

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

MILENA DE JESUS SANTOS

ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REUSO DE
ÁGUAS CINZAS PARA DESCARGAS EM BACIAS SANITÁRIAS E IRRIGAÇÃO
DE JARDINS EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ARACAJU

2022

MILENA DE JESUS SANTOS

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
REÚSO DE ÁGUAS CINZAS PARA DESCARGAS EM BACIAS
SANITÁRIAS E IRRIGAÇÃO DE JARDINS EM UM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, da Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Louise Francisca Sampaio Brandão

ARACAJU

2022

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Geocelly Oliveira Gambardella / CRB-5 1815,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Santos, Milena de Jesus

S237e Estudo da viabilidade da implantação de um sistema de reuso de águas cinzas para descargas em bacias sanitárias e irrigação de jardins em um condomínio residencial. / Milena de Jesus Santos. – Aracaju, 2022.

91 f. : il.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª. Louise Francisca Sampaio Brandão.
Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Sergipe, 2022.

1. Reuso de água. 2. Água cinza. 3. Sistema de tratamento. 4. Irrigação de jardim. 5. Bacia sanitária. I. Brandão, Louise Francisca Sampaio. II. Título.

CDU 628.3 (81)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DESERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia Nº 212

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REUSO DE
ÁGUAS CINZAS PARA DESCARGAS EM BACIAS SANITÁRIAS E IRRIGAÇÃO
DE JARDINS EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL**

MILENA DE JESUS SANTOS

Esta monografia foi apresentada às 08h30 do dia 07 de Fevereiro de 2022 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Florilda Vieira da Silva

Prof^a. Ma Florilda Vieira da Silva

(IFS – Campus Aracaju)

Tatiana Máximo Almeida Albuquerque

Prof^a. Dr^a. Tatiana Máximo Almeida
Albuquerque

(IFS – Campus Aracaju)

Louise Francisca Sampaio Brandão

Prof^a. Ma. Louise Francisca Sampaio
Brandão

(IFS – Campus Aracaju)
Orientador



Documento assinado digitalmente

Pablo Gleydson de Sousa
Data: 22/02/2022 09:48:39-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa
(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador da COEC

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

Serei grata, eternamente, a minha mãe Lúcia Antônia, por todo amor e compreensão. Obrigada por me ensinar a caminhar e assim poder seguir meus próprios passos. Pela educação que me dera e por sempre estar ao meu lado.

Dedico esse trabalho ao meu pai José Welligton (in memorian), que cuidou de mim até o último instante da sua vida. A minha querida madrinha Carla Patrícia (in memorian), que não pôde estar ao meu lado neste momento tão importante, mas que sempre torceu por mim. Saudades eternas.

Agradeço aos meus irmãos, Larissa de Jesus e Wallef de Jesus, pela paciência e compressão que têm me dado, pelo apoio demonstrado ao longo de todo o tempo que dediquei a este trabalho. Agradeço também a minha amada vizinha, Lúcia Mendes, que sempre deu suporte para que eu continuasse a estudar e chegasse até aqui.

Dedico esse trabalho a todos os professores da faculdade, que foram essenciais na minha trajetória acadêmica. Essa conquista só foi possível pela paciência e dedicação de cada docente. Também à minha orientadora, Louise Brandão, que sempre foi muito paciente, conselheira e acessível. Sem ela, não seria possível desenvolver esse trabalho.

Agradeço a minha prima, Yane Karla e amiga Vitória Regina, grandes incentivadoras dos meus estudos e que sempre me deram muita força durante a faculdade. Obrigada por sempre estarem por perto e fazerem parte desse momento.

Agradeço a todos os meus amigos de curso, em especial a Sarah Gabrielle, Nathália Cavalcante, Maxsuel Araújo e Jonas Costa com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formanda.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte dessa trajetória e que me permitiram chegar até aqui.

RESUMO

SANTOS, Milena de Jesus. **Estudo da viabilidade da implantação de um sistema de reuso de águas cinzas para descargas em bacias sanitárias e irrigação de jardins em um condomínio residencial. 91f.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2022.

O reuso de água não potável em sistemas prediais promove um abastecimento alternativo em usos que não oferecem riscos à saúde humana, como o reuso de águas cinzas para descarga de vasos sanitários, limpeza de calçadas e pisos e irrigação de jardins. A água cinza é proveniente de chuveiros, máquinas de lavar roupas e tanques e possui uma destinação não potável após o devido tratamento. Dentro dessa perspectiva, o objetivo do presente trabalho foi verificar a viabilidade da implantação de um sistema para a reutilização de águas cinzas oriundas dos chuveiros, em descarga de bacias sanitárias, lavagem de calçadas e irrigação de jardins. Essa análise foi feita em uma edificação do tipo residencial multifamiliar localizada na cidade de Aracaju-SE. Dados de consumo de água potável da edificação foram levantados já os dados de reuso foram quantificados com base na literatura. Estudou-se ainda os tipos de tratamentos possíveis para a água de reuso e o dimensionamento de uma estação de tratamento, com a finalidade de tratar o efluente para o reuso no local. Com os dados de oferta e de demanda calculados, foram analisados possíveis sistemas de tratamento para as águas cinzas da edificação concluindo-se que um sistema adequado para tratar essas águas seria composto por: tratamento primário (tanque séptico); tratamento secundário (filtro anaeróbio); filtração (filtro de areia) e desinfecção. Com a adoção do sistema de reuso no condomínio estudado, verificou-se uma economia mensal de R\$ 235,65 para irrigação de jardins e R\$ 2.802,69 para o vaso sanitário em comparação com sistema sem reuso. Além disso, com o sistema de tratamento definido foi possível realizar uma estimativa de custos de implantação e manutenção do sistema no condomínio estudado apresentando um valor de aproximadamente R\$ 22.255,14 com economia mensal de R\$ 3.038,34. Por fim, o período de retorno para o capital investido no sistema de reuso das águas cinzas para a irrigação de jardins foi de 103 meses e para os vasos sanitários de 8 meses, para o condomínio estudado.

Palavras-chave: Reuso de água. Águas cinzas. Sistema de tratamento. Irrigação de jardins.

ABSTRACT

SANTOS, Milena de Jesus. **Estudo da viabilidade da implantação de um sistema de reuso de águas cinzas para descargas em bacias sanitárias e irrigação de jardins em um condomínio residencial. 91f.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2022.

The reuse of non-potable water in building systems promotes an alternative supply in uses that do not pose risks to human health, such as the reuse of gray water for flushing toilets, cleaning sidewalks and floors, and irrigation of gardens. Gray water comes from showers, washing machines, and tanks and has a non-potable destination after proper treatment. Within this perspective, the objective of the present work was to verify the feasibility of implementing a system for the reuse of gray water from showers, in flushing toilets, washing sidewalks, and irrigating gardens. This analysis was carried out in a multifamily residential building located in Aracaju-SE. Data on drinking water consumption of the building were collected and reuse data were quantified based on the literature. The present work also studied the existing treatments for water reuse and the dimensioning of a treatment plant to treat the effluent for reuse on-site. With the supply and demand data calculated, possible treatment systems for the greywater of the building were analyzed, concluding that an adequate system to treat these waters would consist: primary treatment (septic tank), secondary treatment (anaerobic filter), filtration (sand filter) and disinfection. Adopting the reuse system, there was a monthly savings of R\$ 235.65 for garden irrigation and R\$ 2,802.69 for the toilet compared to a system without reuse. In addition, with the defined treatment system, it was possible to estimate the costs of implantation and maintenance of the system in the studied condominium, presenting a value of approximately R\$ 22,255.14 with a monthly savings of R\$ 3,038.34. Finally, the payback period for the capital invested in the gray water reuse system for both garden irrigation was 103 months and toilets were 103 months and for the toilets eight months, for the condominium studied.

Keywords: Water reuse. Greywater. Treatment system. Garden irrigation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1: Classificação de reuso.	33
Quadro 2: Processos de Tratamento recomendado para reuso de águas.	46
Quadro 3: Descrição dos tipos de tratamento para reuso de água e esgoto recuperado.	47
Gráfico 1: Consumo de águas nas atividades domésticas no Brasil	16
Gráfico 2: Distribuição regional dos recursos hídricos no Brasil	18
Figura 1: Formas potenciais de reuso de água	23
Figura 2: Caracterização da água de reuso doméstica	25
Figura 3: Esquema do sistema de reuso.	38
Figura 4: Fluxograma do sistema de reuso.	39
Figura 5: Esquema ilustrativo de um Sistema de Reuso de água	40
Figura 6: Exemplo de funcionamento de tanque séptico.	52
Figura 7: Filtro anaeróbio.	53
Figura 8: Filtro de areia lento.	55
Figura 9: Processos de desinfecção de esgoto.	56
Figura 10: Fluxograma da Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC).....	58
Figura 11: Fluxograma do desenvolvimento do método da pesquisa	60
Figura 12: Apresentação do condomínio.	61
Figura 13: Detalhamento do Tanque Séptico.	72
Figura 14: Detalhamento da tampa e do fundo falso do filtro anaeróbio.	75
Figura 15: Detalhamento do Filtro Anaeróbio.....	75
Figura 16: Detalhamento do filtro de areia.	77
Figura 17: Detalhamento do reservatório.	78
Figura 18: Modelo do reservatório da marca Caixa Forte	79
Figura 19: Resumo das etapas de tratamento estabelecido no trabalho.	80
Figura 20: Representação do sistema de tratamento de águas para reuso.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo médio de água em cada região geográfica no Brasil	20
Tabela 2: Distribuição do consumo de água (%) em unidades residenciais.	26
Tabela 3: Características qualitativas de água cinza proveniente de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupa de acordo com a literatura.....	27
Tabela 4: Parâmetros de controle de qualidade da água segundo os reusos previstos	30
Tabela 5: Diretrizes de qualidade da água para reuso em bacias sanitárias.....	34
Tabela 6: Demandas não potáveis.	42
Tabela 7: Dados para cálculo da oferta de água cinza	44
Tabela 8: Riscos associados à fonte de água cinza, aos métodos de irrigação, aos usos e ao acesso ao público.	45
Tabela 9: Exemplo de estações de tratamento de águas cinzas no Brasil	47
Tabela 10: Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf)	50
Tabela 11: Período de detenção por faixa de contribuição diária.	51
Tabela 12: Taxa de acumulação total de lodo (K)	51
Tabela 13: Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil.	51
Tabela 14: Dosagem de cloro para diferentes tipos de efluentes.	56
Tabela 15: Índice e parâmetros de projeto de uma ETAC	59
Tabela 16: Descrição dos tipos de blocos e apartamentos.	62
Tabela 17: Sistema de tratamento recomendado.	64
Tabela 18: Dados da edificação.	68
Tabela 19: Estimativa de demanda de água cinza do chuveiro.	69
Tabela 20: Volume útil do tanque séptico considerando os 272 usuários.	71
Tabela 21: Dimensões do Tanque Séptico.	72
Tabela 22: Volume útil do Filtro Anaeróbio considerando 272 usuários e valores de C e T equivalentes a 74 L/pessoa·dia e 0,5 dias, respectivamente	73
Tabela 23: Dimensões do Filtro Anaeróbio.	74
Tabela 24: Volume útil do Filtro de Areia.....	76
Tabela 25: Dimensões do reservatório para armazenamento.	78
Tabela 26: Faixas de Remoção Sugeridas	81
Tabela 27: Estrutura tarifária 2021 para a categoria residencial.	83

Tabela 28: Dados do consumo médio entre janeiro e dezembro de 2021.	84
Tabela 29: Consumo de água potável sem o sistema de reuso.	85
Tabela 30: Consumo de água potável com o sistema de reuso nas bacias sanitárias.....	85
Tabela 31: Consumo de água potável com o sistema de reuso na irrigação de jardins.	85
Tabela 32: Economia mensal com o sistema de reuso	85
Tabela 33: Custos do sistema de tratamento proposto.	86
Tabela 34: Orçamento para serviço – Tanque Séptico.	87
Tabela 35: Orçamento para serviço – Filtro Anaeróbio.	87
Tabela 36: Orçamento para serviço – Filtro de Areia.	87
Tabela 37: Custos de manutenção e operação para o sistema proposto.	88
Tabela 38: Tempo de retorno do investimento (irrigação de jardins)	89
Tabela 39: Tempo de retorno do investimento (Bacia Sanitária)	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	15
3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA RESIDÊNCIAS	17
3.2.1 Disponibilidade e Consumo por Região	19
3.3 REUSO DE ÁGUA	20
3.3.1 Tipos de Reuso	22
3.4 REUSO DE ÁGUA CINZAS	24
3.4.1 Características Qualitativas das Águas Cinzas	27
3.4.2 Características Físicas	27
3.4.3 Características Químicas	28
3.4.4 Características Microbiológicas	29
3.4.5 Parâmetros para Classe de Reuso	29
3.4.6 Utilização da Água Cinza no Brasil	31
3.5 LEGISLAÇÃO SOBRE O USO DE ÁGUA CINZA	32
3.5.1 Requisições para o Uso de Água Cinzas de Acordo com a Finalidade	35
3.6 SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS	36
3.6.1 Componentes de um Sistema de Águas Cinzas	36
3.6.2 Parâmetros para projetos do sistema de reuso de águas cinzas	39
3.7 OFERTA E DEMANDA DE ÁGUAS CINZAS	41
3.7.1 Cálculo das Demandas Internas	42
3.7.2 Cálculo das demandas externas	43
3.7.3 Cálculo da demanda total de água não potável:	43
3.8 RISCOS NA UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS	44
3.8.1 Riscos e Requisições para o Uso de Água Cinzas na Irrigação	45
3.9 TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS	46
3.9.1 Tanque Séptico	48
3.9.1.1 Dimensionamento do tanque séptico	49
3.9.2 Filtro Anaeróbio	52
3.9.2.1 Dimensionamento do filtro anaeróbio	52
3.9.3 Filtro de Areia	53

3.9.3.1 Dimensionamento do filtro de areia	53
3.9.4 Desinfecção	55
3.9.5 Aplicações de Sistema de Tratamento de Águas Cinza Uso Não Potável	57
3.9.5.1 ETAC em edifícios	57
3.10 AVALIAÇÃO DO SISTEMA FINANCEIRO	59
4 METODOLOGIA	60
4.1 EMPREENDIMENTO ESTUDADO	60
4.1.1 Caracterização do empreendimento	61
4.2 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL	62
4.2.1 Estimativa da População da Edificação	62
4.2.2 Cálculo das Demandas Não Potáveis	62
4.2.3 Estimativa da Produção de Água Cinzas	63
4.3 ESCOLHA DO SISTEMA DE TRATAMENTO	63
4.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA	64
4.5 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA	65
4.6 ESTIMATIVA DE CUSTO DE INVESTIMENTO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA	65
4.6.1 Estimativa do Custo de Implantação	65
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
5.1 ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO DE PROJETO	67
5.2 ESTIMATIVA DE CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA POTÁVEL	67
5.3 CÁLCULO DAS DEMANDAS NÃO POTÁVEIS	68
5.4 ESTIMATIVA DE VOLUME DE ÁGUA CINZA PARA REUSO	69
5.5 ESCOLHA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS CINZAS	70
5.6 DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO	70
5.6.1 Dimensionamento do Tanque Séptico	70
5.6.2 Dimensionamento do Filtro Anaeróbio	73
5.6.3 Dimensionamento do Filtro de Areia	75
5.6.4 Reservatório para Desinfecção e Armazenamento	77
5.7 EFICIÊNCIA DO SISTEMA	81
5.8 AVALIAÇÃO ECONÔMICA	82
5.8 AVALIAÇÃO FINANCEIRA	86
5.8.1 Custos de Manutenção e Operação	88
5.8.2 Determinação do Período de Retorno	89
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Aquino (2019), apesar da abundância de recursos hídricos, há uma preocupação crescente com a preservação das fontes e uso racional da água. Tratando-se especialmente da sua disponibilidade para as gerações futuras, percebe-se a necessidade de uma nova cultura em relação ao uso da água, pois, além da garantia do próprio bem estar e sobrevivência, devem semear a preocupação com as próximas gerações e prezar pela natureza. Percebe-se diante do cenário atual um desenvolvimento custoso de uma consciência ambientalista, muito mais do que medidas punitivas, ainda é o meio mais eficaz para evitar grandes crises de água, previstas para um futuro bem próximo.

Embora o Brasil seja considerado como um país privilegiado pela disponibilidade de água, a distribuição da mesma não acompanha o crescimento populacional, além do desperdício de água, o elevado crescimento das cidades de forma desordenada e a má gestão dos recursos hídricos, fazem com que o país não aproveite de forma equilibrada a abundância do recurso disponível. É evidente a pressão exercida sobre os recursos hídricos, em virtude do uso inadequado da água e da crescente demanda por esse recurso que conseqüentemente requerem maiores retiradas desse insumo (VIANNA, 2017).

O município de Malhador, situado na região do Agreste do estado de Sergipe, no ano de 2016, passou por uma das piores crises hídricas na localidade, fazendo com que as autoridades adotassem medidas a fim de reduzir o problema. Assim, visando atenuar os efeitos da escassez hídrica na região, foi planejada uma força tarefa, montada pelo Estado e os agricultores da região, para gerenciar os recursos hídricos, priorizando o abastecimento humano e foram discutidas diversas alternativas para tentar minimizar os efeitos da falta de água. Uma das medidas adotadas foi a alternância de irrigação, com o objetivo de evitar que se perca a lavoura, aqueles que já estivessem colhendo não iriam fazer novos plantios, apenas manteriam uma área plantada para servir como semente para novo plantio, já no inverno, priorizando acima de tudo o abastecimento humano (SEMARH, 2017).

A crise hídrica vivenciada também pelo Distrito Federal (DF), no ano de 2016 até 2018, intensificaram as campanhas educativas pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) e pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), no qual foi de suma importância para o consumo racional da água. As emissoras de rádio e TV, jornais, sites e redes sociais governamentais passaram a transmitir regularmente mensagens e orientações à população, sobre a necessidade de mudança de hábito e adoção de iniciativas conscientes de consumo. Diante disso, diversos comportamentos foram estimulados, como redução do tempo do banho, maior controle da vazão

das torneiras durante o asseio e o reuso da água de enxágue das máquinas de lavar para destinos compatíveis da água servida (LIMA et al., 2018).

Dessa forma, na tentativa de minimizar problemas futuros causados pela escassez de água, é de suma importância o uso racionalizado deste bem tão precioso para a vida humana. Uma maneira, dentre tantas possíveis, seria a reutilização ou aproveitamento de água obedecendo padrões de qualidade para cada fim destinado para a água de reuso. Assim, adotando-se essas práticas, é possível reduzir a demanda de água dos mananciais, bem como a quantidade de esgoto lançado nesses corpos de água (OLIVEIRA, 2016).

No sentido de ampliar a perspectiva de conservação da água, que compreende a busca por fontes alternativas e uso eficiente da água, várias possibilidades de reuso hidráulico em edificações estão disponíveis. Dentre elas, há o reuso de águas cinzas, que são as águas provenientes de máquinas de lavar roupas, chuveiros e tanques com destinação não potável após realizado o tratamento adequado. Esta ação protege o meio ambiente, economiza energia e reduz a demanda de água, além de obter um uso mais consciente e eficiente da água (SILVEIRA, 2008).

Dessa forma, na tentativa de minimizar problemas futuros causados pela escassez de água, é de suma importância o uso racionalizado deste bem tão precioso para a vida humana. Uma maneira, dentre tantas possíveis, seria a reutilização ou aproveitamento de água obedecendo padrões de qualidade para cada fim destinado para a água de reuso. Assim, adotando-se essas práticas, é possível reduzir a demanda de água dos mananciais, bem como a quantidade de esgoto lançado nesses corpos de água (OLIVEIRA, 2016).

De acordo com Silva (2020), levando em consideração o conceito de melhoria no saneamento ambiental, diante desse cenário de desigualdade na distribuição da água e também na tentativa de encontrar soluções que resguardecem este recurso tão importante, foram desenvolvidas medidas que englobam aspectos importantes como o controle de resíduos sólidos, esgotamento sanitário e o abastecimento de água. Dessa forma, a eficiência hídrica está ponderada na gestão (reduzir custos e controle de vazão), na reutilização (quando possível) e potabilidade dos sistemas hidráulicos (LOPES; DAGOSTIN; SANTOS, 2019).

Desta forma, o propósito deste estudo consistiu em analisar a viabilidade financeira e técnica da implantação de um sistema eficiente no reuso de águas cinzas em um condomínio residencial localizado em Aracaju-SE, especialmente para irrigação de jardins e bacias sanitárias, visando a economia de recursos naturais, de forma que a água seja utilizada com mais consciência e eficiência, para que as gerações futuras possam também dispor desse recurso.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade técnica e financeira do reuso de água cinza para descargas em bacias sanitárias e irrigação de jardins em um condomínio residencial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propor um sistema de tratamento de águas cinzas para o empreendimento estudado;
- Analisar a viabilidade econômica para descargas em bacias sanitárias, irrigação dos jardins e usos menos nobres no empreendimento;
- Analisar a viabilidade financeira para descargas em bacias sanitárias, irrigação dos jardins e usos menos nobres no empreendimento;
- Estimar o custo do investimento e manutenção do sistema de reuso de água cinzas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

O aumento contínuo do consumo de água está provocando a sua escassez no planeta. Em diversas regiões, usa-se mais água do que a capacidade natural de recarga. Segundo Barros (2005), o planeta Terra tem três quartos de sua superfície coberta por água, sendo apenas 3% doce e 97% salgada. Considerando a necessidade constante dos seres vivos de consumir esse recurso tão limitado, é preciso que sejam adotadas medidas para sua preservação. No caso do Brasil, mesmo sendo um dos países com maior disponibilidade hídrica, vem sofrendo com problemas de escassez, principalmente nas grandes metrópoles.

