 documents published in Brazil and abroad were evaluated, 10 of which were separated for review of the systems used. Its physical-chemical and microbiological parameters were analyzed according to NBR 16783:2019. The economic issues of this effluent in single-family homes were also considered. Presenting conclusions of gray water potential for less noble purposes after adequate treatment.

Keywords: Greywater, water reuse, filters for greywater treatment, water scarcity, wetlands.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10

2.1	ÁGUA CINZA: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS.....	10
2.2	SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA.....	12
2.3	RISCO NO REUSO DE ÁGUA.....	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
4	SISTEMAS RESIDENCIAIS DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA	16
5	CONCLUSÃO.....	27
	REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

Embora muitas vezes considerada comum, a água é a substância mais consumida no planeta. De acordo com Bazarella (2005), o consumo de água nos últimos 100 anos multiplicou-se por cerca de seis vezes, e atualmente, aproximadamente um terço da humanidade vive em áreas com escassez hídrica, seja em quantidade, quando a quantidade de água disponível na região é insuficiente para atender toda a demanda, quanto em qualidade, quando há falta de sistemas de abastecimento com tratamento adequado à população (HAFNER, 2007).

O Brasil possui cerca de 12% das águas doces disponíveis em todo o planeta. Recursos estes, que estão sob forte influência dos efeitos climatológicos que estabelecem assim uma distribuição hídrica irregular no território, com isso desafiando a disponibilidade da água em algumas regiões (TUNDISI et al., 2020).

A fim de abastecer a população, o gerenciamento da água ainda é baseado na abordagem de início e fim de tubo, com sistemas centralizados de abastecimento de água e coleta de esgoto. Entretanto, apesar da expansão da rede de água para abastecimento urbano, a mesma ainda é insuficiente para a crescente população das grandes e médias cidades (FIORI e PIZZO, 2008). Além do alto consumo, que pode comprometer a disponibilidade dos recursos hídricos, a poluição dos mananciais é outro impacto ambiental gerado pelo despejo de esgoto não tratado que compromete diretamente a qualidade da água (SILVA, 2018).

Para isso é de grande importância o desenvolvimento de alternativas tecnológicas para abastecimento e tratamento descentralizados, tendo em vista que a demanda pelos recursos hídricos aumente com o passar do tempo (SELLA, 2011). Uma opção que vem sendo amplamente estudada nos últimos anos é o uso de água cinza para fins menos nobres, aumentando a oferta de água e evitando que o efluente não tratado seja lançado diretamente no meio ambiente (SILVA, 2018).

A água cinza pode ser definida como a água proveniente de lavatórios, chuveiros, pias de cozinha, tanques e máquinas de lavar roupa, possuindo uma carga poluidora baixa quando comparada as outras águas residuais da residência (ERIKSSON et al., 2002). Segundo Hernandez Leal et al. (2007), a água cinza é responsável pela maior parcela gerada dos efluentes residenciais, podendo apresentar até 70% do volume de esgoto doméstico gerado em um único dia.

A reutilização local desse efluente após um tratamento adequado tem potencial de beneficiar os usuários, diminuindo os investimentos voltados para infraestrutura e manutenção, com isso reduzindo a pressão sobre os corpos naturais de águas afim de preservar os recursos hídricos já existentes e garantindo pôr fim, a sustentabilidade (CAMPOS; COHIM, 2021). O impacto desta medida é ainda maior em regiões que sofrem com instabilidade pluviométrica, altas temperaturas, e irregularidade de vazão dos mananciais, a exemplo da região Sisaleira, localizada no semiárido da Bahia (FEITOSA, 2016).

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar a potencialidade do reuso de água cinza tratada para fins menos nobre a partir de uma revisão bibliográfica de projetos de tratamento em escala residencial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ÁGUA CINZA: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS

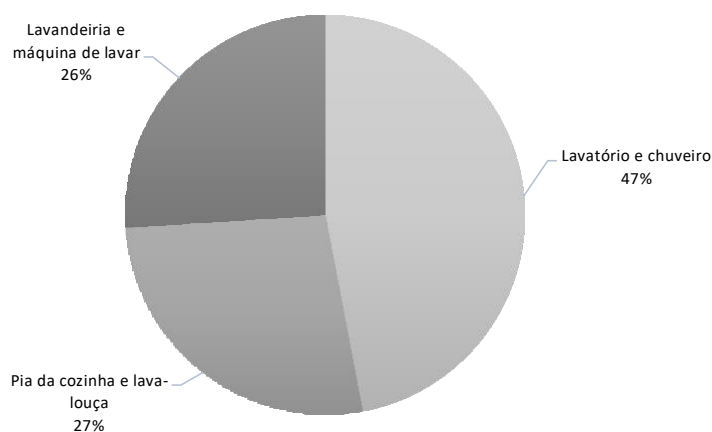
As águas oriundas de uma residência doméstica podem ser classificadas de acordo com as diferentes correntes. A classificação tem a importância de determinar os estudos para cada tipo de água, sendo assim, obter alternativas de tratamento específicos e posteriormente de reuso para cada efluente gerado (SILVA, 2018). Determinar as características dos diferentes tipos de águas residuais é primordial para o sucesso dos determinados projetos de reuso (BAZZARELLA, 2005).

Os efluentes residenciais em algumas literaturas são divididos em dois grupos, sendo eles, água cinza clara e água cinza escura, tendo as características definidas na concentração de contaminante provenientes diretamente da fonte. Água cinza clara inclui efluente oriundo dos chuveiros, banheiras, lavatórios e pias de banheiro, por outro lado, as águas residuais de lavagem de roupa, enxágue, máquinas de lavar, cozinha e lava-louças são caracterizadas como água cinza escura (LI et al., 2009; GHAITIDAK; YADAV, 2013; ALSULAILI; HAMODA, 2015). Água cinza clara apresenta carga poluidora menos agressiva em relação a água cinza escura. A água cinza total ou mista inclui os dois grupos de efluente residual.

Águas cinzas são, como já dito, a maior porção de recurso hídrico dentro do esgoto residencial, efluentes estes gerados nos processos de limpeza e lavagem. A reutilização de água cinza está relacionado diretamente a um conceito de reaproveitamento de efluentes domésticos com baixo grau de contaminação (ERIKSSON et al., 2002; JEFFERSON et al., 2004; OTTOSON; STENSTRÖM, 2003).

A água cinza possui variações quanto a quantidade produzida. A (Figura 1) apresenta em média a quantidade do efluente e suas principais fontes geradoras, sendo elas as lavanderias, máquinas de lavar, pias e chuveiro (GHAITIDAK; YADAV, 2013; SHAIKH; AHAMMED, 2020).

Figura 1. Distribuição das águas cinzas geradas de diferentes fontes



Fonte: GHAITIDAK e YADAV (2013)

As características das águas cinza possuem semelhanças ao esgoto sanitário convencional, contem alta concentração de matéria orgânica facilmente biodegradáveis, substâncias já citadas, oriundas principalmente dos produtos utilizados pelos usuários sendo estes, sabão, shampoo, condicionador e similares (OTENG-PEPRAH; ACHEAMPONG; DEVRIES, 2018; SILVA, 2018), porém, não apresenta abundância de nutrientes como nitrogênio e fósforo, pois são provenientes de fezes e urinas em sua maioria, sendo assim, escassos nesse tipo de efluente (GONÇALVES, 2009).

As suas características dependem tanto da qualidade do abastecimento de água, quanto do tipo da rede de distribuição, sendo eles a lixiviação da tubulação, dos processos químicos e biológicos no biofilme nas paredes da tubulação, e por fim, das atividades domésticas (ERIKSSON et al., 2002; OTENG-PEPRAH; ACHEAMPONG; DEVRIES, 2018).

A localização geográfica seguido pelo nível econômico das famílias, são fatores determinantes para identificar os tipos de produtos usados. Sendo assim, como

os produtos variam muito em sua composição, haverá águas cinzas com diferentes características (JEFFERSON et al., 2000).

A Tabela 1 apresenta as características físico-químicas e microbiológicas de águas cinza originadas de diferentes fontes.

Tabela 1. Características das águas cinza originadas de diferentes fontes

Parâmetros	Bazzarella (2005)			B. Jefferson et al. (2004)		
	Lavatório	Chuveiro	Máquina de lavar	Lavatório	Chuveiro	Banheira
Físicos						
Turbidez (NTU)	158	109	58	164	84,8	59,8
ST	500	437	1004			
SST	146	103	53	153	89	58
Químicos						
pH	8,03	7,34	9,06	7,32	7,52	7,5
Condutividade	116	124	194			
Alcalinidade	88,0	38,3	74,2			
DBO5	265	165	184	155	146	12,3
DQO	653	582	521	587	420	36,7
Cloreto	10,1	20,0	23,6			
Microbiológicos						
Coliformes Totais	1,35E+02	3,95E+04	5,37E+00	420	6800	635
Coliformes Fecais						
E. Coli	1,01E+01	2,63E+04	2,73E+01	10	1490	82,7

Fonte: (BAZZARELLA, 2005); (JEFFERSON et al., 2004).

2.2 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

O tratamento é uma etapa fundamental para o uso da água cinza, cabe ao processo empregado prevenir contaminações provenientes do efluente, evitando os riscos à saúde humana quando o mesmo entra em contato com o ambiente (KNUPP, 2013).

Segundo a Agência Nacional de Águas (2005) a água cinza precisa passar por uma série de tratamentos, são:

1. Sedimentação;
2. Filtração;
3. Sistema físico-químico: coagulação, floculação, decantação ou flotação; ou sistema aeróbio;

4. Desinfecção;
5. Correção de pH.

Conforme Silva (2018), existem dois grupos de sistemas para tratamento de águas residuais, sendo eles, os biológicos e os físico-químicos. As características do efluente determinam qual o melhor tratamento dentre ambos, podendo haver a combinação dos dois tipos para a qualidade de saída seja aceitável. De acordo com Martins (2019), os métodos biológicos utilizados para tratar o efluente, são caracterizados tanto por apresentar sistemas aeróbios ou anaeróbios.

Alguns dos tratamentos aeróbios usados frequentemente são: lagoas aeradas, filtros biológicos aeróbios, wetlands, filtros aerados. Já os tratamentos anaeróbios mais comuns são: tanque sépticos, filtros anaeróbios, reatores de manta de lodo, reatores anaeróbios compartimentados e reatores de leito expandido ou fluidificado (SILVA, 2018).

Os sistemas individualizados mais comumente utilizados para tratamento de água cinza ou esgoto doméstico são os Wetlands Construídos, especialmente por apresentar baixa demanda energética e uso simples de operação e manutenção, além disso, menores custos de investimento para a sua fabricação em comparação com os sistemas sofisticados (JOAN GARCÍA et al., 2010; ROZKOSNY et al., 2014; CAMPOS; COHIM, 2021).

2.3 RISCO NO REUSO DE ÁGUA

A água cinza tem grande potencial em beneficiar os seus usuários, contudo, este efluente apresenta riscos potenciais e desafios que não podem ser ignorados, pois deve-se atentar ao fato de que a maioria das águas cinza brutas não atendem a qualidade necessária para a sua reutilização (MAIMON; GROSS, 2018).