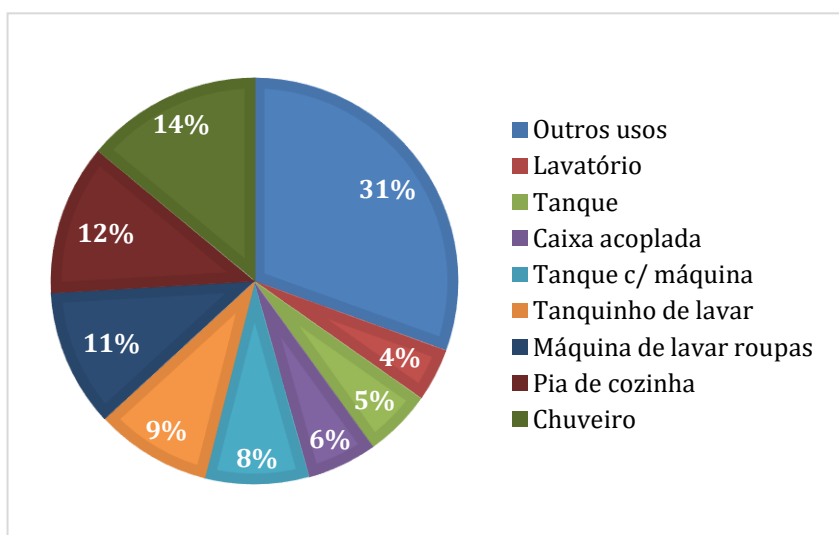
No Brasil, as extensões territoriais são uma vantagem para a disponibilidade hídrica, porém as discrepâncias na disposição dos recursos hídricos e da população apresentam-se como agravadores de conflitos hídricos. A demanda por uso de água no país é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), em seu relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2018, revela que em 2017 um total de 3 milhões de brasileiros foram afetados por cheias e inundações e quase 38 milhões foram atingidos por secas, sendo a maioria delas no Nordeste e a previsão é de que, até 2030, a retirada aumente 24% (ANA, 2018).

Diante disso, apesar das campanhas buscando conscientizar a população sobre a responsabilidade e consumo da água, somente uma parcela tem conhecimento do quanto gasta. Destaca-se que a água apresenta maior disponibilidade onde há menor concentração populacional e menor demanda por atividades, como é o caso da região Norte do Brasil, onde possui menor concentração populacional e maior parte da disponibilidade hídrica do país, enquanto as regiões Nordeste e Sudeste apresentam um número menor dessas reservas (TOMAZ, 2001).

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos instituída pela Lei N° 9433/97 (BRASIL, 1997), estabelece entre seus objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Conquanto, a escassez de estruturas e sistemas de gestão e planejamento adequados, juntamente com padrões culturais incompatíveis, deixam milhões de pessoas sem o devido acesso à água e acentuam os conflitos de uso, além de promoverem a degradação do recurso. Além do aumento de maneira rápida das regiões e países onde o crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e o surgimento de grandes aglomerados urbanos exercem enorme pressão sobre os recursos hídricos (GONÇALVES et al., 2009).

À vista disso, a conservação de água é de vital importância, visto que auxilia na redução da demanda de água nos mananciais. A fim de preservar esse recurso limitado, é essencial a adoção de medidas para a diminuição dessa problemática (SILVEIRA, 2008). Uma das medidas alternativas é o reuso de águas cinzas que podem ser utilizadas para fins menos nobres e não-potáveis (SANTOS, 2002). Sendo assim, o uso racional de água é um forte aliado no combate ao desperdício, ao fazer uso de diversos dispositivos que auxiliam na economia da água como: vasos sanitários economizadores de água, medidas individuais de conscientização das pessoas e entre outros (SANTOS, 2003). No Gráfico 1 é apresentado o consumo de águas nas atividades domésticas no Brasil.

Gráfico 1: Consumo de águas nas atividades domésticas no Brasil



Fonte: Barreto (2008).

Segundo Oliveira (2005) os desperdícios de água nas torneiras, sanitários, chuveiros entre outros, são ocasionados devido à vazão excessiva ou até mesmo a utilização por um longo período de tempo. Dentre os aparelhos listados, o que apresentou maior consumo de água foi o chuveiro, cerca de 14% do consumo de água total da edificação.

No contexto residencial, o consumo de água pode ser dividido pelo uso interno e externo. Com relação ao consumo interno, tem-se principalmente o uso da água para consumo, higiene pessoal e limpeza, enquanto o consumo externo inclui o uso com irrigação de jardins, limpeza automotiva, limpeza de áreas externas, piscinas, lazer, entre outros (PERTEL, 2009). A área residencial é uma das fontes com maior consumo de água, podendo utilizar mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas (BAZZARELLA, 2005).

Em se tratando de edifícios, a água é responsável por uma parcela do impacto sobre o meio ambiente. Em sistemas prediais, os desperdícios de água devido à má qualidade de

componentes, de procedimentos inadequados e materiais, geram quantidades maiores de insumos utilizados no tratamento de água e de esgoto. É possível conservar água e reduzir o volume de esgoto nos edifícios através de mudanças comportamentais, aproveitamento de fontes alternativas, sistemas de economizadores de água, além da gestão da água durante a operação e manutenção dos sistemas (OLIVEIRA, 2016).

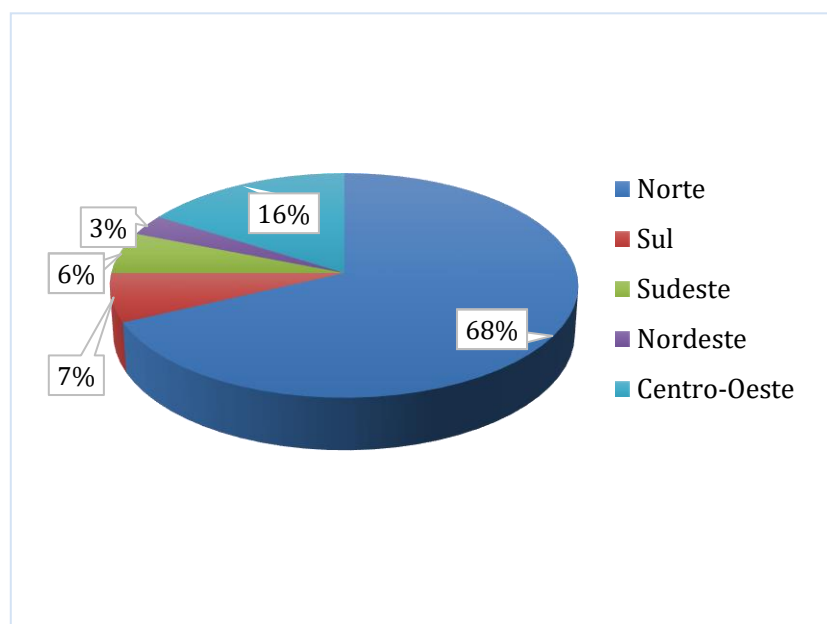
Com relação às medidas de conservação que podem ser executadas em um edifício, tem-se a realização de campanhas de conscientização e combate ao desperdício, hidrômetro individual, busca por vazamentos, substituição de aparelhos antigos por aparelhos mais modernos e eficientes, dentre outras. Com a aplicação dessas e outras medidas é possível verificar uma redução considerável dos gastos e desperdícios e, por conseguinte, o aumento do uso eficiente da água (VIANNA, 2017).

Em países da América do Norte, Europa e Japão, algumas alternativas já foram implantadas para o uso eficiente da água. Uma das principais medidas tomadas nestes países foram o uso de vasos sanitários de baixo consumo (6 litros por descarga); torneiras e chuveiros mais eficientes quanto à economia da água; uso de dispositivos economizadores de água, diminuição das perdas de água nos sistemas públicos de maneira que o tolerável seja menor que 10%; reciclagem e serviço de informação pública. E ainda utilizam alternativas não convencionais, como o reuso de água e o aproveitamento de água de chuva (TOMAZ, 2003).

3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA RESIDÊNCIAS

O Brasil é o país com maior disponibilidade hídrica do planeta e concentra aproximadamente 15% de toda água doce disponível para abastecimento (GARCIA et al., 2007). De acordo com o apresentado no Gráfico 2, percebe-se que os recursos hídricos no Brasil não são distribuídos de maneira equilibrada e o Nordeste é o que menos possui recursos hídricos do país.

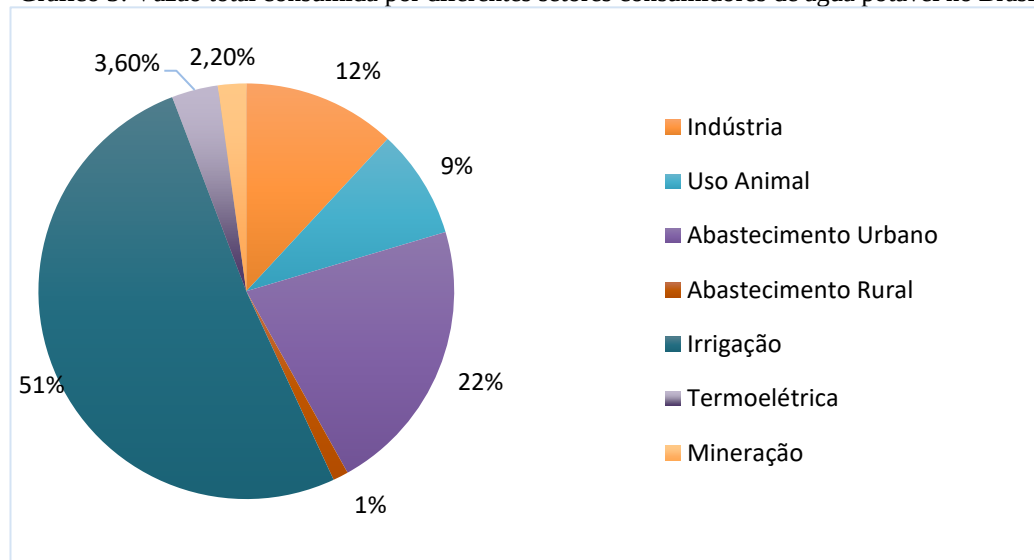
Gráfico 2: Distribuição regional dos recursos hídricos no Brasil



Fonte: ANA (Agência Nacional das Águas) e CEBDS (Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável) (2009).

Em relação à demanda hídrica consuntiva, existem cinco setores consumidores de água potável: indústria, uso animal, abastecimento urbano e rural, irrigação e termoeletrônica. No Brasil, no ano de 2021 foi consumida vazão equivalente a 2.571,47 m³/s (ANA, 2021). O setor de irrigação é o responsável pelo maior consumo de água, representando 51,1% da vazão total consumida, conforme mostrado no Gráfico 3. Sendo assim, o uso racional de água na irrigação brasileira poderia gerar significativas economias no consumo de água, preservando os recursos hídricos do país (ANA, 2021).

Gráfico 3: Vazão total consumida por diferentes setores consumidores de água potável no Brasil



Fonte: Ana (2021).

De acordo com Tomaz (2000), a utilização das águas para o meio urbano é classificada em três classes: consumo residencial, comercial e público. O meio que mais consome água dentre os três é o consumo residencial, pois são bastante utilizadas para uso essencial à higiene pessoal e doméstica, como: limpeza de alimentos, limpeza de fachada, rega de jardins e outros fins. Especificamente no caso de edificações residenciais, a água consumida é utilizada para as seguintes finalidades: higiene pessoal, preparo de alimentos, higienização de roupas, utensílios domésticos e limpeza de modo geral (TSUTIYA, 2004).

3.2.1 Disponibilidade e Consumo por Região

Analisando a necessidade de cada usuário, observa-se uma certa melhoria das novas instalações domiciliares, crescimento das cidades e a elevação do poder aquisitivo. Isso resulta em novos padrões de consumo, pressões elevadas no sistema hidráulico e também por vezes o alto índice de perda.

Para Netto et al. (1998), no estado de São Paulo, a adoção mínima aceita é de 200 L/hab. por dia. O consumo efetivo avaliado em várias cidades em média chega a ser 25% menor que 150 L/habxdia, isso desconsiderando as perdas. Para outros estados tem-se adotado um valor mínimo de 135 L/hab x dia, com exceção de sistemas simplificados de pequenas comunidades com características rurais que normalmente atinge até 50% do valor mínimo urbano.

Para melhor compreensão do consumo de água, na Tabela 1 é mostrado o consumo de água por região do país referente ao ano de 2019.

Tabela 1: Consumo médio de água em cada região geográfica no Brasil

Região	Por habitante (L/hab·dia)
Norte	129,1
Nordeste	120,6
Sudeste	177,4
Sul	146,4
Centro-oeste	147,8
Brasil	153,9

Fonte: Adaptado do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento-SNIS (2019).

O fator econômico influencia no consumo de água de cada região. Em cidades de maior poder aquisitivo com maiores recursos, o padrão das instalações conduz a um consumo mais elevado. Como é mostrado na Tabela 1, o consumo médio de água é maior em estados pertencentes à região do Sudeste e Centro-Oeste do país, onde a concentração populacional e as atividades econômicas são maiores. A ideia é reforçar que devido a esse cenário de contrastes (disponibilidade versus distribuição), exige cuidados especiais, organização e planejamento na gestão da utilização da água, tanto pelos governos quanto pela sociedade civil.

3.3 REUSO DE ÁGUA

Segundo Bazzarella (2005), a água é um recurso natural renovável, graças ao ciclo hidrológico, mas de volume finito. Foi durante muito tempo considerada pela humanidade como um recurso inesgotável e, talvez por isso, mal administrada. Para Lima (2005), o problema de escassez de água que o planeta vive pode ser devido a dois fatores: a gestão deficiente acompanhada da má distribuição dos recursos hídricos, sendo o primeiro fator devido ao homem e o segundo devido à natureza.

Embora tenha ganhado maior atenção nos últimos anos, o tema reuso é bem antigo e associado a própria existência do ciclo natural da água, que normalmente considera a captação, a utilização e o descarte. Mierzwa e Hespanhol (2012) abordam uma definição bastante ampla sobre o termo reuso de água como sendo o “Uso de efluentes tratados ou não para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis”. Dessa forma, resume-se como

reuso de água a utilização de efluentes tratados para fins não potáveis ou o uso de efluentes para a substituição à fonte de água que é explorada normalmente. A prática de reuso deve estar associada a outras medidas de racionalização do uso de água e demais recursos, porque esta prática é um componente do gerenciamento de água e efluentes e da preservação dos recursos hídricos naturais (MIERZWA; HESPANHOL, 2012).

Fiori et al. (2006) apresentam uma definição para reuso da água como sendo a reutilização da água que logo após passar por tratamento adequado, destina-se a diferentes propósitos, com o objetivo de preservar os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade. Os autores ainda destacam, que o conceito de reuso planejado da água já é discutido e aplicado com sucesso em vários países, e que a racionalização e a reutilização dos recursos hídricos pode ser uma contribuição significativa.

Como citado por Aquino (2019), a temática sobre o reuso da água tornou-se muito importante pelo fato da sua grande utilidade quando se trata do uso racional da água e consequentemente do uso dos recursos hídricos. O reuso de águas cinzas (águas residuais das edificações que já foram utilizadas em chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupa) é um método que fornece diversos benefícios, tanto no aspecto econômico quanto no ambiental. Apresenta-se como um método sustentável, pois contribui para a diminuição da poluição hídrica, já que emite menos efluentes na rede de esgotos e reduz a utilização de água potável proveniente do sistema convencional (BRASIL et al., 2005).

Temas como a escassez de água e crise hídrica, estão cada vez mais sendo debatidos, já que há uma percepção que a água é um recurso limitado. Para se ter uma noção do cenário, no âmbito do Distrito Federal, no ano de 2017, devido à redução do volume útil dos reservatórios que abasteciam a população, foi preciso analisar medidas de racionamento de água (AQUINO, 2019). Há casos em que os responsáveis pelo abastecimento público de água veem como opção a exploração por novas fontes de captação e tratamento de água. Segundo Mierzwa e Hespanhol (2012) esta não é a melhor opção, pelo menos a curto prazo, por razões como:

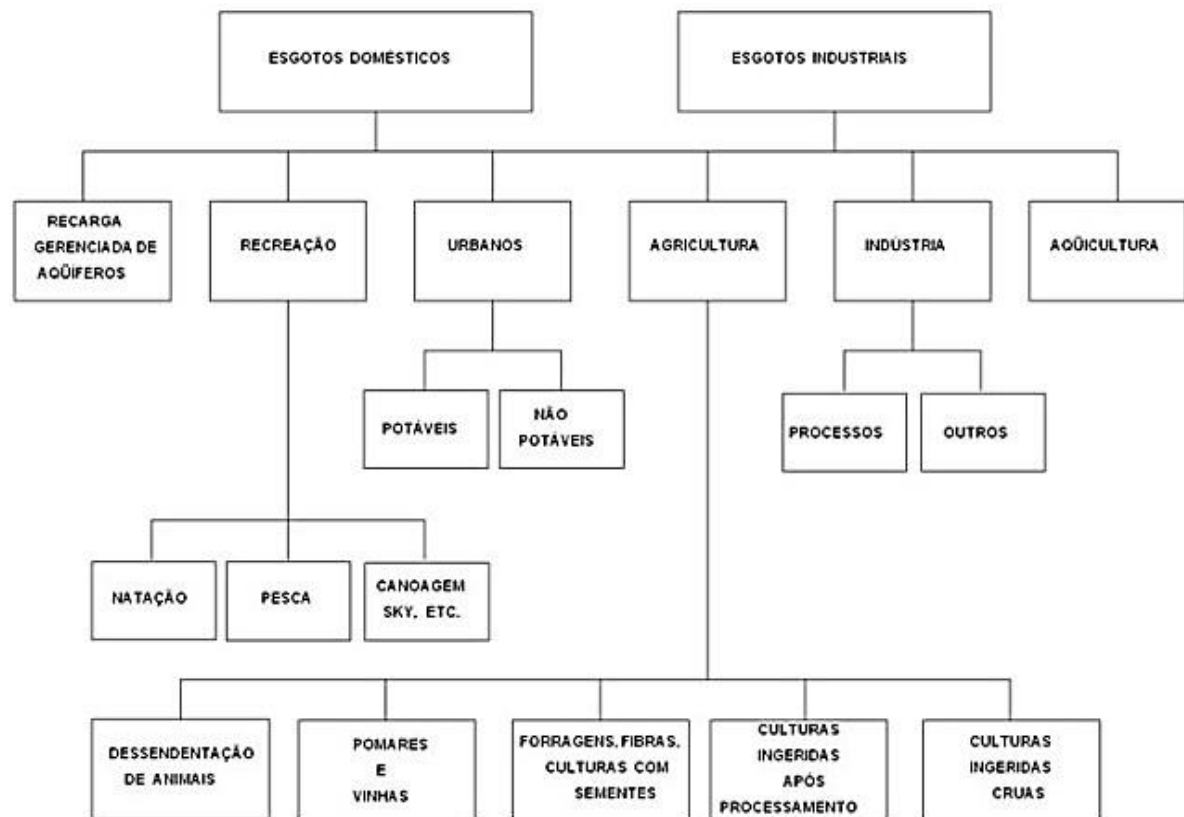
- O custo final da água aumenta para os consumidores;
- Os recursos hídricos da região acabam sendo comprometidos, caso não haja estrutura compatível para a coleta e tratamento dos esgotos gerados;
- Se o sistema de transporte for muito extenso, as chances de perdas de água se elevam ao longo do trajeto;
- A transposição de água de uma região para outra é dificultada devido a organização das várias regiões hidrográficas em comitês de bacias.

À vista disso, fica evidente que medidas mais sustentáveis precisam ser incorporadas para minimizar esses impactos, ou seja, trazer resultados que visem aspectos como ambiental, social e econômico. Por essa razão, a utilização de água de reuso para fins não potáveis entra como uma alternativa que irá contribuir para a preservação do meio ambiente.

3.3.1 Tipos de Reuso

Hespanhol (2002) faz algumas considerações acerca dos tipos de reuso, ou seja, “As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.” Além disso, segundo o mesmo autor, fatores relacionados ao processo de reuso, como por exemplo os custos de implementação, de manutenção, de operação, a exigência de tratamento, a qualidade da água, além dos parâmetros de segurança que por ventura venham a ser adotados, estão inerentes ao destino que se dará a água reutilizada. Pode-se ilustrar tal relação na Figura 1.

Figura 1: Formas potenciais de reuso de água



Fonte: Hespagnol (2008).

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESP, 2021), ainda referente a temática de caracterização, as aplicações do uso da água cinza podem ser classificadas em quatro tipos, são eles:

- **Reuso planejado:** Ocorre quando o reuso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser utilizado, sendo essa utilização direta ou indireta;
- **Reuso indireto não planejado:** Acontece quando a água previamente utilizada, em algum processo de atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizado no fluxo vazante, em sua forma diluída, de forma não intencional.
- **Reuso direto planejado:** Ocorre quando os efluentes, após tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente.
- **Reuso indireto planejado:** ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados nos corpos de águas superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico.

O enfoque a ser abordado no estudo estará no reuso direto planejado de águas cinzas. Para este caso é importante que os resíduos de esgotos sejam usados para fins não potáveis, posto que esse tipo de reuso não exige uma qualidade de água rigorosamente monitorada, facilitando assim sua aplicação (BARROS, 2021).

De acordo com a Resolução N° 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que estabelece os requisitos e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, são adotadas as seguintes modalidades de reuso de água, no Art. 3° da norma:

I- Reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio dentro da área urbana;

II- Reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III- Reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV- Reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais;

V- Reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Para que se possa reutilizar a água será preciso primeiramente estabelecer qual o uso final pretendido e, a partir disso, definir a forma mais adequada de tratamento, com objetivo de atender parâmetros de qualidade para o seu uso (SANTOS, 2003). Aspectos como, qualidade física, química e microbiológica devem também ser levados em consideração, independente do uso final da água de reuso, devem ser cumpridos os padrões mínimos exigidos para o seu uso (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006).