Os desafios associados ao se reutilizar água cinza é o fato de que a água pode estar contaminada com agentes químicos ou microrganismos patogênicos,

podendo trazer riscos tanto para o usuário, quanto para o meio ambiente (SIGGINS et al., 2016; BENAMI; GILLOR; GROSS, 2016; SILVA, 2018).

A água cinza pode apresentar contaminação a partir de vírus, bactérias, protozoários e ovos de helmintos. Na maioria das vezes ocorre a partir de humanos infectados ao gerar esse efluente (MAIMON; GROSS, 2018; SILVA, 2018). Para isso, é necessário tratamento específico, para que seja possível diminuir esse risco (FANE; ASHBOLT; WHITE, 2002).

Para medir o limite de uso da água residuária, a ABNT NBR 16783 de 2019 (Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações) apresenta o grau dos parâmetros para uso do efluente (Tabela 2) para residências, seja unifamiliar ou multifamiliar:

Tabela 2. Classificação das águas de reuso e suas características.

<u>PARÂMETROS</u>	<u>Limites</u>
SDT	<2000 mg/L
pH	6,0 a 9,0
Turbidez	≤ 5 uT
DBO_{5,20}	≤ 20 mg O ₂ /L
Cloro residual	0,5 a 5,0 mg/L (máx. recomendado de 2,0 mg/L)
E. Coli	<200 NMP/100ml

Autor: ABNT NBR 16783:2019

Com finalidade de garantir que o reuso seja seguro e eficiente, a norma estabelece uma frequência de análise (Tabela 3), para que o usuário por si só identifique e reavalie as condições de operação dos sistemas.

Tabela 3. Frequência de amostragem de coleta de água cinza

<u>PARÂMETROS</u>	<u>FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM</u>	
	<u>EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR</u>	<u>EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR</u>
SDT ou Cond. Elétrica	Mensal	Semanal
pH	Semanal	Diária
Turbidez	Semanal	Semanal
DBO_{5,20}	Mensal	Mensal
Cloro residual	Semanal	Diária
E. Coli	Mensal	Mensal

Autor: ABNT NBR 16783:2019

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica em que foram utilizadas as bases de dados online ELSEVIER, SciELO, NATURE, Google Academic e repositórios universitários. Assim, inicialmente foi realizada uma busca sobre água cinza referente a seus diversos tratamentos e suas funcionalidades, tendo como objetivo identificar os benefícios deste efluente para o reuso, sendo referida em diversos periódicos nacionais e internacionais, através da revisão de literatura sobre o tema.

Na busca inicial foram considerados os títulos e os resumos dos artigos para a seleção utilizando trabalhos de interesse a serem revisados, logo após sendo destacados os resumos mais acessíveis e os textos completos dos artigos, utilizando-se como palavras chave os termos nacionais como água cinza, tratamento de água cinza, reutilização de água, filtros para tratamento de água cinza e escassez hídrica, wetland, e internacionais, procurados principalmente na língua inglesa como Greywater, greywater characteristics, greywater generation, water scarcity, wetland.

Foram utilizados como critérios de inclusão os textos que abordavam projetos de tratamento e reuso de água cinza em escala residencial, principalmente aqueles publicados no Brasil, com o objetivo de aproximar a discussão ao nosso contexto, entre 1997 e 2020 tendo a preferência em pesquisar publicações recentes. Assim, foram encontrados 33 artigos referentes a tratamento, importância, e reuso de água, sendo excluídos aqueles que não atendiam aos critérios estabelecidos.

Ao final, foram selecionados 10 artigos, sendo organizados em fichas nas quais constavam dados de identificação com observações pontuais para controle sobre as concepções da revisão dos sistemas empregados para reuso e tratamento de água cinza.

4 SISTEMAS RESIDENCIAIS DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

Os trabalhos selecionados estão organizados na Tabela 2. Esta seção é focada na análise de cada um destes sistemas com relação a sua capacidade e eficiência de tratamento, bem como seu custo de implantação.

Tabela 2. Sistemas de tratamento de água cinza.

AUTOR	TITULO	SISTEMA	COMENTARIOS
(FEITOSA, 2016)	Avaliação de sistema de tratamento da água cinza e reuso da água no semiárido brasileiro	Caixa de Passagem + Tanque Séptico + Filtro Orgânico + Reservatório	O sistema foi eficiente e proporcionou redução nos valores de vazão. Contudo, para o reuso seguro é necessário uma etapa de desinfecção para eliminar os agentes microbiológicos.
(SCHROEDER, 2016)	Estudo comparativo de viabilidade econômica do aproveitamento de água pluvial e reuso de água cinza em uma residência	Tanque Séptico + Wetland + Reservatório	O estudo demonstra que ambos os sistemas são viáveis economicamente. Apresentando um tempo de payback de aproximadamente 9,58 anos e um retorno de R\$5.760,55.
(RAMPRASAD et al., 2017)	Removal of chemical and microbial contaminants from greywater using a novel constructed wetland: grow	WETLAND	A eficiência de remoção foi referente a vários parâmetros, alguns deles: DBO 90,8%, DQO 92,5%, SS 91,6%, CF 91,4%.
(BOITRAGO, 2018)	Sistema de reuso de água cinza para uso não potável em residências	Tela + Filtro Biológico	O sistema apresentou custo estrutural elevado, e tratamento não analisado. No entanto, obteve-se cerca de 250L de água cinza para reuso.