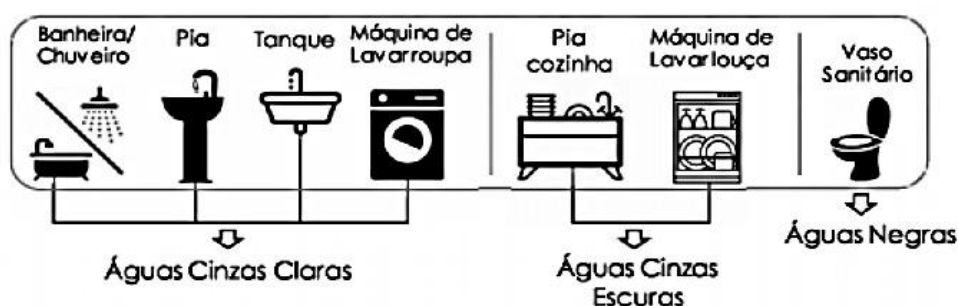
3.4 REUSO DE ÁGUA CINZA

De acordo com o Manual da FIESP (BRASIL et al., 2005), “Água cinza para reuso é o efluente doméstico que não possui contribuição da bacia sanitária e pia de cozinha, ou seja, os efluentes gerados pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas.”. Importante ressaltar que para águas provenientes da pia de cozinha, em razão da presença de óleos e gorduras, alguns engenheiros não consideram como águas cinzas, mas sim como águas negras (GONÇALVES, 2006). Além disso a água proveniente da pia de cozinha pela presença maior de contaminantes do que as fontes clássicas de águas cinzas, não é recomendado o seu uso para sistemas de tratamento objetivando o reuso (RAMPELOTTO, 2014).

As características das águas cinzas, como também o volume de água consumida em um domicílio, sofrem variação de acordo com a região devido aos hábitos da população e fatores econômicos. Diante disso, três fatores podem afetar significativamente a composição das águas cinzas, que são: qualidade da água de abastecimento, tipos de rede de distribuição e os usos da água nas residências (LAMINE et al., 2007).

Em algumas bibliografias, essa água proveniente da pia de cozinha é caracterizada como água cinza escura por demandar um sistema de tratamento mais criterioso e de maior custo, ademais não atende aos critérios de qualidade exigidos para a água cinza clara que será tratada (Figura 2) (BRASIL et al., 2005).

Figura 2: Caracterização da água de reuso doméstica



Fonte: Brasil et al. (2005).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) (BRASIL et al., 2005), os componentes presentes na água diferem de acordo com a fonte selecionada e, dessa forma, é possível segregar o efluente de um conjunto de aparelhos sanitários, determinando as características da água a ser reutilizada. Não se deve dispensar o fato de que a água cinza é passível de conter contaminações das mais diversas, pela grande flexibilidade de uso dos aparelhos sanitários. É comum ocorrer situações de usuários que fazem a higienização durante o banho, após utilização da bacia sanitária, ou a lavagem de ferimentos em qualquer torneira disponível, seja de um tanque ou lavatório, ou ainda a presença de urina na água de banho (BRASIL et al. 2005).

De acordo com ANA, os principais critérios que direcionam um programa de reuso de água cinza são (BRASIL et al. 2005):

- Preservação da saúde dos usuários;
- Preservação do meio ambiente;
- Atendimento às exigências atreladas às atividades a que se destina;
- Quantidade suficiente ao uso a que será submetida.

A reutilização de águas cinzas tratadas em residências contribui tanto para reduzir o consumo residencial de água potável, quanto como reduzindo também o volume de contaminantes do solo e dos corpos d'água. Em se tratando de edificações de grande porte, a prática do reuso apresenta-se como uma alternativa mais atrativa, em fatores econômicos, do que a utilização de águas pluviais (ALVES et al., 2009).

Segundo os autores descritos na Tabela 2 evidencia a distribuição do consumo da água (esgoto produzido) de diversos equipamentos de uma residência, segundo alguns autores. Esses percentuais são considerados ilustrativos e não representam a realidade de toda edificação habitacional.

Tabela 2: Distribuição do consumo de água (%) em unidades residenciais

Autores	Bacia Sanitária	Chuveiro	Pia	Máquina de Lavar Roupas	Tanque	Lavatório	Área Externa	Outros
Hafner (2007)	22	37	18	9	4	7	3	-
Ikedo apud Peters (2006)	33	25	27	12	-	-	-	3
Almeida et al. (2017) apud Peters (2006)	31	12	13	16	-	13	-	15
Empreendimento Horizontal-Mierzwa et al. (2006)	7	55	9	-	-	15	3	9
Empreendimento Vertical-MIERZWA et al. (2006)	8	61	10	-	-	17	0	3
Oliveira (2004) apud Oliveira (2005)	41	37	6	4	-	-	7	5
Residência 1: Oliveira (2005)	30	33	28	6	-	3	-	-
Residência 2: Oliveira (2005)	26	46	13	8	-	7	-	-
Lindstrom (2004) apud Fiori (2005)	40	30	10	15	-	-	-	5
Santos (2002) apud Fiori (2005)	5	55	26	11	-	-	-	3
Tomaz (2000) apud Fiori (2005)	35	27	18	7	4	6	3	-
Mieli (2001) apud Bazzarella (2005)	20	20	20	15	-	20	10	5
USP apud DECA (2008)	29	28	17	9	6	6	-	5
IPT apud DECA (2008)	5	54	17	4	10	7	-	3
Média de Consumo (%)	24	37	17	8	12	7	2	4

Fonte: Adaptado de Costa e Ilha (2015).

3.4.1 Características Qualitativas das Águas Cinzas

As águas cinzas são águas que não recebem contribuição da bacia sanitária e pia de cozinha, ou seja, são originadas pelo uso de sabão, produtos para lavagem do corpo, roupas ou limpeza no geral. A produção e a demanda de águas cinzas estão relacionados diretamente com o consumo de água dentro das residências. Através do consumo por aparelho sanitário é possível estimar o percentual de geração de águas cinzas em uma residência (BIAZUS, 2015). A Tabela 3 (vide seção 3.5) apresentada demonstrou a composição da geração de efluentes por tipo de aparelho sanitário.

Vale ressaltar que a água cinza, para ser reutilizada em bacias sanitárias, exige passar por algum tipo de tratamento, como mostrado no Quando 1 (vide seção 3.4) devido a mesma ser ofertada com características de qualidade fora dos padrões de aceitabilidade para reuso em bacias sanitárias, conforme especificado pela NBR 13696/97 (ABNT, 1997). Sua qualidade vai depender da localidade e nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social, costumes e o tipo de água cinza que está sendo utilizado como, por exemplo, lavatório, chuveiro, máquina de lavar, etc. (BAZZARELLA, 2005 apud NOLDE, 1999).

A caracterização qualitativa das águas cinzas está apresentada na Tabela 3, na qual estes dados foram obtidos em estudos, alguns mais recentes, e estão simplificados não incorporando os efluentes provenientes da pia de cozinha (BIAZUS, 2015).

Tabela 3: Características qualitativas de água cinza proveniente de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupa de acordo com a literatura

Autores	Cor (uH)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	SST (mg/L)	Coliformes Totais NPM/100 mL	Coliformes Termotolerantes NPM/100 mL
Rabêlo (2001)	103	19	131	7,3	107	-	1,00E+05	1,00E+05
Valentina (2009)	85	106	237	7,8	73	78	1,00E+03	-
Fiori (2005)	-	317	606	7,05	340	180	1,00E+07	1,00E+07
Rappoport (2004)	-	177	401	6,11	87	185	1,00E+07	1,00E+07

DBO: Demanda bioquímica de oxigênio; DQO: Demanda química de oxigênio; SST: Sólidos suspensos totais.
Fonte: Adaptado de Dell’Uomo (2014).

3.4.2 Características Físicas

Os parâmetros de maior relevância são a turbidez, a cor, a temperatura e a concentração de sólidos dissolvidos. A temperatura pode vir a contribuir para o desenvolvimento de microrganismos, já a turbidez e a concentração de sólidos podem ser indícios importantes quanto a possíveis entupimentos nas tubulações que transportam os efluentes (BAZZARELLA, 2005). Ainda que o conteúdo de sólidos encontrados na água cinza seja menor, segundo

Bazzarella (2005 apud GRAY & BECKER, 2002), aproximadamente 32,7% da carga do esgoto convencional, causa o entupimento de tubulações, então não podem ser negligenciados.

3.4.3 Características Químicas

As características químicas são divididas de acordo com os tipos de componentes presentes na água:

- Compostos orgânicos;
- Compostos nitrogenados e fosforados (nutrientes);
- Compostos de enxofre;
- Demais componentes.

Os valores de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e de DQO (demanda química de oxigênio) indicam o grau de depleção do oxigênio devido à degradação da MO (matéria orgânica) presente no esgoto. Esperam-se que os níveis de DQO das águas cinzas sejam semelhantes aos níveis presentes em esgotos domésticos convencionais, já para as concentrações de DBO esperam-se valores mais baixos (BAZZARELLA, 2005 apud ERIKSSON et al., 2002).

Em relação aos nutrientes e as concentrações de nitrogênio total na água cinza, sua fonte principal de nutriente é a urina, mas ela também pode não estar presente na água cinza. Em geral, o que mais contribui para os níveis de nitrogênio na água cinza é o afluentes que vem da cozinha, presente nos alimentos. Porém, em algumas regiões é comum ter o hábito de urinar durante o banho, então os níveis mais altos de compostos nitrogenados podem ser esperados. Já os compostos fosforados estão ligados ao uso de detergentes, principalmente em locais onde é permitido o uso de detergentes que contêm fosfatos (BAZZARELLA, 2005 apud ERIKSSON et al., 2002). De forma resumida, a água cinza contribui no geral, com somente 7,7% de compostos nitrogenados no total, 2,3% de amônia e 12,4% de fósforo em uma residência (BAZZARELLA, 2005 apud GRAY; BECKER, 2002).

Quanto aos compostos de enxofre, cabe priorizar a ocorrência de gás sulfídrico, causador de maus odores. Durante a oxidação de compostos orgânicos, o sulfato é reduzido a sulfeto (BAZZARELLA, 2005 apud ERIKSSON et al., 2002).

Dentre os demais componentes, o pH na água cinza depende diretamente do pH da água de abastecimento e alguns produtos químicos podem alterar esses valores, como a soda cáustica (hidróxido de sódio), cal hidratada (hidróxido de cálcio) e a barrilha (carbonato e bicarbonato de sódio), são compostos que podem elevar o pH da água. Já as medidas de alcalinidade e dureza, de forma semelhante às de turbidez e sólidos suspensos, podem comprometer o risco

de entupimento das tubulações. A carga de óleos e graxas na água cinza é de 61,5% da carga de um esgoto residencial convencional, podendo ser parâmetro crítico de controle do sistema de tratamento (BAZZARELLA, 2005 apud ERIKSSON et al., 2002).

3.4.4 Características Microbiológicas

Em algumas atividades comuns podem aparecer microrganismos patogênicos, ou simplesmente patógenos, presentes na água, incluindo bactérias, protozoários e vírus que são indesejáveis, pois proporcionam maiores chances de contaminação em humanos durante o contato com a água cinza reutilizada. A indicação mais usual da contaminação de esgotos nos corpos d'água é feita através de coliformes fecais. Essas manifestações reforçam a importância dos sistemas de desinfecção e de armazenamento (JORDÃO e PESSÔA, 2016).

3.4.5 Parâmetros para classe de reuso

No Brasil a norma que está em vigor é a ABNT NBR 13.969/1997 (ABNT, 1997), que, especificamente, no item 5.6.4, estabelece alguns parâmetros de controle de qualidade para reuso não potável de esgoto doméstico tratado, assim como o Guia de Conservação de Reuso da Água em edificações (BRASIL et al. 2005), classificam os parâmetros de qualidade de água a ser reutilizada, segundo as atividades de reuso, e sugere os tratamentos de efluentes requeridos, conforme consta na Tabela 4, na qual será usada como auxílio para escolha do sistema de tratamento nesse trabalho.

Tabela 4: Parâmetros de controle de qualidade da água segundo os reusos previstos

Classe	Uso Previsto	Tratamento Sugerido	Parâmetros de qualidade de água de reuso
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes	Tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e cloração	pH = 6–8
			Turbidez (UNT) < 5
			Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L
			Cloro residual: 0,5–1,5 mg/L
			Coliformes termotolerantes NMP/100mL < 200
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso) seguido por filtração de areia e desinfecção	pH = N/A
			Turbidez (UNT) < 5
			Sólidos Dissolvidos Totais: N/A
			Cloro residual > 0,5 mg/L
			Coliformes termotolerantes NMP/100mL < 500
Classe 3	Descargas de vasos sanitários	Tratamento aeróbio seguido por filtração e desinfecção	pH = N/A
			Turbidez (UNT) < 10
			Sólidos Dissolvidos Totais: N/A
			Cloro residual: N/A
			Coliformes termotolerantes NMP/100mL < 500
Classe 4	Reuso nos pomares, forragens, pastos para gado e outros cultivos, através de escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita	pH = N/A
			Turbidez (UNT): N/A
			Sólidos Dissolvidos Totais: N/A
			Cloro residual: N/A
			Coliformes termotolerantes NMP/100mL < 500
			Oxigênio Dissolvido > 2,0 mg/L

N/A: Não apresentado.

Fonte: Adaptado da NBR 13.696/1997 e BRASIL et al. 2005.

3.4.6 Utilização da água cinza no Brasil

No âmbito nacional, a água de reuso está sendo usada em diversas atividades não potáveis, como na limpeza urbana, na lavagem de veículos, na agricultura, na irrigação paisagística e dentre os projetos de reuso que se destacam no Brasil, tem-se o Aquapolo e Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). O projeto Aquapolo, é o maior projeto de água de reuso para fins industriais do Brasil e do Hemisfério Sul, com capacidade de produção de água de reuso de 1.000 litros por segundo, esse volume equivale ao do abastecimento de uma cidade de 500 mil habitantes (a cada litro de água produzido em suas instalações, outro litro de água potável é economizado), é um projeto já implementado na grande ABC, região metropolitana de São Paulo (composto por sete municípios: Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra), e que está operando desde 2012 (AQUINO, 2019). O projeto Aquapolo é resultado da parceria entre a GS Inima Industrial e a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) e está adaptado na modalidade de reuso industrial, utilizando o esgoto tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto ABC da Sabesp (ETE-ABC) como seu principal insumo. Nesse projeto a responsável pelos riscos de saúde pública é a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), ficando a cargo da mesma o controle, monitoramento e fiscalização do projeto, partindo da perspectiva da qualidade da água. O tratamento é realizado através de lodo ativado com membrana de ultrafiltração, osmose reversa e desinfecção por dióxido de cloro (BRASIL, 2017).

Já em se tratando da CAESB ainda não é considerado um projeto de reuso indireto, entretanto, se enquadra nas regulamentações existentes incluindo a Portaria GM/MS Nº 2.914/2011, atualiza em 4 de maio de 2021 para a Portaria GM/MS 888/21 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e padrões de potabilidade e no caso da Estação de Tratamento de Água (ETA) com captação no Lago Paranoá, na Resolução CONAMA Nº 357/2005 e na Resolução do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH) Nº 54/2005 (BRASIL, 2017). O programa desenvolvido pela CAESB no Distrito Federal, já se enquadra nas regulamentações existentes e os padrões exigidos de lançamento são considerados suficientes. São os usuários que lançam o efluente sanitário na rede que arcam com os custos de tratamento nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e os consumidores de água que pagam pelos custos das Estações de Tratamento de Água (ETAs), ambos através da CAESB (BRASIL, 2017). O programa é desenvolvido na ETA do Lago Paranoá em Brasília-DF, em que o tratamento realizado é a remoção biológica de nutrientes somado ao polimento final com membrana (AQUINO, 2019).

3.5 LEGISLAÇÃO SOBRE O USO DE ÁGUA CINZA

Apesar de algumas resoluções federais e estaduais e legislações municipais padronizarem e aperfeiçoarem os sistemas de reuso da água, ou são brandas ou restritivas (BARROS, 2021). De acordo com Rezende (2016), a ausência de legislação e normatização específica dificulta o trabalho dos profissionais e pode colocar em risco a saúde da população pela falta de orientação técnica para a implantação dos sistemas de reuso das águas servidas e a fiscalização de tais sistemas. No Brasil, foi publicada no Diário Oficial da União (DOU) a Resolução N° 503, de 14 de dezembro de 2021, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, que “define critérios e procedimentos para o reuso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias.” A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e outros órgãos fornecem alguns parâmetros que orientam o trabalho de tratamento e implementação.

Para auxiliar o profissional e o usuário, algumas legislações direcionam a execução de um sistema mais correto e confiável de águas cinzas, com normas para evitar que o sistema venha a causar problemas para a sociedade, fornecendo parâmetros de operação e qualidade quanto ao reuso seguro e racional da água cinza proveniente do uso doméstico. O objetivo primordial é proteger a saúde dos usuários e do meio ambiente, sendo que os padrões de eixidos para a qualidade da água de reuso vão depender da região, pela forma como é consumida (SANTOS, 2008).

A regulamentação que deu início à abordagem de reuso de água no Brasil foi a norma técnica NBR 13969/97 (ABNT, 1997), que diz respeito a “Tanques Sépticos – Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos – Projeto, Construção e Operação” e se apresenta como a principal e mais difundidas ferramentas desse tipo de tratamento. A norma apresenta, como uma alternativa de reuso, o efluente doméstico ou com características semelhantes, fornecendo parâmetros de operação e qualidade quanto ao reuso seguro e racional da água cinza. A Norma Técnica abrange o reuso para fins não potáveis, juntamente com a segurança sanitária do efluente. Assim sendo, para cada tipo de aplicação existe uma classe, assinalando as limitações impostas para que se possa reutilizar a água com segurança. Diante disso, tende a auxiliar na implementação e na operação, indicando quais os tratamentos mínimos recomendados. Também classifica o efluente em usos, grau de tratamento, reservação e distribuição da água cinza (Quadro 1). Para o presente estudo, se levará em conta as águas de reuso tratadas da Classe 2 e 3: descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, calçadas, irrigação de jardins e fins ornamentais (chafarizes, espelhos d'água etc).

Quadro 1: Classificação de reuso

Classe	Uso previsto	Tratamento recomendado
1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto com a água	Tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e cloração
2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção
3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários	Para casos gerais, tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção
4	Reuso em pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes de colheita

Fonte: Adaptado da NBR 13969:1997.

Conforme mostrado no Quadro 1, para as classes 2 e 3 relata-se especificamente acerca dos tipos de tratamento mais recomendado. O tratamento aeróbio de efluente, o mesmo passa por temperaturas específicas, para estar com o pH e oxigênio dissolvido (OD) controlado, além de obedecer a relação da massa com os nutrientes de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) que variam com a biota formada em cada estação. Os sistemas aeróbios mais comuns são lagoas aeradas, filtros biológicos e os sistemas de lodos ativados que propiciam a melhor eficiência em remoção de cargas. No processo de filtração remove ou reduz quaisquer contaminantes que outros sistemas sozinhos não podem tratar de forma eficaz, por isso é uma etapa muito importante. Isso aumenta a eficiência geral do processo de tratamento de água e reduz os custos gerais de operação e manutenção. A desinfecção da água é necessária e existe justamente para eliminar os microrganismos presentes na água e garantir a segurança sanitária e a saúde da população. Entre os métodos de desinfecção da água mais conhecidos pode-se citar a cloração (uso de Cloro), a ozonização e a descarga de raios ultravioleta, independente da escolha, o objetivo final é a higienização da água.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), na Resolução N° 503, de 14 de dezembro de 2021, estabelece critérios e procedimentos para o reuso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias. Também na Resolução de N° 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá algumas outras

providências. Considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas.

Sendo assim, antes de fazer um planejamento de um sistema de reuso de água é imprescindível que se saiba qual a finalidade desse efluente, ou seja, sua possível utilização. Em seguida, escolhe-se entre diversas técnicas empregadas para o tratamento, além dos mecanismos físicos, químicos e biológicos envolvidos nesse processo.

Pode-se utilizar água de reuso para diversos fins, entre eles, o reuso na agricultura, na irrigação, na recreação, no paisagismo ou mesmo para fins potáveis, como o reabastecimento de lençóis freáticos, desde que o tratamento dado a água cinza corresponda de forma satisfatória para o respectivo reuso (BRASIL et al., 2005). Na Tabela 5, pode-se observar os parâmetros para o uso urbano, foco principal deste estudo. Os dados apresentados também irão nortear a avaliação da eficiência do sistema, garantindo o reuso seguro para os fins previstos.

Tabela 5: Diretrizes de qualidade da água para reuso em bacias sanitárias

Parâmetro	NBR 13.969/97	Manual da FIESP (BRASIL et al., 2005)
pH	-	6,0 – 9,0
Cor (UH)	-	≤ 10
Turbidez (NTU)	< 10	≤ 2
Óleos e Graxas (mg/L)	-	≤ 1
DBO (mg/L)	-	≤ 10
Coliformes Fecais (NPM/100mL)	< 500	Não detectáveis
Compostos Orgânicos Voláteis	-	Ausentes
Nitrato (mg/L)	-	≤ 10
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	≤ 20
Nitrito (mg/L)	-	≤ 1
Fósforo Total (mg/L)	-	≤ 0,1
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	-	≤ 5
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	-	≤ 500

Fonte: Adaptado de NBR 13969/97 e BRASIL et al., 2005.

Silva (2017) dispõe que para o planejamento do sistema de tratamento e dimensionamento de esgoto devem ser previstos para os usos do esgoto tratado, volume de

esgoto a ser reutilizado, o tratamento necessário, sistema de reservação e distribuição e por último, ter o manual de operação e treinamento de profissionais responsáveis.

Existem outras normatizações que direcionam o sistema de tratamento. A norma NBR 12216/92 (Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público) (ABNT, 1992) e a NBR 7229/93 (Projeto, construção e operação de sistemas de tratamento sépticos) (ABNT, 1993) fornecem padrões de qualidade, bem como diretrizes para o projeto e manutenção do sistema de tratamento de água e efluentes como um todo. Quanto à normalização internacional, tem-se nos Estados Unidos, a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), que tem como finalidade propiciar um direcionamento adequado aos estados que não possuem nenhuma regulamentação quanto ao reuso de água, com a apresentação de diretrizes para o reuso.