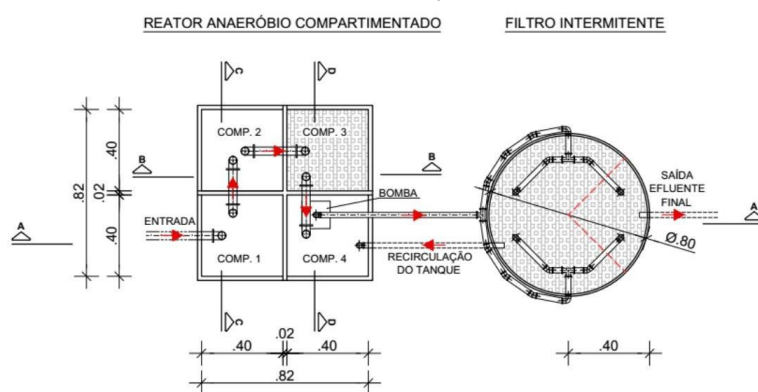
(SILVA, 2018)	Avaliação da potencialidade no reuso doméstico da água cinza tratada para fins não potáveis	Reator Anaeróbio Compartimentado + Filtro Intermitente Aeróbio	O sistema apresentou ineficiência de tratamento após problemas na sua capacidade de armazenamento.
(BOLTON; RANDALL, 2019)	Development of an integrated wetland microbial fuel cell and sand filtration system for greywater treatment	Filtro Biológico + Wetland	O desempenho do sistema foi competente na remoção de matéria orgânica, remoção de nutrientes e E. Coli.
(DANTAS et al., 2019)	Reuso de água cinza tratada em sistema de alagado construído com resíduos da construção civil	Filtro Biológico	É eficiente no tratamento diminuição dos parâmetros físico-químicos principalmente para turbidez, sólidos sedimentáveis e coliformes totais, com eficiência de remoção superior a 80%.
(ROSA, 2019)	Análise quali-quantitativa e econômica de um sistema combinado de aproveitamento de água pluvial e reuso de água cinza em uma residência unifamiliar	Sistema Água Pluvial + Água Cinza	O sistema demonstrou eficiência em reduzir em média 38% no consumo de água potável da edificação. Com valor aproximado de 57 litros diários por habitante.
(SOUSA, 2019)	Implantação e avaliação de um sistema para tratamento de água cinza	Reservatório + Caixa De Gordura + Wetland + Filtro Biológico	Parâmetros como pH, cor e turbidez, estão dentro dos limites permitidos. Entretanto, Salinidade e CE, não obtiveram resultados satisfatórios.
(GONÇALVES et al., 2021)	Microbiological risk from non-potable reuse of greywater treated by anaerobic filters	Filtro Anaeróbio + Wetland + Filtro Biológico + Cloração	Não foi eficiente em fornecer água cinza com qualidade físico-química e biológica

	associated to vertical constructed wetlands		satisfatória. Contudo, foi eficiente na remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão.
--	---------------------------------------------	--	---------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Próprio autor

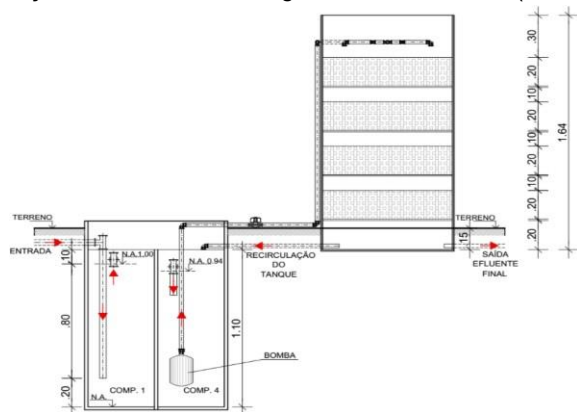
No estudo produzido por Silva (2018), utilizou-se de uma Estação de Tratamento de Água Cinza (ETAC), composta por um Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) e um Filtro Intermitente Aeróbio (FIA) (Figura 2 e Figura 3), para uma residência unifamiliar. Resultados obtidos por este projeto, foram que a ETAC utilizada não apresentou uma boa eficiência de tratamento pelo fato de que, a taxa de aplicação hidráulica foi superior a capacidade suportada.

Figura 2. Estação de tratamento de água cinza, vista superior. (Valores em metros)



Fonte: (SILVA, 2018)

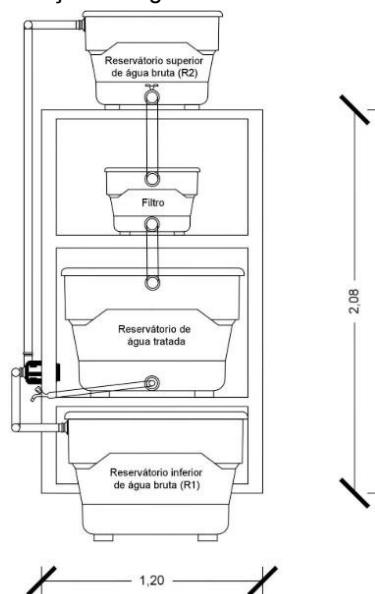
Figura 3. Estação de tratamento de água cinza, corte A-A. (valores em metros)



Fonte: (SILVA, 2018)

Conforme trabalho descrito e elaborado por Boitrigo (2018), onde em uma residência unifamiliar, construiu-se uma ETAC (Figura 4) com estrutura de aço para suportar os tanques acompanhado de um filtro biológico contendo divisões de seixos, areia lavada e carvão ativado.

Figura 4. Estação biológica de tratamento de AC

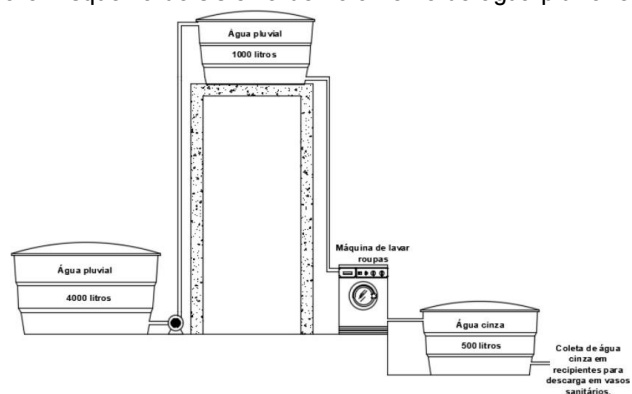


Fonte: (BOITRAGO, 2018)

Este sistema foi orçado na época por R\$ 4.970,00 e recebia um volume de 250L por semana. Após o tratamento, com isso, o uso do efluente foi destinado para as aplicações menos nobres, como, lavagem de áreas e garagem. No trabalho descrito não foram apresentados análises de tratamento.

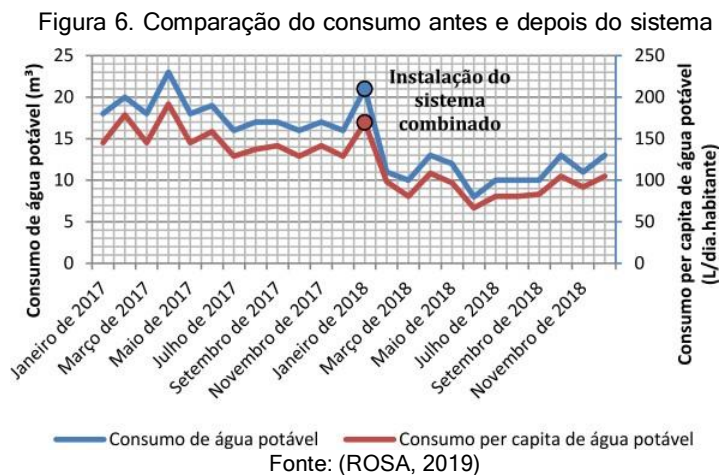
De acordo com o trabalho apresentado por Rosa (2019), o seguinte projeto foi construído e estudado em uma residência unifamiliar com quatro habitantes em Florianópolis, neste estudo apresentou-se um projeto (Figura 5) de reuso tanto da água da chuva como de água cinza.

Figura 5. Esquema do sistema de tratamento de água pluvial e AC



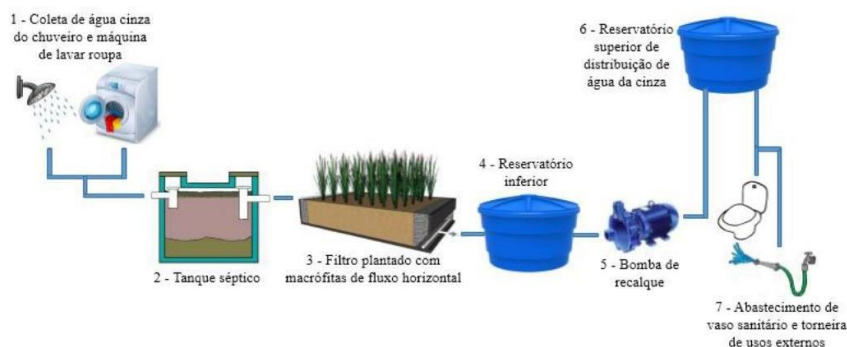
Fonte: (ROSA, 2019)

Em média, o consumo de água potável diário da residência era equivalente a 482 litros, aproximadamente 121L/hab. Já no primeiro mês após a instalação do sistema houve imediata redução de 31% (Figura 6) no consumo de água potável em relação ao último mês sem a instalação do sistema combinado. Com isso, com a utilização da água pluvial para lavagem das roupas e o benefício de reutilização água cinza para usos menos nobres, obteve-se uma redução econômica variando entre R\$ 56,12 e R\$ 184,66 na conta final da água na residência (ROSA, 2019). Contudo, não foram feitas análise físico-químico e nem microbiológico deste sistema.



No trabalho dirigido por Schroeder (2016) um estudo hipotético de uma residência unifamiliar com cinco habitantes com consumo per capita de água potável de 193L/hab, localizada em Florianópolis foi desenvolvido. Definiu-se como unidades de armazenamento e tratamento, um tanque séptico seguido por uma wetland (Figura 7), promovendo assim processos físicos e biológicos, porém, não foram feitas análises de qualidade de tratamento. Por fim, o valor hipotético total para a implementação deste sistema de reuso de água cinza na época foi orçado em R\$ 7.491,07.

Figura 7. Esquema do sistema de armazenamento e tratamento de água cinza

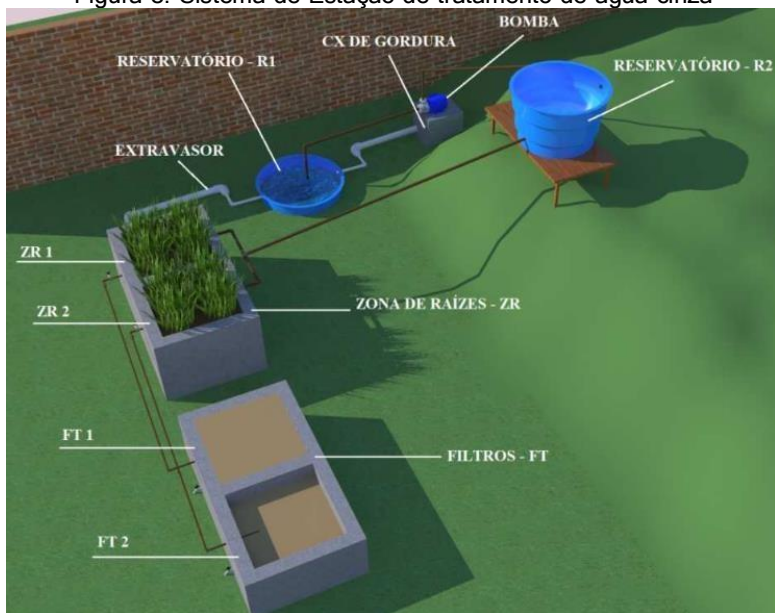


Fonte: (SCHROEDER, 2016)

Neste sistema, a quantidade de água cinza produzida em um dia no chuveiro e na máquina de lavar roupa foi de 15,76m³/mês sendo suficiente para atender as necessidades de abastecimento das descargas de bacias sanitárias e de torneiras de usos externos que eram de 7,38m³/mês.