3.4.1 Requisições para o Uso de Água Cinzas de Acordo com a Finalidade

O tratamento das águas cinzas é necessário por diversos fatores relacionados à exigência de qualidade mínima para água não potável. Alguns pontos devem ser atendidos após o tratamento da água, de acordo com suas destinações (lavagem de pisos, rega de jardins, uso em descargas sanitárias, lavagem de veículos, lavagem de roupas, recreação ou uso ornamental) (SINDUSCON, 2005). Essas características são:

1. Uso de águas cinzas para rega de jardim e lavagem de pisos:
 - Não deve apresentar odores desagradáveis;
 - Não deve conter componentes que possam agredir as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
 - Não deve ser abrasiva;
 - Não deve manchar superfícies;
 - Não deve apresentar risco de infecção ou contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
2. Uso de águas cinzas para descarga em vasos sanitários:
 - Deverá contemplar restrições do item 1;
 - Não deve deteriorar metais sanitários e máquinas.
3. Uso de águas cinzas para lavagem de veículos:
 - Deverá contemplar restrições do item 1;
 - Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem.
4. Uso de águas cinzas para lavagem de roupas
 - Deverá contemplar restrições do item 1;
 - Deve ser incolor;
 - Não deve ser turva;

- Deve ser livre de algas;
 - Deve ser livre de partículas sólidas;
 - Deve ser livre de metais;
 - Não deve deteriorar equipamentos.
5. Uso de água cinza para recreação ou uso ornamental:
- Deverá contemplar restrições do item 4;
 - Não deve provocar irritações nos olhos, pele, boca e garganta dos usuários.

3.6 SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS

Alguns cuidados básicos devem ser tomados acerca do sistema de reuso, como destacado no Manual da Federação das indústrias do Estado de São Paulo - FIESP (BRASIL et al., 2005):

- a) O sistema hidráulico deve ser identificado e totalmente independente do sistema de abastecimento de água potável;
- b) Todos os pontos de acesso à água de reuso devem ter acesso restrito, e devem ser identificados adequadamente;
- c) As pessoas que trabalharem em atividades inerentes ao sistema de reuso devem receber instruções;
- d) Os reservatórios de armazenamento devem ser específicos.

3.6.1 Componentes de um Sistema de Águas Cinzas

De acordo com May (2009), para ter um sistema adequado para utilização e tratamento de água cinzas é necessário um conjunto de elementos e esse sistema é composto por quatro subsistemas:

- **Coletores:** Conjunto constituído pela tubulação horizontal e vertical, com o objetivo de transportar os efluentes derivados do chuveiro, lavatório e máquina de lavar roupas para o sistema de armazenamento de onde seguirão com o tratamento;
- **Armazenamento:** O reservatório comporta uma quantidade de água para garantir que se tenha um balanço entre demanda e volume gerado, para que em horários de pico de consumo de água cinza se tenha água suficiente para atender a demanda. Assim, trata-se de um sistema com o objetivo de acumular a água cinza gerada pelos pontos de coleta (banheiro e lavanderia);
- **Tratamento:** O sistema de tratamento de águas cinzas irá depender do reuso escolhido para o efluente tratado, bem como a qualidade final da água que se deseja para a

edificação. As características do efluente, juntamente com os padrões de qualidade desejada que definem o tipo de tratamento. O processo de tratamento escolhido deve ser a parte mais criteriosa do projeto, para não afetar a qualidade de água e de vida das pessoas;

- **Distribuidores:** Logo após tratamento e armazenamento da água cinza, a rede distribuidora de água constituída por tubulações horizontais e verticais irá fazer o transporte da água tratada do reservatório de armazenamento ao aparelho final de uso (vaso sanitário, torneira).

Segundo Silva (2017), para se ter um sistema completo de utilização e tratamento de águas cinzas mais componentes devem ser acrescentados, como:

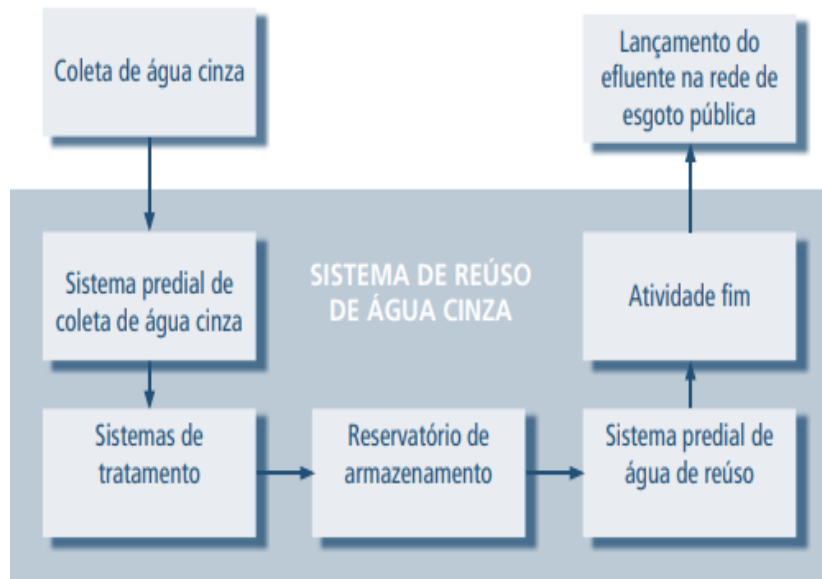
- **Controle de nível:** É programado para casos em que a oferta de água servida não seja suficiente para edificação, solicitando automaticamente água do reservatório de água potável;
- **Tubo de ventilação:** Eliminar gases advindos do chuveiro e lavatório caso esses sejam liberados na edificação.

Além disso, destaca-se que o sistema de coleta e uso de águas cinzas está associado aos seguintes tópicos (BRASIL et al., 2005):

- a) Verificação dos pontos de coleta e pontos de uso;
- b) Levantamento das vazões disponíveis;
- c) Dimensionamento do reservatório que abrigará as águas;
- d) Definição do tratamento que será necessário, relacionando ao uso que a água terá;
- e) Tratamento da água;
- f) Dimensionamento do sistema de distribuição do efluente já tratado.

O programa simplificado do sistema de reuso de água cinza é representado na Figura 3.

Figura 3: Esquema do sistema de reuso

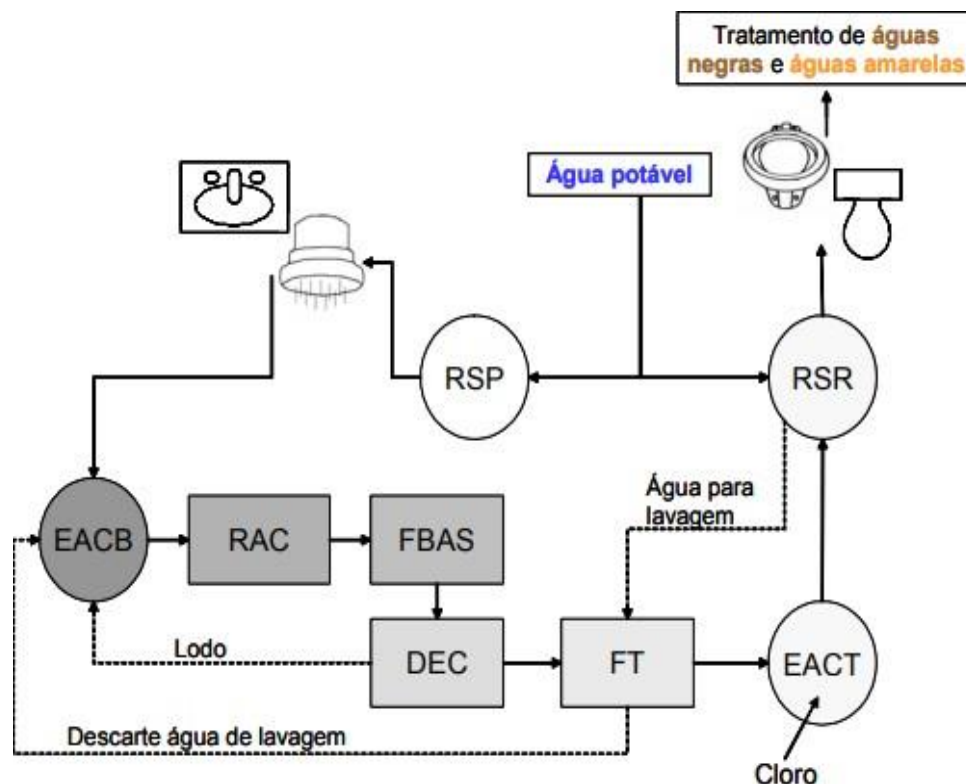


Fonte: BRASIL et al. (2005).

Ainda referente ao processo de reuso de água, Bazzarella (2005) apresentou um sistema implantado experimentalmente na UFES (Universidade Federal do Espírito Santo), cujo funcionamento pode ser descrito em cinco diferentes etapas e está ilustrado na Figura 4.

- a) O Reservatório Superior de Água Potável (RSP) recebe e armazena a água para depois abastecer os lavatórios e chuveiros;
- b) O efluente provindo do uso dos aparelhos é então direcionado para a Estação Elevatória de Água Cinza Bruta (EACB);
- c) A água cinza é bombeada para a estação de tratamento, passando em um primeiro momento pelo Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) e posteriormente pelo Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), pelo Decantador Secundário (DEC) e pelo Filtro Terciário (FT) nesta sequência;
- d) Em seguida, após saída do efluente segue para a desinfecção por cloro, que ocorre dentro da própria Elevatória de Água Cinza Tratada (EACT);
- e) Depois de clorada, essa água é bombeada para o Reservatório Superior de Água de Reuso (RSR) e distribuída para os vasos sanitários e mictórios, pronta para ser reutilizada.

Figura 4: Fluxograma do sistema de reuso



Fonte: BAZZARELLA (2005).

3.6.2 Parâmetros para projetos do sistema de reuso de águas cinzas

Os principais elementos que constituem um projeto de sistema de reuso direto para águas cinzas, de acordo com Gonçalves et al. (2009), são: estabelecimento de pontos de coleta de águas cinzas e dos pontos de reuso das águas cinzas tratadas; determinação das vazões disponíveis; dimensionamento do sistema de coleta e transporte das águas cinzas brutas; determinação do volume de água a ser armazenado; definição dos parâmetros de qualidade da água em função dos usos estabelecidos; definição do sistema de tratamento da água e dimensionamento do sistema de distribuição da água tratada aos pontos de consumo.

Gonçalves et al. (2009) ainda ressalta que a escolha dos pontos de coleta e dos pontos de reuso das águas cinzas tratadas diferem em função do tipo de água cinza produzida e com relação a configuração hidráulica do edifício. Os sistemas prediais de reuso de água são constituídos pelas seguintes partes:

- **Sistemas de coleta de esgoto sanitário:** os ramais são constituídos por dois sistemas independentes, para que ocorra a separação dos efluentes de águas cinzas e águas negras. Esta separação possibilita a redução de custos no investimento para a implantação do sistema visto que é um sistema de tratamento menos complexo que possibilita a separação dos efluentes com maiores poluentes como os providos de bacias sanitárias e aproveitam aqueles com menor concentração de carga poluidora como os da máquina

de lavar roupas.

- **Sistema de tratamento:** as águas cinzas são conduzidas para um sistema de tratamento que faz a retirada da carga poluidora e a desinfecção. Existem várias formas para fazer este tratamento dos efluentes, o que irá definir qual o tratamento mais adequado a ser adotado dependerá de alguns requisitos de qualidade e qual a aplicação de reuso do efluente. O sistema deve garantir também padrões de qualidade da água de reuso que não gerem riscos de contaminação ambiental ou à saúde dos usuários.
- **Sistema de reservação:** a água de reuso é direcionada para um reservatório exclusivo de armazenamento, após passar por tratamento e desinfecção. Através dele, a água é bombeada diretamente para os pontos de utilização por meio de um sistema pressurizado ou aduzida para um reservatório superior para futura utilização.
- **Sistema de distribuição:** é composto por ramais e sub-ramais que levam o efluente proveniente do chuveiro, do lavatório e outros para o sistema de armazenamento, onde será tratado. Esse sistema não pode gerar contato da água para reuso com o sistema de água potável sob nenhuma hipótese.

Na Figura 5 exemplifica-se um sistema esquemático de reuso de água em uma residência horizontal unifamiliar. O sistema de reuso apresentado é constituído por dois reservatórios, um inferior e outro superior e a água é reutilizada na bacia sanitária e em uma torneira de jardim.

Figura 5: Esquema ilustrativo de um sistema de reuso de água



Fonte: Oliveira et al. (2007).

Como preconizado na NBR 13969 (ABNT, 1997) - Projeto, Construção e Operação de tanques sépticos (unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes

líquidos), todo o sistema e pontos de utilização de água de reuso devem estar devidamente identificados com símbolos de advertência e emprego de cores distintas nas tubulações e nos tanques de reservação, de maneira a preservar o sistema de água potável e garantir a segurança do usuário.

3.7 OFERTA E DEMANDA DE ÁGUAS CINZAS

De acordo com Silva (2017), a produção de água cinza vai depender do seu uso na edificação nas instalações hidrossanitárias. Dessa forma como a edificação estará em uso, sempre haverá produção de águas cinzas, fazendo com que esse tipo de projeto seja viável, isso devido a sua oferta não depender de fatores climáticos como, por exemplo, da utilização de água de chuva. Como geralmente a produção de água servida na edificação é constante, ela deve comportar a vazão necessária para o consumo, podendo haver uma discrepância de acordo com o uso, contudo, com uma análise das vazões de demanda e oferta de água, um reservatório de água de reuso consegue abastecer a edificação, permitindo a utilização de água potável para situações para usos nobres.

Para que se possa ter um sistema contínuo de água tratada é necessário analisar os aparelhos que abastecem o sistema de águas cinzas sendo a análise dessa oferta e demanda fundamental. Para a estimativa da oferta e da demanda de águas cinzas para reuso em um edifício é preciso quantificar o número de apartamentos, o número de habitantes por apartamento, o número de banheiros e o tamanho da área impermeável do edifício, ou seja, a área comum que utilizará a água cinza na lavagem (GONÇALVES, 2006). Para o cálculo da demanda deve-se determinar as demandas internas e externas do edifício. Gonçalves (2006) e Tomaz (2001), adotam os seguintes dados conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Demandas não potáveis

	6 L ⁻¹ descarga
Vaso sanitário	5 descargas por dia
	Perdas por vazamento de 10%
	2,0 Litros/dia.m ²
Irrigação da área permeável	10 vezes/mês
	4,0 Litros/dia/m ²
Lavagem de área impermeabilizada	8 utilizações/mês

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006) e Tomaz (2001).

3.7.1 Cálculo das Demandas Internas

Esta demanda compreende equipamentos localizados dentro da residência que poderão substituir o uso da água potável pela água de reuso, como, por exemplo, o vaso sanitário e a máquina de lavar roupas (GONÇALVES, 2006). Para o cálculo da demanda interna, conforme Equações 1, 2 e 3, será considerado apenas o volume de água a ser utilizada nos vasos sanitários (Q_{INT}), acrescida de um potencial de perdas de 10%.

$$N = \text{número de apartamentos} \times \text{pessoas por apartamento} \quad (1)$$

$$QVS: N \times \text{Volume de água do vaso sanitário} \times \text{n}^{\circ} \text{ de descargas (L/d)} \quad (2)$$

$$Q_{INT} = QVS + 10\% \left(\frac{L}{dia} \right) \quad (3)$$

Onde:

Q_{INT} : somatório das demandas internas (L/d);

Q_{VS} : demanda dos vasos sanitários;

N : número de habitantes da edificação.

3.7.2 Cálculo das demandas externas

As demandas externas são aquelas onde poderá ser utilizada a água de reuso para o uso na rega de jardim, na lavagem de áreas impermeabilizadas (pisos e calçadas), lavagem de carros e na manutenção de piscinas (GONÇALVES, 2006). Dessa forma, considera-se para a demanda externa (Q_{EXT}), a rega de jardins (Q_{JD}) e a lavagem da área impermeabilizada (Q_{AI}) do edifício, conforme Equações 4, 5 e 6.

$$Q_{JD} = A_j \times V \times (Vezes/mês) \quad (4)$$

$$Q_{AI} = \frac{A_i \times V \times (Utilizações/mês)}{30} \quad (5)$$

$$Q_{EXT} = Q_{JD} + Q_{AI} \quad (6)$$

Onde:

Q_{JD} : demanda do jardim (Litros/dia);

A_j : área do jardim (m^2);

V_j : volume de água para jardins (Litros/dia. m^2);

Q_{AI} : demanda das áreas impermeabilizadas (pisos e calçadas) (Litros/dia); A_i : área impermeável (m^2);

V_i : volume de água para área impermeável (Litros/dia. m^2);

Q_{EXT} : somatório das demandas externas (Litros/dia).

3.7.3 Cálculo da demanda total de água não potável:

A demanda total (Q) está descrita na Equação 7 e corresponde à soma das demandas internas e externas, fornecendo a quantidade de água de reuso requerida para atender as necessidades da edificação em $m^3/mês$.

$$Q = Q_{INT} + Q_{EXT} \left(\frac{L}{dia} \right) \quad (7)$$

Para a quantificação da oferta de água cinza, Gonçalves (2006) também levou-se em consideração os dados descritos na Tabela 7.

Tabela 7: Dados para cálculo da oferta de água cinza

Medidas	Lavatório	Chuveiro	Tanque	Máquina de lavar	Vaso Sanitário
Vazão (Q)	20 L/min	20 L/min	20 L/min	108 L/ciclo	12 L/descarga
Duração (t)	4 min/hab·dia	10 min/hab·dia	5 min/dia	–	3 descargas/dia
Frequência (f)	1,0 vez/dia	2 banhos/hab	1 dia	1 ciclo/dia	–

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006)

3.8 RISCOS NA UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS

O ponto crucial para a utilização de águas reutilizadas é não proporcionar riscos à saúde do usuário, então, para que esse sistema de reutilização de efluentes tenha sucesso é de extrema importância avaliar a qualidade da água cinza. Diante de alguns estudos foram obtidas propriedades das águas cinzas que transparecem o quanto essa água contém elevados teores de matéria orgânica, sulfatos, turbidez e contaminação fecal, bem como compostos orgânicos biodegradáveis (SILVA, 2017).

De acordo com Gonçalves (2006), os maiores riscos no reuso da água são provocados por microrganismos patogênicos e por essa razão não é recomendável o reuso direto, já que além de prejudicial à saúde, o reuso pode ser bastante desagradável para os usuários por ocasionar mau cheiro nos pontos de uso. Embora a utilização de águas cinzas como fonte não potável traga seus benefícios, segundo May (2009) são vários os riscos que podem surgir caso sua utilização não disponha de tratamento adequado para esse sistema de reuso, a saber:

- Risco de proliferação bacteriológica na água;
- Risco de entupimento das tubulações de alimentação e distribuição dessas águas;
- Risco de manchar louças e metais que estejam em contatos com essas águas;
- Risco de proliferação de algas na água;
- Presença de odor produzido pela decomposição de matéria orgânica;
- Risco de corrosão de peças e equipamentos no uso de águas ácidas;
- Risco de disseminação de doenças devido à exposição de microrganismos na água podendo causar danos à saúde pública.

3.8.1 Riscos e Requisições para o Uso de Água Cinzas na Irrigação

Uma das alternativas para o uso de águas cinzas seria na irrigação de árvores, gramados e árvores ornamentais. De acordo com Silva (2017), também não há problemas em utilizar essa água para a irrigação de plantas tolerantes à salinidade. O autor ainda cita que nesses casos é necessário fazer uma análise sobre a granulometria do solo, de tal modo que em solos argilosos, sua degradação será alta, ao contrário do que acontece nos solos arenosos que apresentam boa drenagem.

Os compostos químicos que estão presentes nos produtos de higiene pessoal e limpeza doméstica podem causar danos ao solo e plantas devido à presença de surfactantes e fosfatos em detergentes sintéticos, por exemplo, ressaltando-se que o reuso de águas cinzas na irrigação podem estar associado a alguns efeitos negativos, com destaque para i. alterações na parte estrutural do solo, reduzindo a capacidade de drenagem do mesmo desde; ii. alteração do pH do solo, sendo mais agressiva para espécies mais sensíveis; iii. aumento das chances de ocorrência da poluição dos corpos de água superficiais e subterrâneos; e iv. salinização do solo com baixa drenabilidade (GONÇALVES, 2006). Os riscos relativos ao reuso direto de águas cinzas, utilizando como referência a fonte de água cinza, os métodos de irrigação, bem como os usos e o acesso ao público, estão descritos na Tabela 8.

Tabela 8: Riscos associados à fonte de água cinza, aos métodos de irrigação, aos usos e ao acesso ao público

Risco	Fonte	Risco	Usos
Baixo	Enxágue de roupas	Baixo	Jardim Ornamental
	Lavagem e enxágue de roupas		Gramado
	Lavagem de roupas e banho		
Alto	Água cinzas misturadas	Alto	Frutas e vegetais
Risco	Método de irrigação	Risco	Acesso ao público
Baixo	Subsuperficial	Baixo	Sem acesso
	Gotejamento		Vedado a crianças pequenas
	Aspersão		
Alto	Rega com mangueira	Alto	Irrestrito

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006).