No referido trabalho elaborado por Sousa (2019), foi instalado no Instituto Federal da Paraíba um sistema de ETAC (Figura 8), com a presença de reservatório, wetland, e um filtro de britas e areia lavada respectivamente. Os resultados obtidos após a análise, foram de que o processo de redução de turbidez e diminuição de sólidos foram aceitáveis. Contudo o trabalho não apresentou resultados eficientes sobre a qualidade na sua purificação, e não apurou os resultados referentes a economia de água com a utilização desta ETAC.

Figura 8. Sistema de Estação de tratamento de água cinza

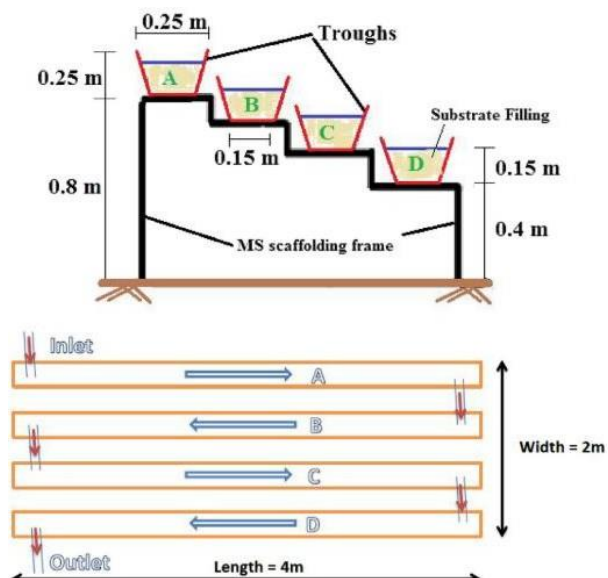


Fonte: (SOUSA, 2019)

De acordo com estudo desenvolvido por Ramprasad et al., (2017), foi instalado um sistema de reciclagem de água cinza (Figura 9) desenvolvido pela *Water Works UK Ltd., London*, sobre o telhado de um hostel na Índia. Este sistema

operou de novembro de 2013 há dezembro de 2016. Trata-se de uma wetland com filtro de areia, seixos e cascalhos. Em conclusão, o sistema obteve alta eficiência no tratamento sobre diversos parâmetros, dentre eles, DBO, ST e Coliformios Fecais.

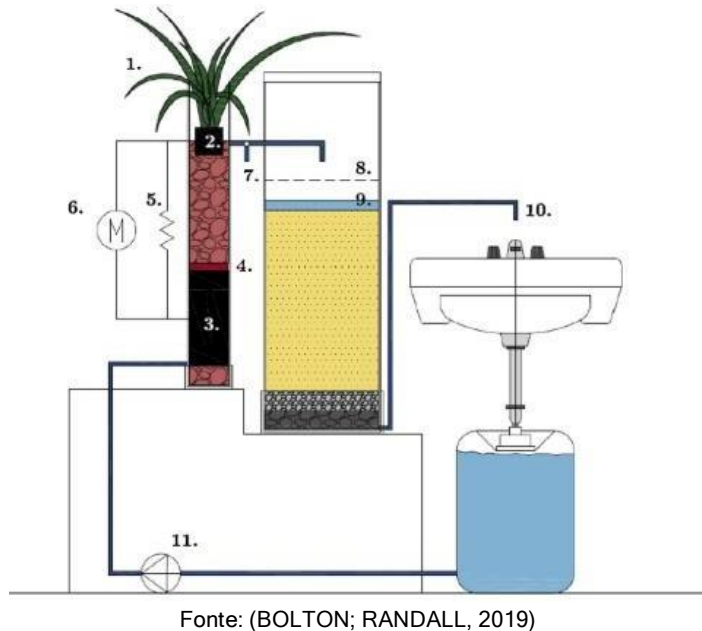
Figura 9. Sistema de reciclagem de água cinza



Fonte: (RAMPRASAD et al., 2017)

Em projeto produzido e discutido por Bolton e Randall (2019) onde nele, instalava-se um protótipo com fluxo constante em uma pia para lavagem de mãos (Figura 10). No sistema de tratamento contém um filtro de areia lavada com seixos, e a utilização de eletrodos condutores de eletricidade que possibilitariam fluxo de elétrons pelo sistema. Por fim, o sistema apresentou-se eficiente na remoção de E. Coli e na demanda química de oxigênio (BOLTON; RANDALL, 2019).