O tratamento das águas cinzas se faz necessário por diversos fatores intrínsecos à exigência de qualidade mínima para água não potável. De acordo com o SINDUSCON (2005) levando em consideração sua finalidade de uso, alguns pontos devem ser atendidos após o tratamento da água. Especialmente, para o uso de águas cinzas para rega de jardim e lavagem de pisos, algumas considerações devem ser notadas para seu uso, como:

- Não deve apresentar odores desagradáveis;
- Não deve apresentar componentes que agredam as plantas ou que estimule o crescimento de pragas;
- Não ser abrasiva;
- Não manchar superfícies;
- Não apresentar riscos de infecções ou contaminações por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

3.9 TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

Os efluentes que se destinarão para algum tipo de reuso devem passar por um tratamento para que atendam às expectativas dos usuários e principalmente para que não comprometam a saúde desses. Diante disso, alternativas de tratamento devem ser estudadas e as melhores devem ser escolhidas. No Quadro 2 são apresentadas as associações de tratamentos para reuso (BRASIL et al., 2005). Destaca-se que, para os fins relacionados à construção civil e refrigeração de máquinas, os tratamentos devem ser avaliados a cada caso em particular.

Quadro 2: Processos de Tratamento recomendado para reuso de águas

Usos Potenciais	Fontes Alternativas de Água			
	Pluvial	Drenagem	Máquina de lavar roupas	Lavatório + Chuveiro
Lavagem de roupas				
Descargas em bacias sanitárias		C ou D+F+		
Limpeza de pisos				
Irrigação, rega de jardins	A+B+F+G	C+F+G	(D ou E)+B+F+G	(D ou E)+B+F+G
Lavagem de veículos				
Usos ornamental		C ou D+F+G		

*Os sistemas de tratamento sugeridos devem ser verificados para cada caso específico.

A: Sistema físico: gradeamento; B: Sistema físico: sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia; C: Sistema físico: filtração através de um filtro de camada dupla (areia+antracito); D: Sistema físico-químico: coagulação, floculação, decantação ou flotação; E: Sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados; F: Desinfecção; G: Correção de pH.

Fonte: BRASIL et al. (2005).

Segundo Brasil et al. (2005), as águas cinzas provenientes de máquinas de lavar roupas, chuveiros e lavatórios devem ser tratadas por: sedimentação e filtração simples, coagulação, floculação, decantação ou flotação, sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados, desinfecção e correção de pH. Ademais, com o objetivo de trazer características inovadoras e baixa turbidez da água, Gonçalves (2006) ressaltou que o tratamento deve ser feito nos níveis primário e secundário e que para reduzir a quantidade de coliformes será necessário realizar até o tratamento terciário. Na Tabela 9 são apresentadas as etapas dos níveis de tratamento acompanhados dos parâmetros de qualidade do efluente após o tratamento. Em paralelo, no Quadro 3 são descritos sucintamente os processos de tratamento mais apropriados para os sistemas de esgoto recuperado e reuso de água em edifícios (BRASIL et al., 2005).

Tabela 9: Exemplo de estações de tratamento de águas cinzas no Brasil

Local	Nível de tratamento			Qualidade do efluente
	Primário	Secundário	Terciário	
Brasil/predial	Peneira	Reator anaeróbio compartimentado + filtro biológico aerado submerso+ filtro de areia	Cloração com pastilha de hipoclorito de sódio	Sólidos suspensos = 1
				DBO 20°C/5dias (mg/L·O ₂) = 5
				Turbidez = 2
				Coliformes termotolerantes= 0

Fonte: Gonçalves (2006).

Quadro 3: Descrição dos tipos de tratamento para reuso de água e esgoto recuperado

Processo	Descrição	Aplicação
<i>SEPARAÇÃO LÍQUIDO/SÓLIDO</i>		
Sedimentação	Sedimentação por gravidade de substância particulada, flocos químicos e precipitação	Remove partículas do esgoto > 30 µm. Tipicamente usado como tratamento primário e após o processo biológico secundário.
Filtração	Remove partículas através da passagem da água por areia ou outro meio poroso	Remoção de partículas do esgoto > 3µm. Tipicamente usado depois da sedimentação (tratamento convencional) ou seguido de coagulação/floculação
<i>TRATAMENTO BIOLÓGICO</i>		
Tratamento aeróbio biológico	Metabolismo biológico do esgoto através de microrganismos em uma bacia de aeração ou processo de biofilme	Remoção de matéria orgânica suspensa e dissolvida do esgoto
Desinfecção	Inativação de organismos patogênicos usando químicos oxidantes, raios ultravioletas, químicos corrosivos, calor ou processos de separação física (membranas)	Proteção da saúde pública através da remoção de organismos patogênicos

Fonte: Adaptado de Brasil et al. (2005).

Já com relação ao processo de filtração, a literatura afirma que o mesmo pode ser feito com brita de várias granulometrias e areia, sendo recomendado inspecioná-lo após dois anos de uso e fazer a substituição do meio filtrante, sendo nessa fase que ocorre a retirada de partículas em suspensão (PERDIGÃO, 2015). O tratamento biológico, por sua vez, pode ser realizado através de processo anaeróbio ou aeróbio, nos quais ocorrem, respectivamente, a transformação de parte do material biodegradável em biogás e a degradação biológica que converte parte da matéria orgânica em água e CO₂. Em ambos os casos, o material restante é transformado em lodo, quase a totalidade deste resíduo é destinada para aterros sanitários (VIANNA, 2017).

Por outro lado, o processo de tratamento por desinfecção é realizado para eliminar os organismos patogênicos (VIANNA, 2017). Bazzarella (2005) defendeu que tanto o processo de desinfecção quanto o tempo de contato e a concentração do agente desinfetante devem ser analisados. De acordo com a ABNT NBR 13.969/1997, o método mais empregado é a cloração por gotejamento (com hipoclorito de sódio, NaClO) e por pastilha (com hipoclorito de cálcio, Ca(ClO)₂), já que a implementação dessa tecnologia representa uma preocupação menor em relação ao nível operacional. Biazus (2015) defendeu a utilização de uma dosagem de cloro de 5 a 20 mg L⁻¹ para desinfecção com um tempo de contato entre 30 e 60 minutos, pois em altas concentrações (acima de 20 mg/L), poderá vir a comprometer a eficiência do processo de desinfecção. Destaca-se que um outro seguimento possível para o tratamento de águas cinzas podem ser desenvolvido utilizando-se um tanque séptico, seguido por um filtro anaeróbio, filtração terciária (ou outra possível barreira física) e, por fim, um processo de desinfecção (CHERNICHARO et al., 2006).

3.9.1 Tanque Séptico

A fossa séptica oferece um sistema de tratamento simples e com baixo grau de complexidade, sendo uma alternativa que consegue unir um baixo custo de operação (desde sua implantação até sua manutenção) e com capacidade de dar aos esgotos um grau de tratamento compatível com sua simplicidade e custo, visto que recebe a contribuição do efluente de um ou mais domicílios, tornando-o altamente recomendado para o tratamento de efluentes de água cinza. Dessa forma, a fossa ou tanque séptico pode ser definida como uma câmara, geralmente enterrada que retém os esgotos sanitários por um período de tempo previamente estabelecido, também conhecido como tempo de detenção, de modo que permita a sedimentação dos sólidos e a retenção do material graxo contido nos esgotos, ocorrendo sua transformação bioquimicamente em substâncias e compostos mais simples e estáveis e facilitando sua remoção (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Segundo a norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a NBR 7229/93 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos (ABNT, 1993), a fossa é uma unidade de tratamento que utiliza processos de sedimentação, flotação e digestão.

O funcionamento dos tanques sépticos atua em quatro fases no desenvolvimento do seu sistema de tratamento:

1. **Retenção do esgoto:** o esgoto é detido no tanque por um determinado tempo pré-definido, que pode variar de 24 a 12 horas, a depender da contribuição de efluente.
2. **Decantação do esgoto:** simultaneamente à fase anterior, ocorre o processo onde sedimenta de 60 a 70% dos sólidos em suspensão contidos nos esgotos, gerando-se uma substância semilíquida conhecida como lodo. Já os sólidos que não sedimentam, formados por óleos e graxas, são denominados de espuma.
3. **Digestão anaeróbia do lodo:** onde bactérias anaeróbicas podem degradar o lodo e a espuma, provocando a destruição total ou parcial de material volátil e organismos patogênicos.
4. **Redução de volume do lodo:** devido ao processo de digestão anaeróbica, que resulta em gases, líquidos e acentuada redução de volume dos sólidos retidos e digeridos, gerando assim menos resíduos em comparação a tratamentos aeróbicos que produzem mais lodo.

Vale ressaltar que apesar de o tanque séptico tratar parcialmente organismos patogênicos, o sistema não irá purificar os esgotos, ele irá apenas reduzir a carga orgânica presente nele. Sua eficiência é normalmente avaliada em função dos parâmetros como os sólidos em suspensão e DBO, conforme é apresentado na Resolução Conama N° 357/05 no capítulo III que trata das disposições e padrões de qualidade das águas (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

3.9.1.1 Dimensionamento do tanque séptico

De acordo com a NBR 7229/93, que trata do projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos (ABNT, 1993), o volume da fossa séptica deve ser calculado de acordo com a Equação 8.

$$V = 1000 + N [CT + (K \cdot Lf)] \quad (8)$$

Onde:

V = volume útil (Litros);

N = número de pessoas ou unidades de contribuição;

C = contribuição individual de despejos (L/und·dia);

T = período de detenção (dia);

K = taxa de acumulação de lodo digerido (dia);

Lf = contribuição de lodo fresco (L/und·dia).

Na Tabela 10 a contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) é obtida através da Tabela 1 apresentada no item 5.7 da NBR 7229/1993.

Tabela 10: Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf)

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
OCUPANTES PERMANENTES			
Residência padrão alto	pessoa	160	1
Residência padrão médio	pessoa	130	1
Residência padrão baixo	pessoa	100	1
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
Alojamento provisório	pessoa	80	1
OCUPANTES TEMPORÁRIOS			
Fábrica em geral	pessoa	70	0,30
Escritório	pessoa	50	0,20
Edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
Escolas (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa	50	0,20
Bares	Pessoa	6	0,10
Restaurantes e similares	recepção	25	0,10
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
Sanitários públicos*	Bacia sanitária	480	4,0

*Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc).
Fonte: ABNT-NBR 7229/1993.

Na Tabela 11 são indicados os períodos mínimos de detenção para os quais os tanques sépticos devem ser projetados.

Tabela 11: Período de detenção por faixa de contribuição diária

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: ABNT-NBR 7229/1993.

Na Tabela 12 a taxa de acumulação total do lodo (K) em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio é apresentada.

Tabela 12: Taxa de acumulação total de lodo (K)

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: ABNT-NBR 7229/1993.

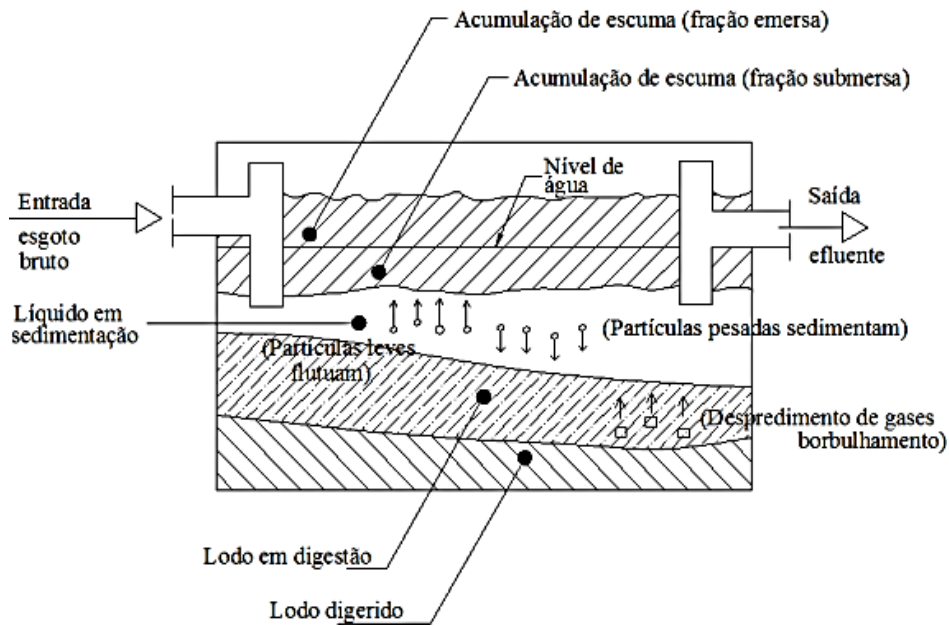
Para o cálculo da profundidade útil em função do volume útil do tanque séptico, foram utilizados os dados contidos na Tabela 13 a seguir e, em paralelo, a Figura 6 ilustra o funcionamento do tanque séptico.

Tabela 13: Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil

Volume Útil (m³)	Profundidade Útil mínima (m)	Profundidade Útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: ABNT-NBR 7229/1993.

Figura 6: Exemplo de funcionamento de tanque séptico



Fonte: NBR 13969 (ABNT, 1997).

3.9.2 Filtro Anaeróbio

A NBR 13969/97 (ABNT, 1997) sugere alguns tipos de tratamentos complementares aos tanques sépticos, dentre eles o filtro anaeróbio que consiste em um reator biológico através do qual a água cinza é depurada (purificada) através da ação de microrganismos anaeróbios, dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do material filtrante. Este é habitualmente utilizado como retenção dos sólidos.

3.9.2.1 Dimensionamento do filtro anaeróbio

Conforme a NBR 13969/97, o volume útil do leito filtrante (V_u) deve ser calculado pela fórmula a partir da Equação 9.

$$V_u = 1,6 \cdot NCT \quad (9)$$

Onde:

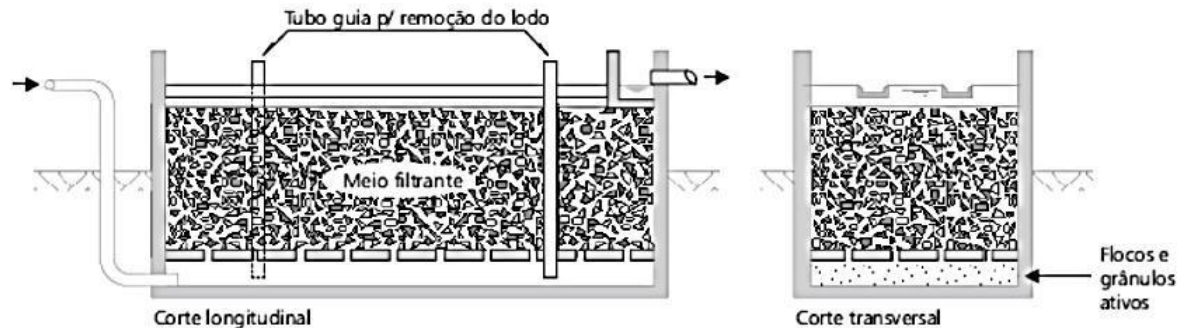
N = número de contribuintes;

C = contribuição individual de despejos, litro/pessoa por dia;

T = período de detenção hidráulica, em dias.

Na Figura 7 está representado o esquema da disposição de um filtro anaeróbio

Figura 7: Filtro anaeróbio



Fonte: Campos et al. (1999).

3.9.3 Filtro de Areia

A NBR 13969/97 (ABNT, 1997) define a filtração de areia ou valas de infiltração como processos de tratamento que consistem na filtração do esgoto através da camada de areia, onde se processa a depuração por meio tanto físico (retenção), quanto bioquímico (oxidação), devido aos microrganismos fixos nas superfícies dos grãos de areia, sem necessidade de operação e manutenção complexas.

O processo de valas de filtração é de grande importância nos sistemas de reuso da água cinza, por permitir nível elevado de remoção de poluentes, com operação intermitente. Em muitos processos ele pode ser utilizado apenas como etapa de polimento para efluentes já tratados, visto que o resultado do processo de filtragem por valas (areia) é um efluente inodoro e incolor, que são características visuais muito importantes para quesitos de aceitação e implementação do reuso de águas cinzas (CAMPOS et al., 1999).

3.9.3.1 Dimensionamento do filtro de areia

A NBR 12216/92 – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público, classifica os filtros como sendo filtros lentos e filtros rápidos (ABNT, 1992). A norma técnica indica para o tratamento de águas cinzas o uso dos filtros lentos que são destinados a tratar águas do tipo B – águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias não protegidas que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade mediante processo de tratamento que não exija coagulação.

Para filtros lentos a camada filtrante deve ser de areia, com os seguintes dados:

- a) Espessura mínima: 0,9 m;
- b) Tamanho efetivo: 0,25–0,35 mm;
- c) Coeficiente de uniformidade: < 3 .

A norma técnica recomenda que em casos de não existir a possibilidade de experiências em filtro piloto, deve-se adotar o valor de $6 \text{ m}^3/\text{m}^2$ por dia para a taxa de filtração máxima.

Para filtros rápidos, a camada filtrante pode ser simples ou dupla, de fluxo ascendente ou descendente, sendo os filtros de fluxo ascendentes sempre de camada simples. Quando essa camada for do tipo simples:

- a) Espessura mínima de areias: 0,45 m;
- b) Tamanho efetivo: 0,45–0,55 mm;
- c) Coeficiente de uniformidade: 1,4–1,6.

Quando a camada for dupla, deve ser constituída de camadas de areia e antracito, com a seguinte especificação:

Areia:

- a) Espessura mínima: 0,25 m;
- b) Tamanho efetivo: 0,40–0,45 mm;
- c) Coeficiente de uniformidade: 1,4–1,6.

Antracito:

- a) Espessura mínima: 0,45 m;
- b) Tamanho efetivo: 0,80–1,0 mm;
- c) Coeficiente de uniformidade: $\leq 1,4$.

Filtração máxima:

- a) Para camada simples: $180 \text{ m}^3/\text{m}^2$ por dia;
- b) Para camada dupla: $360 \text{ m}^3/\text{m}^2$ por dia.

A área do filtro e o tempo de residência (TDH) podem ser calculados através das Equações 10 e 11, respectivamente.

$$A = \frac{Q}{\text{Taxa de filtração}} \quad (10)$$

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad (11)$$

Onde:

A = área do filtro (m^3);

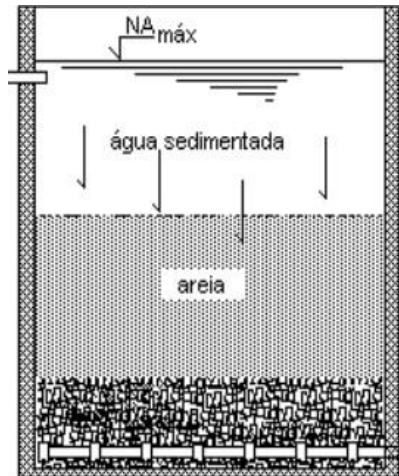
Q = vazão de água (m^3/dia);

V = volume do filtro (m^3);

TDH = tempo de residência (dia).

A Figura 8 representa a disposição de um filtro de areia do tipo lento.

Figura 8: Filtro de areia lento



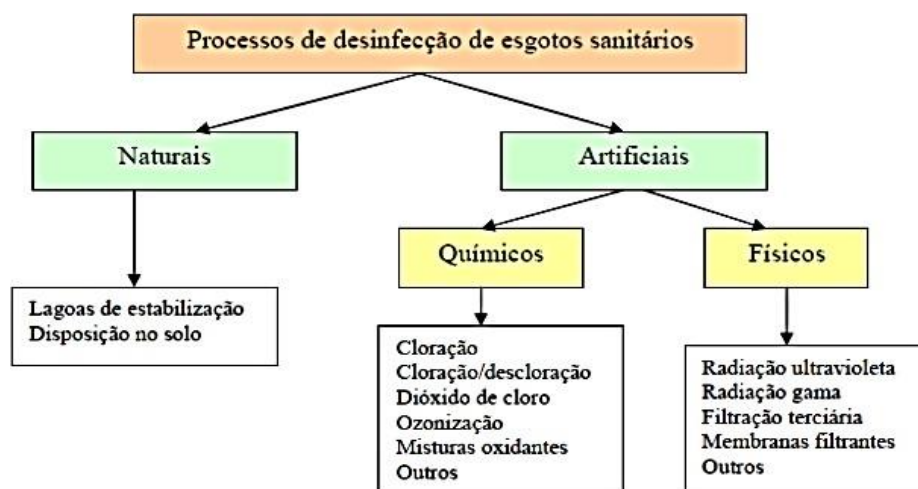
Fonte: Medeiros (2009).

3.9.4 Desinfecção

Esse processo tem como objetivo principal a proteção à saúde pública, eliminando microrganismos patogênicos, como bactérias, protozoários e vírus, além de microalgas presentes na água, utilizando, no processo, um agente químico ou físico (TELLES; COSTA, 2010).

A norma NBR 12209/11 – Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários (ABNT, 2011), apresenta alguns procedimentos artificiais como cloração, radiação ultravioleta, ozonização, entre outras formas de desinfecção. O cloro é o desinfetante mais comumente utilizado no processo de desinfecção das águas residuárias. A Figura 9 apresenta um esquema dos processos naturais e artificiais de desinfecção de esgotos sanitários segundo Gonçalves (2004).

Figura 9: Processos de desinfecção de esgoto



Fonte: Gonçalves (2004) apud Fiori (2005).

O cloro tem se apresentado como um agente eficaz de desinfecção e a quantidade necessária vai depender do estado do esgoto. Na Tabela 14 estão apresentadas as quantidades sugeridas para as várias possibilidades, indicando a dosagem de cloro indicada para cada tipo de efluente a ser tratado (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Tabela 14: Dosagem de cloro para diferentes tipos de efluentes

Tipo de esgoto (doméstico)	Dosagem de cloro (mg/L)
Esgoto bruto	6–12
Esgoto bruto séptico	12–25
Esgoto decantado	5–10
Esgoto de precipitação química	3–10
Esgoto de filtração biológica	3–10
Esgoto do processo de lodos ativados	2–8
Efluente de filtros após tratamento secundário	1–5

Fonte: Jordão e Pessôa (2011).

De acordo com Jordão e Pessôa (2011), outras pesquisas têm indicado que a melhor prática da desinfecção é através da aplicação de uma pré e pós cloração, ou seja, um tratamento inicial e após o tratamento final, numa proporção entre 20% e 80% respectivamente.