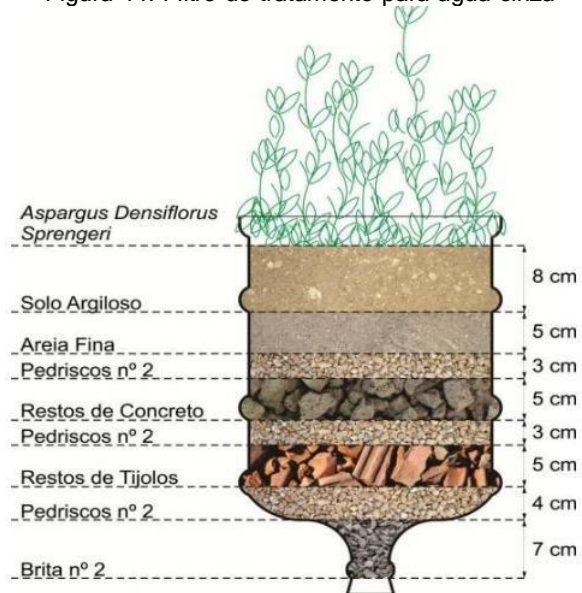
Figura 10. Protótipo de sistema de tratamento de água cinza



Fonte: (BOLTON; RANDALL, 2019)

No artigo elaborado por Dantas et al., (2019) para a avaliação da eficiência do sistema de tratamento de água cinza (Figura 11) desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande, teve como amostras águas que foram coletadas uma vez por semana nas pias da cozinha da lanchonete situada na praça da alimentação da UFCG. De acordo com o autor, o sistema é eficiente para tratamento após analisar a diminuição nos valores dos parâmetros físico-químicos principalmente para turbidez, sólidos sedimentáveis e coliformes totais, com eficiência de remoção superior a 80%.

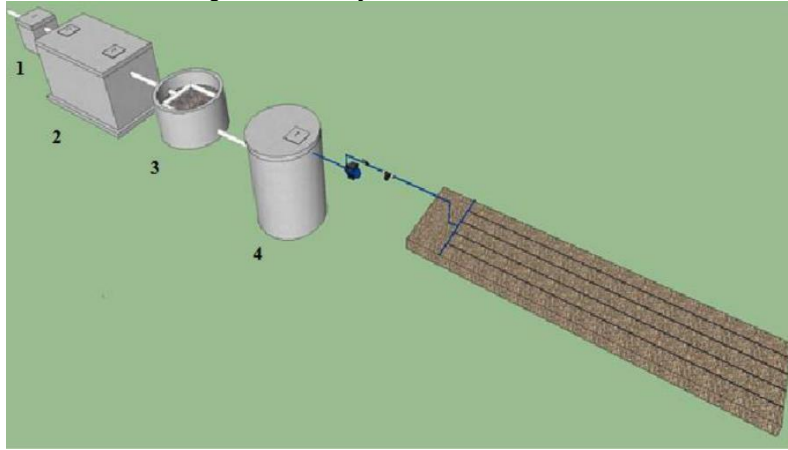
Figura 11. Filtro de tratamento para água cinza



Fonte: (DANTAS et al., 2019)

No projeto produzido por Feitosa (2016) onde foi construída uma ETAC (Figura 12) no terreno de uma residência unifamiliar com cinco habitantes, visando o tratamento e o aproveitamento na área agrícola para irrigação. A vazão média semanal da água cinza tratada foi correspondente a um volume de total de aproximadamente 546L. Contudo, observou-se que a maioria das características estão dentro dos limites dos padrões estabelecidos para reuso agrícola, com exceção de sólidos dissolvidos totais, E. Coli e coliformes totais. Sendo assim, este resultado indica que a água cinza tratada não apresenta segurança em seu uso, para isso, o efluente deveria passar por um processo de desinfecção, cogitando atender os padrões para reuso agrícola.

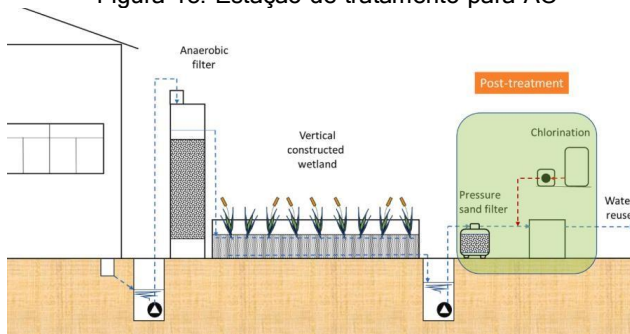
Figura 12. Estação de tratamento de AC



Fonte: (FEITOSA, 2016)

Por fim, projeto elaborado por Gonçalves et al., (2021), foi produzido uma ETAC (Figura 13) para tratamento de água cinza oriunda de pias, chuveiro e máquinas de lavar da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). O projeto contém um sistema de filtro anaeróbico, wetland, filtro de área a pressão e por um processo de cloração do efluente. O sistema não apresentou resultado de acordo com a normas técnicas brasileiras referente a qualidade físico-químico e biológico do efluente final. Ainda assim, se mostrou eficiente em remover matéria orgânica e sólidos suspensos.

Figura 13. Estação de tratamento para AC



Fonte: (GONÇALVES et al., 2021)

5 CONCLUSÃO

Com base na literatura referente a tratamento e reuso de água cinza para fins não potáveis, foi proposto neste estudo uma revisão de alguns sistemas, seja ela, filtros, wetlands e estações de tratamento e reuso que possam agregar em uma residência unifamiliar, sabendo que a que a água cinza possui potencial em ser reutilizada, e tendo como objetivo diminuir o consumo exacerbado dos recursos hídricos para fins menos nobres.

Os sistemas mais comuns e encontrados durante toda a pesquisa foram os sistemas como filtros biológicos e wetlands, estes, em sua maioria apresentam grande facilidade na construção e na análise de eficiência.

No geral, os sistemas demonstram boa iniciativa na diminuição do consumo de água potável. Entretanto, para determinar a eficiência do sistema, deve-se atentar para os parâmetros solicitados pela norma NBR 16783:2019. Ainda assim, nos sistemas presentes, em sua maioria, não foram eficientes ou não apresentaram resultados satisfatórios no tratamento, logo, podendo gerar riscos aos usuários. Portanto, antes de realizar o reuso da água cinza é importante utilizar uma forma de tratamento adequado.