Segundo Telles e Costa (2010), em relação ao tratamento terciário, assim como para a desinfecção dos organismos patogênicos, o nível de eficiência varia dependendo do grau de purificação desejado. O cloro que se apresenta na forma de gás de hipoclorito de sódio ou de cálcio é o desinfetante mais difundido no Brasil e em muitos países. Além disso, esses autores adotam uma dosagem de cloro para desinfecção de efluentes domésticos tratados, em torno de 5 a 20 mg/L e um tempo de contato de 30 a 60 minutos.

Diante disso, após finalizado o tratamento deve-se ser avaliado e medido o pH de uma amostra da água, pois caso seja necessário será feita a correção através da adição de hidróxido de cálcio (CaOH) para tornar o meio neutro. Em seguida, o efluente estará apto para reuso em atividades não potáveis como descargas de bacias sanitárias e rega de jardins.

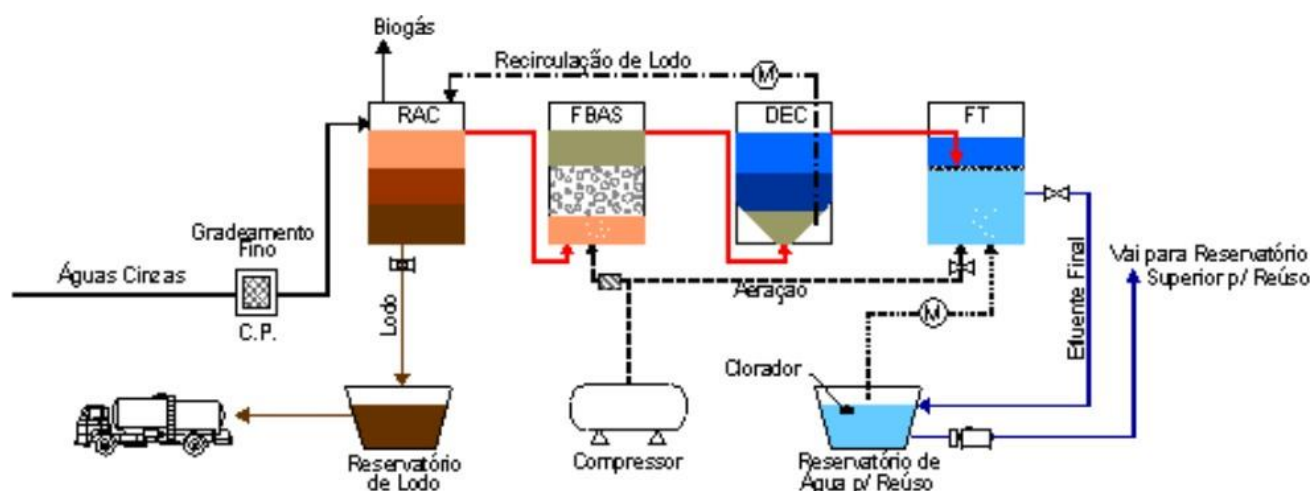
3.9.5 Aplicações de Sistema de Tratamento de Águas Cinza Uso Não Potável

Existem no mercado vários sistemas tecnológicos de tratamento de esgoto doméstico para a implantação de sistemas de reuso de água em edificações residenciais e conjuntos habitacionais. A seguir, são apresentados alguns desses sistemas de tratamento disponíveis que podem ser utilizados em sistemas prediais de reuso de água (Oliveira et al., 2007).

3.9.5.1 ETAC em edifícios

Existem muitos sistemas de tratamento de reuso de águas cinzas que podem ser implementados em condomínios residenciais ou também em prédios comerciais (FABRÍCIO, 2020). Considerando os estudos realizados por Gonçalves, Simões e Wanke (2010) em um edifício residencial localizado em Vitória - (ES) e em um hotel de Macaé (RJ) sobre o reuso de águas cinzas, a Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) é composta por um pré-tratamento, um Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC), um Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), um filtro terciário e um clorador. Em seu trabalho, os autores ilustraram esse sistema de tratamento de modo simplificado (Figura 10), dividindo-o em sete etapas: pré-tratamento (por gradeamento); reator anaeróbio compartimentado (RAC); filtro biológico aerado submerso (FBAS); decantador secundário (DEC); filtração terciária (filtro de areia); desinfecção (pastilhas de cloro); reservatório de uso (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010).

Figura 10: Fluxograma da Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC)



Fonte: Gonçalves, Simões e Wanke (2010).

O tratamento inicia-se pelo pré-tratamento, o qual é composto por uma malha de 15,0 mm, onde irá reter os sólidos maiores presentes no esgoto sanitário, localizada logo na entrada da caixa que recebe os efluentes. Posteriormente, o efluente segue para o Tratamento Anaeróbico (RAC) que é composto por três câmaras. Na primeira e na segunda irá ocorrer o processo de digestão da matéria orgânica da água. Já a terceira câmara é um decantador, que tem a função de segregar as fases sólida e líquida presentes na água (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010).

Após o RAC é iniciado o tratamento Aeróbico e o filtro aerado submerso (FBAS) presente nesse processo irá atuar na remoção dos compostos orgânicos. Entretanto, nessa etapa uma parte da água cinza será o lodo gerado desse tratamento e é disposta juntamente com a água cinza no Decantador Secundário (DEC), este material é então removido e recirculado constantemente para a entrada do RAC. Ressalta-se que o lodo de excesso da etapa aeróbia é digerido e adensado pela via anaeróbia, no RAC. O Filtro Terciário (FT) tem por objetivo reter as partículas de sólidos que conseguiram passar pelos processos anteriores. A desinfecção, última etapa do processo, onde é feita a cloração, sua aplicação é feita de forma que sua adição na água se dê de gradativamente com a passagem do líquido a ser tratado (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010).

O lodo gerado do processo de tratamento das águas cinzas é retirado a cada dois meses através de caminhão limpa-fossa e disposto em aterro sanitário. Com relação ao biogás (composto por gás metano, vapor d'água e gás sulfídrico) que se concentra no RAC, o mesmo é coletado no reator. Na ETAC, o biogás é canalizado até a cobertura do edifício para encaminhar esses gases para a atmosfera e evitar que sejam direcionados para os ambientes (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010).

Na Tabela 15 são apresentados os principais parâmetros adotados no dimensionamento das ETAC's, bem como os índices de demanda de área e o consumo energético.

Tabela 15: Índice e parâmetros de projeto de uma ETAC

Parâmetros	Valor
Tempo de detenção hidráulica (tratamento anaeróbio)	12 H
Carga volumétrica de DBO (tratamento aeróbio)	0,8-1,0 KgDBO/m ³ ·dia
Taxa decantação	20-25 m ³ /m ² ·dia
Demanda de área	0,10 m ² /hab
Potência relativa	0,02 CV/hab

Fonte: Adaptado de Gonçalves et al. (2010).

3.10 AVALIAÇÃO DO SISTEMA FINANCEIRO

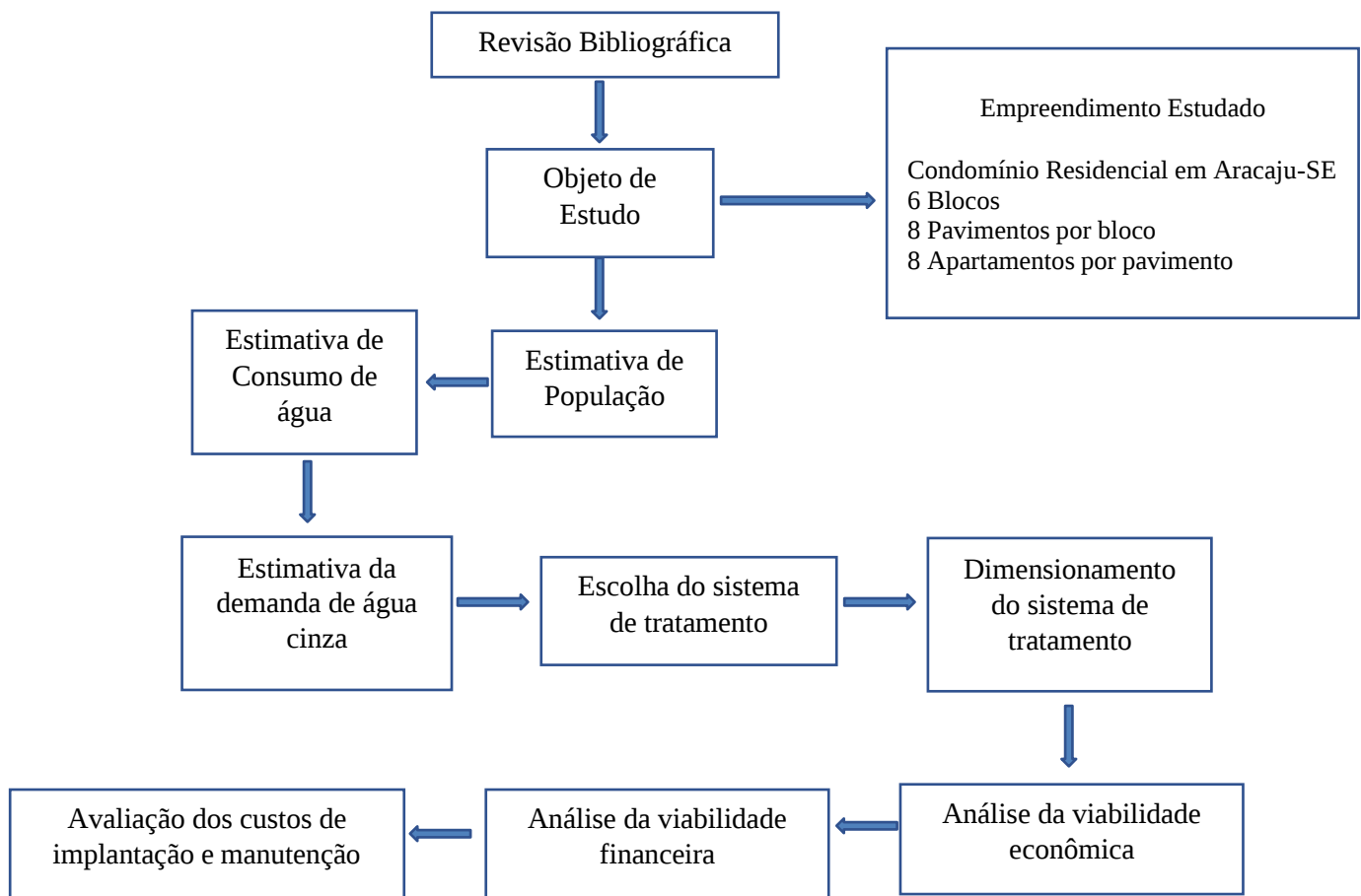
Segundo Almeida et al. (2017), a finalidade da viabilidade econômica é estimar o custo da instalação de um sistema, bem como sua vida útil e o tempo de retorno do investimento, para isso é preciso utilizar de técnicas de orçamento de capital, ou seja, verificar se os benefícios gerados com investimento compensam os gastos realizados, considerando estimativas dos investimentos iniciais, custos de operação e manutenção, receitas e despesas que são geradas em um dado período.

A análise da viabilidade financeira de um sistema de reuso pode ser verificada fazendo um comparativo entre os custos de uma edificação sem sistema de reuso com a mesma edificação com o sistema de reuso em funcionamento, incluindo como custo operacional: mão de obra, gestão de subprodutos, manutenção de equipamentos, consumo de energia e suprimentos de materiais. Em contrapartida, há redução no consumo de água potável e do custo de implantação do sistema (GONÇALVES, 2006).

4 METODOLOGIA

O procedimento metodológico iniciou-se no levantamento da revisão de literatura centrada no tema reuso de água cinza e na escolha da edificação a ser estudada. Em seguida foi definido o objetivo de estudo, o levantamento de oferta e demanda de água cinza pela unidade residencial, o dimensionamento do sistema de tratamento para a água de reuso escolhido, bem como a verificação da viabilidade econômica/financeira e a avaliação dos custos de implantação e manutenção, como pode ser observado no fluxograma a seguir:

Figura 11: Fluxograma do desenvolvimento do método da pesquisa



Fonte: A autora (2021).

4.1 EMPREENDIMENTO ESTUDADO

O primeiro passo para a realização deste trabalho foi a escolha do condomínio para o referido estudo, o qual foi escolhido dentro de critérios que sinalizassem maior sintonia com os objetivos propostos. Dessa forma, priorizou-se condomínio do tipo residencial localizado em Aracaju-SE, com abastecimento de água potável proveniente da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) e que houvesse disponibilidade na aquisição dos dados necessários para a efetivação do estudo.

4.1.1 Caracterização do empreendimento

O condomínio residencial avaliado nesse estudo, localiza-se na cidade de Aracaju, é composto por 06 (seis) blocos com 08 (oito) pavimentos e 08 (oito) apartamentos por andar, totalizando 384 (trezentos e oitenta e quatro) unidades. Na Figura 12 é apresentada a conformação dos blocos e apartamentos. O projeto hidrossanitário foi inicialmente pensado sem o reuso, mas com essa pesquisa será avaliada a possibilidade de reuso das águas cinzas para utilização tanto na rega de jardins como nas bacias sanitárias da edificação.

Figura 12: Apresentação do condomínio



Fonte: A autora (2021).

Das 384 (trezentos e oitenta e quatro) unidades, 48 (quarenta e oito) são apartamentos com 03 (três) quartos e suíte, 237 (duzentos e trinta e sete) apartamentos com 02 (dois) quartos com suíte, 93 (noventa e três) apartamentos com 02 quartos sem suíte e 06 (seis) apartamentos com um quarto sem suíte. O condomínio possui sete tipos de plantas. Na Tabela 16 são apresentadas detalhadamente as características da edificação.

Tabela 16: Descrição dos tipos de blocos e apartamentos

Tipo Planta de Apartamento	Área Privada	Descrição	Térreo	Tipo	Total
Tipo 1	59,90 m ²	2 quartos/com suíte/com varanda	9	84	93
Tipo 2	68,95 m ²	3 quartos/com suíte/com varanda	6	42	48
Tipo 3	46,00 m ²	1 quartos/sem suíte/com varanda	3	0	3
Tipo 4	57,30 m ²	2 quartos/com suíte/com varanda	18	126	144
Tipo 5	55,20 m ²	2 quartos/sem suíte/com varanda	7	70	77
Tipo 6	45,50 m ²	1 quartos/sem suíte/com varanda	3	0	3
Tipo 7	58,20 m ²	2 quartos/sem suíte/com varanda/PNE	2	14	16
				Total	384

Fonte: A autora (2021).

4.2 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL

A fase inicial do estudo consistiu em estimar o consumo de água do condomínio a fim de verificar se a demanda seria atendida pela produção de águas cinzas. O cálculo foi realizado por meio da estimativa de consumo interno mensal, com base na quantidade de moradores multiplicado pelo consumo médio per capita da região. Segundo Oliveira (2017), o consumo médio da população é adotado como 200 L/hab·dia, e será utilizado neste trabalho.

4.2.1 Estimativa da População da Edificação

Para o cálculo do consumo de água em uma edificação, considera-se duas pessoas por dormitório (OLIVEIRA, 2017):

- Pessoas totais na edificação: (n° de quartos × pessoas)/dormitório

4.2.2 Cálculo das Demandas Não Potáveis

O dimensionamento é feito considerando-se as demandas não potáveis que serão atendidas na edificação. A estimativa das demandas não potáveis abrange os diferentes usos numa residência, tanto internos quanto externos, considerando o número de moradores da habitação/empreendimento. Para o cálculo das demandas não potáveis, utilizou-se a Equação 7 (demanda total).

As demandas internas são compostas apenas pelo uso do vaso sanitário e as demandas externas compostas pelo uso em rega de jardins e lavagem de pisos. O volume de água a ser considerado varia de acordo com as especificações do fabricante e a frequência de uso dos habitantes. Os valores utilizados por Gonçalves et al. (2006) e Tomaz (2001) foram apresentados na Tabela 6 e serão os mesmos utilizados neste trabalho.

A demanda interna e externa foi obtida através da Equação 3 (demanda interna dos apartamentos) e Equação 6 (demanda externa, área comum).

4.2.3 Estimativa da Produção de Água Cinzas

Para o cálculo da produção de águas cinza dos equipamentos, utilizou-se a Equação 12 montada por Gonçalves et al. (2006).

$$Q_{EQ} = N \cdot q \cdot t \cdot f \quad (12)$$

Em que:

Q_{EQ} : vazão do equipamento (L/dia);

N: número de habitantes da edificação;

q: vazão do equipamento (L/dia);

t: utilização do equipamento durante o dia (min/hab·dia);

f: frequência que é utilizado o equipamento por dia.

De acordo com a Tabela 3 abordada na seção 3.5 deste estudo, em média 63% do volume consumido (37% do chuveiro, 8% das máquinas de lavar roupas, 12% do tanque e 7% dos lavatórios) poderiam ser utilizados para fins não potáveis na edificação. Dessa forma, para o presente estudo foi utilizado apenas o sistema de chuveiros como fonte de água cinza, devido ao volume do chuveiro (37%) ser suficiente para atender tanto a demanda de bacias sanitárias (24%), como o uso na área externa (2%), de forma que garantisse o abastecimento dos sistemas de bacias sanitárias, usos externos (lavagem de pisos e irrigação de jardim) e evitando obras de integração com demais sistemas de abastecimento, como lavatórios e máquinas de lavar roupas.

4.3 ESCOLHA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Para a escolha do sistema de tratamento de água cinza mais adequado, Brasil et al. (2005) apresentam os sistemas mais recomendados para o tratamento das águas cinzas provenientes da máquina de lavar roupas, lavatório e chuveiro como mostrado no Quadro 2 (vide seção 3.9), no qual é possível observar que possuem o mesmo sistema de tratamento. Por conseguinte, foi levado em consideração para a escolha do sistema de tratamento da água cinza, especialmente do chuveiro, aparelho considerado para estimar a oferta de água cinza da edificação em estudo.

Tendo por base as instruções da ABNT NBR 13.969/97 (ABNT, 1997), em relação ao reuso de água Classe 2 e 3, que trata da aplicação de água de reuso na irrigação de jardins e em vasos sanitários, respectivamente, é indicado o tratamento preliminar, biológico, filtração e a desinfecção (Tabela 17). Alguns estudos também direcionam para a necessidade de correção de pH, para fins de obter as taxas de turbidez e o número de coliformes fecais baixos (VIANNA, 2017).

Tabela 17: Sistema de tratamento recomendado

Usos Potenciais	Fontes Alternativas de Água
	Máquina de lavar roupas, lavatório e Chuveiro
Descargas em bacias sanitárias	
Limpeza de pisos	
Lavagem de veículos	(D ou E) + B + F + G
Irrigação, rega de jardins	

B: Sistema físico: sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia; D: Sistema físico-químico: coagulação, floculação, decantação ou flotação; E: Sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados; F: Desinfecção; G: Correção de pH.

Fonte: Adaptado de Brasil et al. (2005).

O propósito do sistema de reuso é tratar e viabilizar o uso de água cinza para que possa ser utilizada. Para isso, o processo de tratamento das águas cinzas adotados neste trabalho consistiu em fases que irão contribuir para o resultado final ser mais satisfatório, sendo elas: tratamento primário (tanque séptico), tratamento secundário (filtro anaeróbio), filtração e desinfecção e caso necessário a correção de pH.

4.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA

O projeto de dimensionamento foi realizado com o propósito de que as exigências mínimas de qualidade da água para reuso tanto para bacias sanitárias como para a irrigação de jardins fossem atendidas, conforme os padrões apresentados na revisão de literatura.

Para o caso do sistema de reuso não conseguir atender a demanda das bacias sanitárias e área externa com a água cinza ou que o sistema esteja em manutenção ou até mesmo venha apresentar falhas no abastecimento destinado, será necessário que o reservatório superior, o que comporta a água cinza de reuso tratada, tenha uma previsão de fonte de abastecimento alternativa, como por exemplo, o abastecimento com a água potável proveniente do abastecimento da concessionária local. Ressalta-se que o abastecimento da água tratada de reuso não poderá ser feito por meio de conexões cruzadas, devido a riscos de contaminação da água potável. O dimensionamento das unidades do sistema foi feito com o auxílio das normas

de apoio NBR 7229/93 (ABNT, 1993), NBR 13969/97 (ABNT, 1997) e NBR 12216/92 (ABNT, 1992).

É muito importante que a operação do sistema de tratamento seja adequada e a manutenção seja periódica, a fim de garantir a função de melhoria na qualidade ambiental. Para que o sistema de tratamento seja funcional será preciso a presença de um Tecnólogo em Saneamento Ambiental, que tenha uma certa experiência e esteja apto para a operação e acompanhamento do programa de monitoramento e, que seja responsável também pela coleta e análise da qualidade da água. As pessoas que trabalharem em atividades relacionadas ao sistema de reuso deverão receber instruções para o manuseio da estação, bem como os usuários do sistema, pois não poderão utilizar a água de reuso para fins potáveis.

4.5 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Para o estudo e análise da viabilidade econômica do sistema de reuso, foram utilizados dados da conta de água e esgoto do condomínio em estudo referente aos 12 (doze) meses no ano de 2021, comparando os gastos gerados no condomínio com água potável sem o sistema de reutilização e com o sistema de reuso, caso fosse implantado. Essa comparação foi realizada com o auxílio do quadro tarifário da taxa de água e esgoto, do respectivo ano, disponível no site da concessionária de abastecimento de água da cidade (DESO), onde é demonstrado como se obtêm esses valores a serem pagos em função do volume consumido de água e tipo de edificação.

4.6 ESTIMATIVA DE CUSTO DE INVESTIMENTO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Para estudo e análise da viabilidade de implantação do sistema, foi preciso realizar uma avaliação dos custos determinando o período de retorno para o capital investido no sistema de reuso de águas cinzas. Assim, é necessário determinar os custos de implantação e também de manutenção e operação.