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 16783:2019 - Uso de fontes alternativas de água não potável em Edificações: NBR 13.969. Rio de Janeiro, 2019.
- ALSULAILI, A. D.; HAMODA, M. F. Quantification and characterization of greywater from schools. **Water Science and Technology**, v. 72, n. 11, p. 1973-1980, 2015.
- BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações. p. 165, 2005.
- BENAMI, M.; GILLOR, O.; GROSS, A. Potential microbial hazards from graywater reuse and associated matrices: A review. **Water Research**, v. 106, p. 183-195, 2016.
- BOITRAGO, R. D. S. SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA CINZA PARA USO NÃO POTÁVEL EM RESIDENCIAS. **Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB**, p. 1-70, 2018.
- BOLTON, C. R.; RANDALL, D. G. Development of an integrated wetland microbial fuel cell and sand filtration system for greywater treatment. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 4, p. 103249, 2019.
- CAMPOS, R. M.; COHIM, E. B. DESEMPENHO AMBIENTAL DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA CINZA EM RESIDÊNCIA DE INTERESSE SOCIAL. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v. 14, n. 1, p. 122, 6 abr. 2021.
- DANTAS, P. R. et al. Reuso de água cinza tratada em sistema de alagado construído com resíduos da construção civil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 62, 2019.
- ERIKSSON, E. et al. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, v. 4, n. 1, p. 85-104, 2002.
- FANE, S. A.; ASHBOLT, N. J.; WHITE, S. B. Decentralised urban water reuse: The implications of system scale for cost and pathogen risk. **Water Science and Technology**, v. 46, n. 6-7, p. 281-288, 2002.
- FEITOSA, A. P. AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DA ÁGUA CINZA E REUSO DA ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA DOUTORADO EM**

MANEJO DE SOLO E ÁGUA, p. 1-95, 2016.

FIORI, S.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações**, v. 6, n. 1, p. 19-30, 2008.

GHAITIDAK, D. M.; YADAV, K. D. Characteristics and treatment of greywater-a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 5, p. 2795-2809, 2013.

GONÇALVES, R. F. et al. Microbiological risk from non-potable reuse of greywater treated by anaerobic filters associated to vertical constructed wetlands. **Journal of Water Process Engineering**, v. 39, n. October, 2021.

GONÇALVES, R. F. (COORDENADOR). Uso Racional de Água e Energia. **PROSAB edital nº 5**, p. 352p.: il., 2009.

HAFNER, A. V. CONSERVAÇÃO E REUSO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES – EXPERIÊNCIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS. **DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.**, p. 1-177, 2007.

JEFFERSON, B. et al. Technologies for domestic wastewater recycling. **Environmental Protection Bulletin**, v. 64, n. 1999, p. 8-14, 2000.

JEFFERSON, B. et al. Grey water characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse. **Water Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 157-164, 2004.

JOAN GARCÍA, DIEDERIK P. L. ROUSSEAU, JORDI MORATÓ C, E.; LESAGE, V. M. & J. M. B. Contaminant Removal Processes in Subsurface-Flow Constructed Wetlands: A Review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, n. April 2013, p. 37-41, 2010.

KNUPP, A. M. Desempenho de um sistema composto por um filtro anaeróbio e um “wetland” horizontal na produção de água para reuso predial a partir de água cinza clara. p. 157, 2013.

LI, F.; WICHMANN, K.; OTTERPOHL, R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 11, p. 3439-3449, 2009.

MAIMON, A.; GROSS, A. Greywater: Limitations and perspective. **Current Opinion in Environmental Science and Health**, v. 2, p. 1-6, 2018.

MARTINS, R. M. C. SUBSÍDIOS PARA REGULAMENTAÇÃO DO REUSO DE ÁGUA CINZA EM RESIDÊNCIAS DE INTERESSE SOCIAL. **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**, p. 1-78, 2019.

OTENG-PEPRAH, M.; ACHEAMPONG, M. A.; DEVRIES, N. K. Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 229, n. 8, 2018.

OTTOSON, J.; STENSTRÖM, T. A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. **Water Research**, v. 37, n. 3, p. 645-655, 2003.

RAMPRASAD, C. et al. Removal of chemical and microbial contaminants from greywater using a novel constructed wetland: GROW. **Ecological Engineering**, v. 106, p. 55-65, 2017.

ROSA, G. C. ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA COMBINADO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E REUSO DE ÁGUA CINZA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR. p. 1-159, 2019.

ROZKOSNY, M. et al. **Natural Technologies of Wastewater Treatment Natural Technologies of Wastewater Treatment**. [s.l: s.n.].

SCHROEDER, A. K. ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E REUSO DE ÁGUA CINZA EM UMA RESIDÊNCIA. **Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal de Santa Catarina**, p. 1-129, 2016.

SELLA, M. B. REUSO DE ÁGUAS CINZAS: AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE. 2011.

SHAIKH, I. N.; AHAMMED, M. M. Quantity and quality characteristics of greywater: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 261, n. February, p. 110266, 2020.

SIGGINS, A. et al. Effects of long-term greywater disposal on soil: A case study. **Science of the Total Environment**, v. 557-558, p. 627-635, 2016.

SILVA, H. AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE NO REUSO DOMÉSTICO DA ÁGUA CINZA TRATADA PARA FINS NÃO POTÁVEIS. **UNIVERSIDADE**

**ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**, p. 1-26, 2018.

SOUSA, B. A. A. DE. IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA PARA
TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA. **Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba**, p. 1-56, 2019.