4.6.1 Estimativa do Custo de Implantação

Os custos para implantação do sistema de tratamento considerado no trabalho envolvem a aquisição do sistema tanque séptico, seguido do filtro anaeróbio e o clorador, a bomba para recalque, os reservatórios, inferior e superior, o material para construção do filtro de areia e a mão de obra envolvida.

Para obter a estimativa de custos de implantação do sistema escolhido neste estudo foi feito uma análise de trabalhos sobre o assunto, ambos os trabalhos usaram como base para estimativa de custos as composições fornecidas pelo SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2021). O SINAPI consiste em planilhas criadas em conjunto pela CEF (Caixa Econômica Federal), a qual é responsável pela elaboração de composições de serviços, especificação de insumos e toda a base técnica, e o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) é o responsável pela pesquisa mensal do preço de cada composição, e assim foi possível estabelecer o preço total estimado do investimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente tópico expõe os resultados deste trabalho de forma mais ilustrativa a partir de tabelas e figuras a fim de melhorar o entendimento. Ademais, também foi apresentado o memorial de cálculo referente ao dimensionamento do sistema de tratamento adotado. A avaliação e análise ocorreu a partir de uma revisão em publicações e normas, de modo a fundamentar e comparar os dados obtidos.

5.1 ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO DE PROJETO

Para quantificar a população de projeto optou-se por estimar a população como descrito na metodologia, considerando-se duas pessoas por dormitório para o cálculo de população para abastecimento de água. Dentre as seis torres, apenas uma delas foi selecionada para o referido estudo, torre essa constituída por 8 andares e 8 apartamentos por andar, os quais possuem 2 quartos, 1 banheiro, 1 área de serviço e 1 varanda por apartamento até o sexto andar. Além dos equipamentos já listados, tem-se a cobertura, que compreende os andares 7 e 8, e também no oitavo andar possui 1 suíte em todos os apartamentos. Considerando-se as informações supracitadas, foi possível calcular a população da edificação, de tal modo que:

- Quantidade total de apartamentos: 64 apartamentos;
- Quantidade média de dormitórios: 2 quartos para os 7 andares e 3 para o 8 andar, por apresentar suíte em todos os apartamentos;
- Pessoas por dormitório: 2 pessoas;
- Quantidade de dormitórios: 136 dormitórios (56 apartamentos para os 7 andares $\times$ 2 quartos + 8 apartamentos para o 8 andar $\times$ 3 quartos);
- Pessoas totais na edificação: n° de quartos $\times$ (pessoas/dormitório) = 136 quartos $\times$ 2 (pessoas/dormitório) = 272 pessoas.

5.2 ESTIMATIVA DE CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA POTÁVEL

Para a quantificação do volume disponível de água cinza para reuso, foi necessário estimar o consumo de água potável da população da edificação, de tal modo que 200 L/pessoa.dia foi adotado como consumo diário de água (OLIVEIRA, 2017), enquanto a população de projeto foi de 272 pessoas (vide seção 5.1), resultando num consumo diário de 54.400 L. Esses valores foram obtidos através da Equação 13.

$$CD = P \times C \quad (13)$$

Onde:

CD = Consumo diário de água na edificação;

P = Número de pessoas total a serem atendidas;

C = Consumo de água por pessoa por dia.

Logo:

$$CD = 200 \times 272 = 54.400 \text{ L/água/dia}$$

A Tabela 18 expressa dados diversos da edificação.

Tabela 18: Dados da edificação	
Número de blocos	6
Número de pavimento tipo	7
Número de apartamento por pavimento	8
Área verde	1824,04 m ²
Área de pavimentação/Passeio/Vias/Rampas	6186,6 m ²

Fonte: A autora (2021).

5.3 CÁLCULO DAS DEMANDAS NÃO POTÁVEIS

A demanda interna, expressa de acordo com os itens abaixo, corresponde apenas ao volume de água a ser utilizada nos vasos sanitários acrescida de um potencial de perdas de 10% (vide Equação 3). Substituindo os valores da Tabela 6 para demanda dos vasos sanitários e o número de pessoas calculado na seção 5.1, tem-se que a demanda do vaso sanitário corresponde a 0,374 m³/h.

$$Q_{int} = Q_{vs}$$

$$Q_{int} = 272 \times 6 \times 5 \times 1,1 = 8.976 \text{ L/d} = 0.374 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por sua vez, a demanda externa corresponde a rega de jardins e a lavagem da área impermeabilizada do condomínio, conforme Equação 6. Logo:

$$Q_{ext} = Q_{JD} + Q_{AI}$$

$$Q_{JD} = 1824 \text{ m}^2 \times \frac{2,0 \text{ L}}{\text{dia} \cdot \text{m}^2} = 3648 \text{ L/d}$$

$$Q_{AI} = \frac{6186,6 \text{ m}^2 \times \frac{4,0 \text{ L}}{\text{dia} \cdot \text{m}^2} \times 8 \frac{\text{utilizações}}{\text{mês}}}{30} = 6599,04 \text{ L/d}$$

Logo:

$$Q_{ext} = 3648 + 6599,04 = 10.247,04 \text{ L/d}$$

Portanto, o consumo diário total de água de reuso apresentado a seguir é dado pela Equação 7.

$$Q = Q_{int} + Q_{ext} = 8976 + 10247,04 = 19.223,04 \text{ L/dia} = 0,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.4 ESTIMATIVA DE VOLUME DE ÁGUA CINZA PARA REUSO

A produção de águas cinzas foi determinada utilizando os dados da Tabela 3 que descreve as características de consumo de cada aparelho sanitário gerador de água cinza. Conforme observado nesses aparelhos, o chuveiro possui a maior média de produção de água cinza, sendo ele o equipamento considerado no presente trabalho. A Tabela 19 quantifica o volume de água cinza gerada diariamente pelo chuveiro.

Tabela 19: Estimativa de demanda de água cinza do chuveiro

Consumo de água potável	54,40 m ³ /dia
Porcentagem de oferta	37%
Oferta de água cinza para o sistema	20,13 m ³ /dia

Fonte: A autora (2021).

Sendo assim, a vazão total de águas cinzas a ser coletada no Bloco do condomínio de estudo é de 0,839 m³/h.

Analisando a Tabela 19 tem-se o volume disponível para reuso nas bacias sanitárias e na área externa quantificados a partir da geração de água cinza proveniente do chuveiro. Como esperado, o balanço promovido dentro do sistema garante que a oferta seja sempre maior que a demanda. Ainda, se for quantificado essa demanda de águas cinzas de todos os blocos a oferta será maior ainda, já que a demanda para área externa (jardins e área impermeabilizada) continua sendo a mesma.

Comparando os valores de consumo da bacia sanitária e de produção do chuveiro, percebe-se que o chuveiro atende a necessidade de água cinza para reutilizar na bacia sanitária,

uma vez que a oferta é bem maior que a demanda. É importante ressaltar que a escolha de se utilizar a água cinza proveniente do chuveiro baseou-se no fato de que é um equipamento utilizado todos os dias, o que não acontece com a máquina e o tanque de lavar roupas, evitando a hipótese do sistema de reuso encontrar-se em situação de escassez de água cinza para dispor nas bacias sanitárias.

5.5 ESCOLHA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS CINZAS

O projeto foi planejado tomando como base a NBR 13969/97 (Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação), a NBR 7229/97 (Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos) e a NBR 12216/92 (Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público). Outra característica levada em consideração no tratamento foi com relação a eficiência de remoção de carga orgânica dos sistemas, sendo os parâmetros avaliados comparados aos limites sugeridos pelas seguintes legislações NBR 13969 (1997) e o Guia de Conservação e Reuso da Água em Edificações (BRASIL et al. 2005), visando, dessa forma, avaliar a eficiência dos sistemas de tratamento.

Seguindo o exposto na seção 3.8, utilizou-se como base os modelos propostos por May (2008) e Chernicharo et al. (2006) para elaboração de projeto de um sistema eficiente de tratamento de águas cinzas para fins não potáveis. Desse modo, chegou à conclusão de que o melhor sistema para tratamento das águas cinzas para fins não potáveis é um sistema composto por: tanque séptico, filtro Anaeróbio, filtro de Areia, reservatório para desinfecção e armazenamento. Pois seria o tratamento mais recomendado para tratar as águas cinzas provenientes, especialmente, dos chuveiros, sendo o aparelho considerado no estudo.

5.6 DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO

As próximas seções apresentam dados e cálculos do dimensionamento de cada unidade do sistema escolhido para tratar a água cinza para reuso.

5.6.1 Dimensionamento do Tanque Séptico

O tanque séptico foi dimensionado de acordo com as exigências da norma NBR 7229/93 (ABNT, 1993). O número de pessoas adotado foi de 272, conforme apresentado no item 5.1. Os dados restantes foram adotados a partir do que a norma recomenda. Mais especificamente, tem-se que:

- C: Contribuição de esgoto (L/pessoa) = 74 L/pessoa·dia, pois o consumo per capita é de 200 L/pessoa·dia e tem-se uma oferta de água cinza do chuveiro de 37% deste consumo para atender tanto as bacias sanitárias como a área externa. Dessa forma, a contribuição diária é 20.128 L/dia, já que a população é de 272;
- T: Tempo de detenção = 0,50 dias, porque a contribuição diária é de 20.128 L/dia e segundo a NBR 13969/97, o período de detenção para temperaturas entre 15°C e 25°C e também se situa na faixa superior a 9000 L/dia;
- K: Taxa de acumulação de lodo digerido = 57, valor considerado pela NBR 7229/93 para um intervalo de limpeza de um ano e temperatura ambiente acima de 20°C;
- Lf: Contribuição de lodos frescos = 1, valor em função de ocupantes permanentes.

Na Tabela 20 são apresentados os resultados para o cálculo do volume útil do tanque séptico do projeto tendo como base a Equação 8, em função dos parâmetros descritos acima. A Tabela 21 especifica as dimensões do tanque séptico de acordo com as padronizações declaradas pela NBR 7229/93 (ABNT, 1993), enquanto que a Figura 13 apresenta o detalhamento do tanque séptico.

Tabela 20: Volume útil do tanque séptico considerando os 272 usuários

C	74 L/pessoa·dia
T	0,5 dias
K	57 dias
LF	1,0 L/pessoa·dia
V	26.568,00 L

Fonte: A autora (2021).

$$V = 1000 + N [CT + (K \times Lf)]$$

$$V = 1000 + 272 [(74 \times 0,5) + (57 \times 1,0)] = 26.568 \text{ Litros}$$

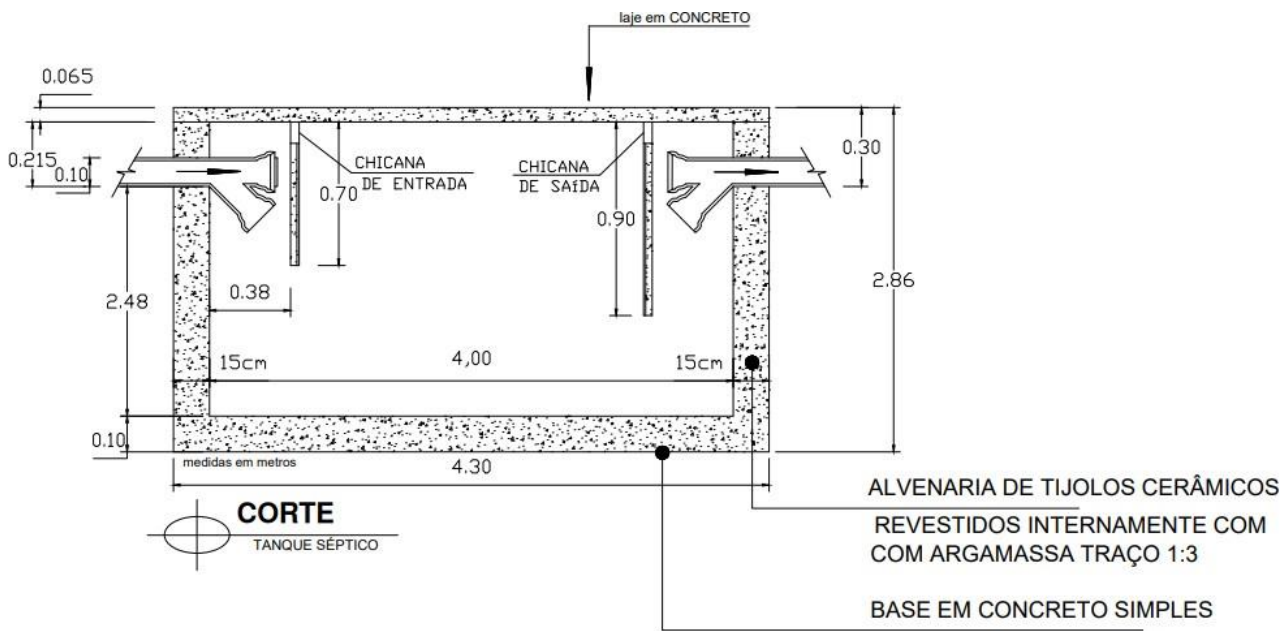
De acordo com a NBR 7229/93 (ABNT, 1993) para volume útil maior que 10,0 m³ adota-se as seguintes medidas para o dimensionamento do Tanque Séptico.

Tabela 21: Dimensões do Tanque Séptico

Volume	26,57 m³
Largura	2,00 m
Comprimento	4,00 m
Altura útil	2,48 m

Fonte: A autora (2021).

Figura 13: Detalhamento do Tanque Séptico



Fonte: A autora (2021).

É importante destacar a presença de duas entradas de manutenção, conforme mostrado na Figura 13. Como o comprimento do tanque é de 4,0 metros, apenas uma abertura não seria suficiente para a manutenção levando em consideração o raio de serviço de 1,5 metros. A norma referente ao período de limpezas anuais foi considerada nos cálculos, porém, destaca-se que o lodo não deverá ser retirado totalmente, no máximo 90% de remoção do lodo digerido. É importante que o lodo juntamente com a espuma sejam encaminhados a estação de tratamento e nunca descartados em corpos d’água.

Com relação ao detalhamento do tanque, algumas medidas foram adotadas para complementar o projeto, a exemplo da altura livre e da espessura das paredes, que foram

apresentadas também no detalhamento das medidas finais para a construção do tanque. Após tratamento no tanque séptico, o efluente segue para o filtro anaeróbico.

5.6.2 Dimensionamento do Filtro Anaeróbico

A NBR 7229/93 (ABNT,1993) exige um tratamento complementar ao tanque séptico. Neste caso, foi escolhido como mais recomendado o uso do filtro anaeróbico contemplado na NBR 13969/97 (ABNT, 1997). Portanto, para o dimensionamento, alguns parâmetros foram levados em consideração segundo o que prescreve a NBR 13969/97 e aplicados na Equação 9, conforme se mostra a seguir:

- $T = 0,5$ dias, pois a vazão de alimentação do sistema é de 20.128 L/dia, sendo superior a 9.000 L/dia;
- $C = 74$ L/pessoa·dia, pois o consumo per capita é de 200 L/pessoa·dia e tem-se uma oferta de água cinza do chuveiro de 37% deste consumo para atender tanto as bacias sanitárias como área externa;
- $N = 272$ pessoas, que diz respeito à quantidade de pessoas que irão abastecer o sistema com água cinza não tratada.

Na Tabela 22 é apresentado o valor determinado para o volume útil do filtro anaeróbico com base na Equação 5, enquanto que na Tabela 23 são descritas as dimensões adotadas para o mesmo. Utilizando o modelo de filtro anaeróbico circular e adotando a profundidade máxima permitida pela norma de 1,2 metros, foi possível calcular o diâmetro do filtro. Já nas Figuras 21 e 22 é ilustrado o detalhamento do filtro anaeróbico.

Tabela 22: Volume útil do Filtro Anaeróbico considerando 272 usuários e valores de C e T equivalentes a 74 L/pessoa·dia e 0,5 dias, respectivamente

Volume Útil (L)	16.102,40
Volume Útil (m ³)	16,10

Fonte: A autora (2021).

Sabendo que $V = 1,6 \times N \times C \times T$, logo:

$$V = 1,6 \times 272 \times 74 \times 0,5 = 16.102,40 \text{ Litros}$$

Tabela 23: Dimensões do Filtro Anaeróbio.

Volume	16,10 m ³
Diâmetro	3,40 m
Altura útil	1,80 m

Fonte: A autora (2021).

Diâmetro do filtro anaeróbio: $V = A \times h$

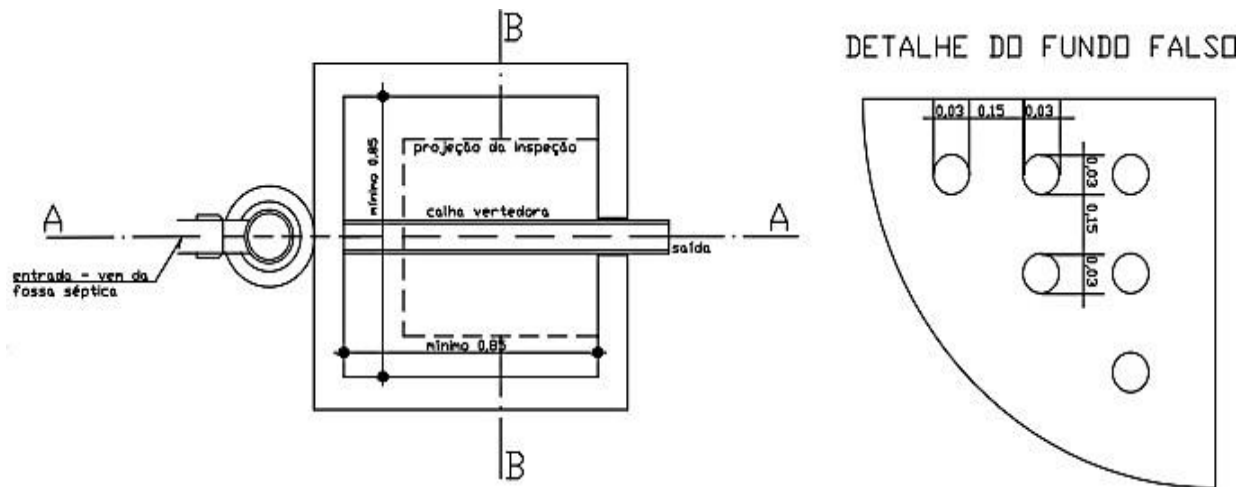
$$16,10 = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \times 1,8 \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,10}{\pi \cdot 1,8}}$$

$D = 3,38 \text{ m} \cong D = 3,40 \text{ m}$ (Diâmetro adotado)

O modelo adotado no trabalho se apresenta na forma circular de fluxo ascendente, com fundo falso e tendo como material filtrante a brita 4. As paredes e lajes serão em concreto armado. A laje do fundo falso será composta por furos de 3 centímetros com espaçamentos de 15 centímetros como pode ser observado no detalhamento (Figura 14).

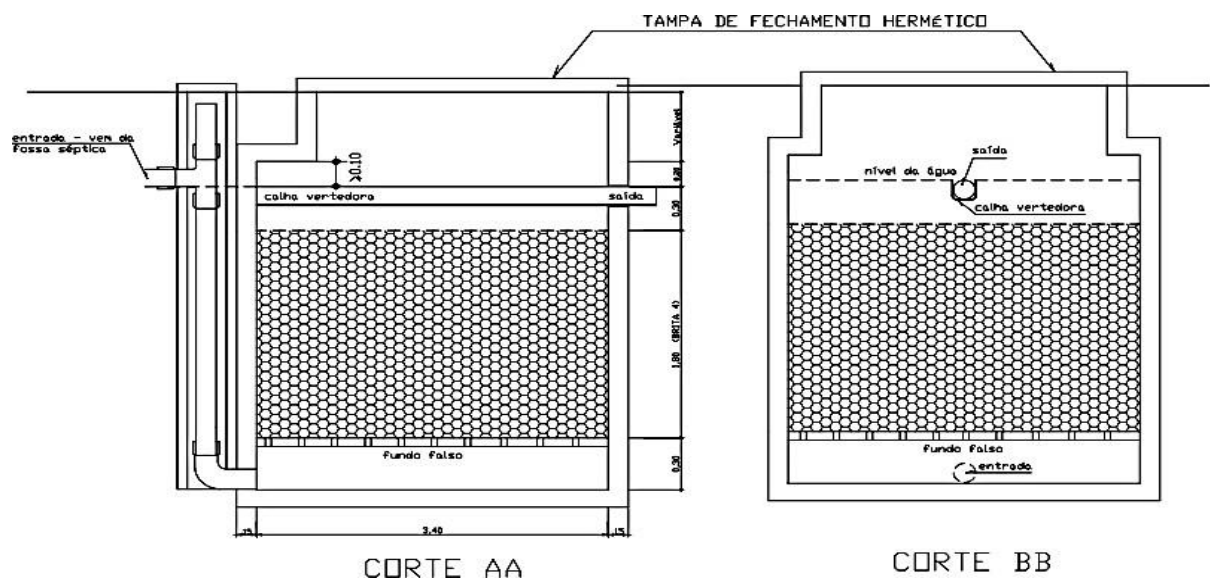
Para a limpeza e manutenção, o filtro possui uma entrada de 80 centímetros e um tubo guia de 200 milímetros. Quando ocorrer a colmatção do leito filtrante, será preciso fazer a limpeza do filtro, utilizando-se para isso uma bomba de recalque, introduzindo-se o mangote de sucção pelo tubo-guia. Semelhantemente ao tanque, é sugerido que o material retirado na limpeza seja encaminhado à estação de tratamento da cidade.

Figura 14: Detalhamento da tampa e do fundo falso do filtro anaeróbio



Fonte: A autora (2021).

Figura 15: Detalhamento do Filtro Anaeróbio



Fonte: A autora (2021).

Depois do efluente tratado pelo filtro anaeróbio, o mesmo segue para tratamento no filtro de areia.

5.6.3 Dimensionamento do Filtro de Areia

A norma NBR 12216/92 (ABNT, 1992) foi utilizada para auxiliar o dimensionamento do filtro de areia. O modelo de filtro de areia selecionado foi do tipo lento, uma vez que a quantidade de água a ser filtrada é baixa. Alguns parâmetros foram levados em consideração para o dimensionamento do filtro, como taxa de Filtração de $6 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$ (valor máximo para

filtros lentos de acordo com a norma regulamentadora) e espessura da camada filtrante de 1,2 m, já que a mínima espessura é de 0,90 m.

Na Tabela 24 são apresentados os cálculos dos resultados obtidos para a área e o volume útil do filtro de areia conforme cálculos realizados a partir das Equações 10 e 11. É importante ressaltar que a vazão adotada foi em função do volume de água necessário por dia.

Tabela 24: Volume útil do Filtro de Areia

Espessura da camada filtrante	Q	Taxa de Filtração	Área do Filtro	V	TDH
1,2 m	20,13 m³/dia	6 m³/m².dia	3,36 m²	10,88 m³	0,2 dias

Fonte: A autora (2021).

$$A \text{ (Área de filtração)} = \frac{Q}{\text{Taxa de infiltração}}$$

$$A = \frac{20,13}{6} = 3,36 \text{ m}^2$$

$$TDH \text{ (tempo de residência)} = \frac{V}{Q}$$

$$TDH = \frac{(1,2 \times 3,36)}{20,13} = 0,2 \text{ dias}$$

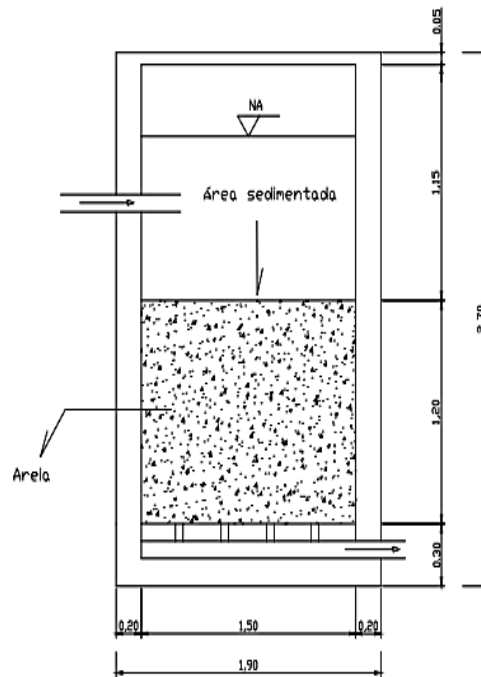
A Figura 16 apresenta o detalhamento do filtro de areia considerando uma seção circular para o filtro de areia e, assim sendo, o diâmetro correspondeu a 1,50 m. Após o tratamento no filtro de areia, a água cinza segue para o reservatório de armazenamento e desinfecção.

$$A = \frac{Q}{\text{Taxa de infiltração}}$$

$$\pi \frac{D^2}{4} = \frac{Q}{\text{Taxa de infiltração}} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \text{Taxa de infiltração}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20,13}{\pi \cdot 6}} = 1,44 \text{ m}$$

Sendo assim, adotou-se o diâmetro de 1,50 m.

Figura 16: Detalhamento do filtro de areia



Fonte: A autora (2021).

Após o tratamento no filtro de areia, a água cinza segue para o reservatório de armazenamento e desinfecção.

5.6.4 Reservatório para Desinfecção e Armazenamento

Optou-se pelo reservatório de armazenamento de fibra, no qual a caixa Forte é toda laminada (feita com resina poliéster) e bem estruturada no formato tronco cônico. Na Tabela 25 são apresentadas as dimensões do reservatório que foram consideradas de forma que atendessem as especificações de projeto. Nas Figuras 17 e 18 são ilustradas a caixa Forte a ser utilizada e as medidas especificados do reservatório, respectivamente.

Tabela 25: Dimensões do reservatório para armazenamento

Volume necessário	20.130 L
Volume encontrado	25.000 L
Diâmetro Superior	3.38 m
Diâmetro Inferior	2,35 m
Altura sem Tampa	3,87 m
Altura com Tampa	4,29 m

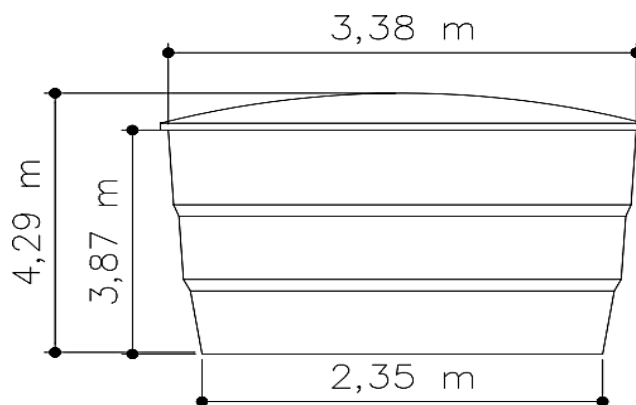
Fonte: A autora (2021).

Figura 17: Detalhamento do reservatório



Fonte: A autora (2021).

Figura 18: Modelo do reservatório da marca Caixa Forte

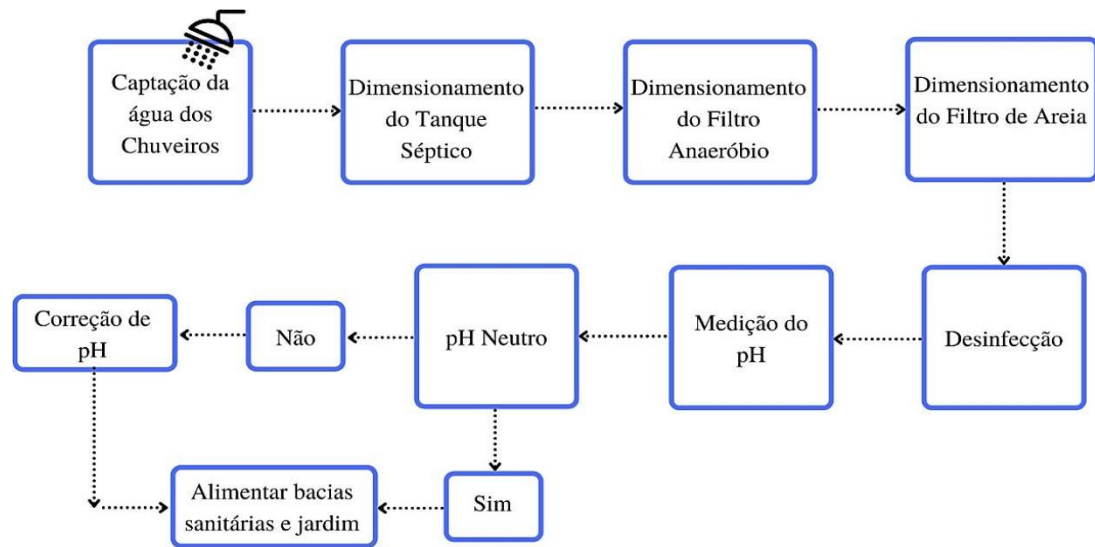


Fonte: Caixa Forte (2021).

O processo de desinfecção será realizado neste reservatório, em um tanque como o representado acima. Com base na literatura, o cloro foi adotado como desinfetante em decorrência de sua praticidade de uso e redução de custos. A dosagem adotada para o tratamento, ainda seguindo a literatura, poderia ser indicado um valor de 1 a 5 mg/L (valor recomendado para efluente tratado por processo secundário e filtro). Enfatiza-se que o Valor Máximo Permitido (VMP), destacado na Portaria nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011, que dispõe sobre as normas e padrão de potabilidade da água para consumo humano, destaca que para o controle do processo de desinfecção da água por meio da cloração, devem se atentar para os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato. Na art. 34 desta portaria, resalta que devem realizar cloração da água mantendo o residual mínimo de 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro combinado em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Ao final desta etapa, deve ser realizada a medição do pH da água de reuso e, caso seja necessária, a correção do seu valor para aqueles estabelecidos pelas normas. Na Figura 19 é apresentado o fluxograma do processo de tratamento proposto para o condomínio.

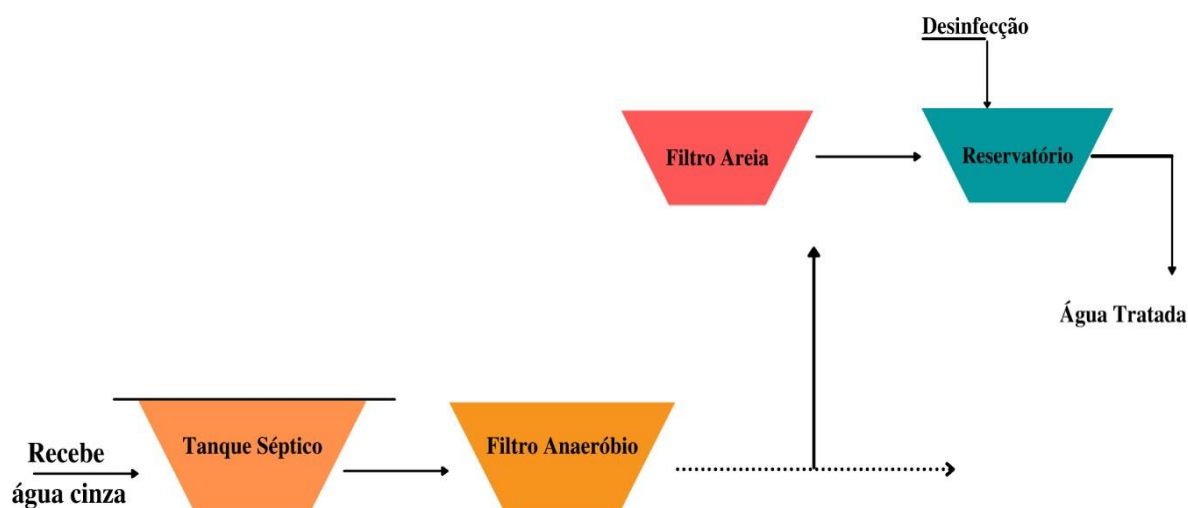
Figura 19: Resumo das etapas de tratamento estabelecido no trabalho



Fonte: A autora (2021).

A área escolhida para o planejamento da implementação do sistema será o terreno que se encontra livre para uso, uma vez que o mesmo deve possuir a disponibilidade de espaço para alocar o projeto da estação. O projeto também pode ser implementado no subsolo do próprio espaço do condomínio, em área não residencial. Na Figura 20 são apresentadas as etapas do sistema de tratamento.

Figura 20: Representação do sistema de tratamento de águas para reuso



Fonte: A autora (2021).

5.7 EFICIÊNCIA DO SISTEMA

Para a melhor eficiência do sistema e qualidade do efluente, devem ser selecionadas alternativas de acordo com as necessidades e condições locais onde é implantado o sistema de tratamento.

A NBR 13969/97, assim como o Guia de Conservação e Reuso da Água em Edificações (BRASIL et al. 2005), classificam os parâmetros de qualidade de água a ser reutilizada, segundo as atividades de reuso, e sugere os tratamentos de efluentes requeridos. Tais informações estão contidas na Tabela 4 (vide seção 3.4.5), que foi usada para avaliar a eficiência do tratamento.

Então, é preciso observar os valores mínimos a serem alcançados para obtenção de resultados favoráveis para o projeto de implantação do sistema de reuso. A NBR 13969/97 (ABNT, 1997) demonstra o nível de eficiência do tratamento proposto, conforme Tabela 26.

Tabela 26: Faixas de Remoção Sugeridas

Parâmetro	Filtro Anaeróbio submerso (%)	Filtro de Areia (%)
DBO (mg/L)	40 a 75	50 a 85
Coliformes Fecais (NPM/100mL)	-	99 ou mais
DQO (mg/L)	40 a 75	40 a 75
Nitrato (mg/L)	-	30 a 70
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	-	50 a 80
Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	70 ou mais	100

Fonte: Adaptado da NBR 13969/97.

A análise do nível de eficiência do sistema de tratamento foi com base em pesquisas de trabalhos de alguns autores que adotaram tratamento para águas cinzas semelhantes a este estudo (constituído de um tanque séptico, seguido por um filtro Anaeróbio logo após uma filtração terciária e por fim um processo de desinfecção). No qual, podem ser vistas as eficiências das unidades de tratamento escolhidas para essa função, demonstrando a qualidade do efluente por cada uma dessas unidades e que atenderam os parâmetros normativos.

No trabalho desenvolvido por Barros et al. (2016) foi possível concluir que a maioria dos parâmetros considerados em seu estudo, após passarem pelas unidades de tratamento, atenderam todas as exigências prescritas pela ABNT NBR 13.969 (ABNT, 1997) e FIESP (BRASIL et al. 2005). Com exceção dos parâmetros turbidez e coliformes fecais, que foram os únicos com valores acima do prescrito pela norma, porém, o autor ainda relata que para a turbidez não está sendo utilizada toda a eficiência dos sistemas de tratamentos escolhidos, e por isso o valor pode ser aceito já que tem-se os requisitos para manter a eficiência com limpezas e manutenções periódicas conforme norma recomenda; já para a quantidade de coliformes, não foi considerado a etapa de desinfecção com cloro, então, concluiu-se que o valor pode ser aceito já que o remanescente ainda será reduzido.

5.8 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Para avaliar economicamente o projeto, foi estimada a quantidade de água economizada por mês uma vez que o sistema fosse implementado. Com esse parâmetro e utilizando os valores determinados pela DESO, é possível estimar o valor mensal que poderá ser economizado pelo

condomínio com a adoção do reuso de águas cinzas. Na Tabela 27, obtida na Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), é demonstrada a forma de cálculo utilizada pela mesma para definir o valor da conta de água das residências. Para o caso desse estudo, a unidade avaliada será de perfil residencial.

Tabela 27: Estrutura tarifária 2021 para a categoria residencial

Faixa de consumo (m ³)	Tarifa (R\$/m ³)
Até 10	–
11–20	8,89
21–30	13,52
31–50	18,95
51–100	26,36
> 100	33,79

Fonte: Adaptada da DESO (2021).

Com o consumo médio total da edificação foi obtido uma estimativa do consumo médio referente a cada bloco do condomínio, que possui 6 blocos no total, chegando a um consumo médio mensal por bloco de 146,06 m³. Tais dados estão apresentados na Tabela 28.

Tabela 28: Dados do consumo médio entre janeiro e dezembro de 2021

Mês/Ano	Consumo Médio Total	Consumo Médio/Bloco
01/2021	100	16,67
02/2021	151	25,17
03/2021	166	27,67
04/2021	214	35,67
05/2021	389	64,83
06/2021	581	96,83
07/2021	853	142,17
08/2021	1107	184,50
09/2021	1398	233,00
10/2021	1679	279,83
11/2021	1844	307,33
12/2021	2034	339,00
Média Total (m ³ /mês)	876,33	146,06
Média Total (m ³ /dia)	28,811	4,802

Fonte: A autora (2021).

Com os dados da Tabela 27 e 28, pode-se calcular, em termos de moeda, a economia que seria gerada na edificação caso o sistema de reuso de água cinza fosse implementado para cada uma das finalidades em estudo (vasos sanitários e irrigação de jardins). Esses valores podem ser vistos nas Tabelas 29, 30 e 31. Os cálculos foram feitos tomando por base os 24% de economia gerada nas residências através do reuso nas bacias sanitárias, e 2% referentes ao uso de água para área externa como jardins e garagens, conforme apresentado na Tabela 3 (vide seção 3.5).

Tabela 29: Consumo de água potável sem o sistema de reuso

Consumo água potável	Custo Unitário	Custo Total Diário	Custo Total Mensal
28,811 m ³ /dia	R\$ 13,52	R\$ 389,52	R\$ 11.685,74

Fonte: A autora (2021).

Tabela 30: Consumo de água potável com o sistema de reuso nas bacias sanitárias

Consumo água potável	Custo Unitário	Custo Total Diário	Custo Total Mensal
28,811-6,91 = 21,90 m ³ /dia	R\$ 13,52	R\$ 296,10	R\$ 8.883,05

Fonte: A autora (2021).

Tabela 31: Consumo de água potável com o sistema de reuso na irrigação de jardins

Consumo água potável	Custo Unitário	Custo Total Diário	Custo Total Mensal
28,811-0,58 = 28,23 m ³ /dia	13,52	R\$ 381,67	R\$ 11.450,09

Fonte: A autora (2021).

Com todas as informações reunidas, elaborou-se a Tabela 32, que traz a redução de custo mensal do condomínio como um todo. Assim, se o sistema de reuso fosse implantado no condomínio, o mesmo geraria economias financeiras médias mensais de R\$ 235,65, caso a finalidade dessa reutilização fosse irrigação de jardins, e de R\$ 2.802,69, caso fosse recirculado em vasos sanitários.

Tabela 32: Economia mensal com o sistema de reuso

Finalidade para reuso	Economia	Percentual de Economia	Economia Total
Irrigação de Jardins	11.685,74 – 11.450,09 = R\$ 235,65	2,02%	235,65 + 2.802,69 = R\$ 3.038,34
Bacia Sanitária	11.685,74 – 8.883,05 = R\$ 2.802,69	23,98%	

Fonte: A autora (2021).

Como pode ser observado na Tabela 32 acima, houve uma economia média mensal no valor de R\$ 3.038,34 e anual de R\$ 36.460,00, contribuindo não só com as questões ambientais, uma vez que demanda menos água, como também com a possibilidade de remanejar a economia gerada para fins semelhantes, já que é perceptível a viabilidade econômica do reuso.

5.8 AVALIAÇÃO FINANCEIRA

Para realização do levantamento dos custos de implantação do sistema proposto, foi feita uma estimativa de custos considerando o condomínio na fase de projeto, visto que o presente trabalho não teve acesso aos projetos do condomínio em estudo para uma análise mais detalhada. Desse modo, foram pesquisados orçamentos de materiais do tanque séptico, do filtro anaeróbio + filtro de areia, da caixa de limpeza e do reservatório de armazenamento, conforme apresentado nas Tabelas 34, 35 e 36 que seriam necessários para reunir todas as informações contidas na Tabela 33, onde são apresentados os valores estimados dos materiais e mão de obra, resultando no custo inicial do sistema de tratamento para o bloco considerado neste trabalho.

Tabela 33: Custos do sistema de tratamento proposto

Tanque Séptico	R\$ 5.294,43
Filtros	R\$ 3.028,65 + 1.931,15 = R\$ 4.959,80
Caixa de Limpeza	R\$ 930,00
Mão de obra	R\$ 2.000,00
Caixa Forte 25.000 L	R\$ 9.070,91
Total	R\$ 22.255,14

Fonte: A autora (2022).

Tabela 34: Orçamento para serviço – Tanque Séptico

Item	Serviços	Und	Qtd.	Valor unitário R\$	Valor Total R\$	Referência
1	Escavação	m³	26,456	13,02	344,457	SINAPI (2019)
2	Fundo em concreto e=10cm	m³	0,989	267,58	264,637	SINAPI (2019)
3	Alvenaria tijolo cerâmico	m²	19,2	29,17	560,064	SINAPI (2021)
4	Revestimento interno com argamassa traço 1:3	m²	27,2	15,5	421,6	SINAPI (2021)
5	Tampa em concreto armado	m³	9,89	368,47	3644,17	SINAPI (2021)
6	Tubo PVC esgoto e curva 90° PVC esgoto	und	2	29,75	59,5	SINAPI (2021)
Total					5.294,43	

Fonte: A autora (2022).

Tabela 35: Orçamento para serviço – Filtro Anaeróbio

Item	Serviços	Und	Qtd.	Valor unitário R\$	Valor Total R\$	Referência
1	Escavação	m³	11,762	13,02	153,141	SINAPI (2019)
2	Leito filtrante-form. enchimento c/ brita nº 4	m³	16,13	140,86	2272,072	SINAPI (2021)
3	Concreto pré-moldado e=10cm (considerando fundo com revestimento e a tampa do filtro)	m²	20,687	29,17	603,44	SINAPI (2019)
Total					3.028,65	

Fonte: A autora (2022).

Tabela 36: Orçamento para serviço – Filtro de Areia

Item	Serviços	Und	Qtd.	Valor unitário R\$	Valor Total R\$	Referência
1	Escavação	m³	3,32	13,02	43,226	SINAPI (2019)
2	Volume de reaterro	m³	0,567	34,02	19,289	SINAPI (2019)
3	Alvenaria	m²	5,65	29,17	164,81	SINAPI (2021)
4	Tampa pré-moldada (concreto armado) e=5cm	m²	2,835	368,47	1044,612	SINAPI (2021)
5	Leito filtrante – colocação de areia no filtro	m³	10,88	60,59	659,219	SINAPI (2021)
Total					1.931,153	

Fonte: A autora (2022).

O investimento financeiro para implantação de um tanque séptico para reutilização de água cinza em residências é variável, sendo possível apenas fazer uma estimativa do valor, uma vez que o mesmo dependerá diretamente da quantidade de esgoto gerado, número

de contribuintes e do tipo de material escolhido. Neste trabalho, a estimativa de tempo para implantação do sistema foi considerada de até 15 (quinze) dias e o preço total estimado de investimento para implantação do sistema no bloco em análise nesse estudo é de R\$ 22.255,14. Destaca-se que os valores dos equipamentos, materiais e mão de obra foram embasados através de outros estudos práticos sobre o assunto.

5.8.1 Custos de Manutenção e Operação

Para a escolha do sistema de tratamento das águas cinzas foi considerado o processo de manutenção e operação, de forma que o sistema escolhido não precisaria fazer muitas intervenções.

Quanto ao processo de desinfecção pode-se estimar que as pastilhas de cloro de 200 gramas de hipoclorito de cálcio, devem ser repostas todo mês, mas o ideal é que seja feita uma inspeção semanal no clorador para manter a integridade do sistema de cloração

Outro custo inerente ao sistema é a manutenção do filtro de areia, pelo qual deve ser feita a troca da camada superficial de areia com espessura de aproximadamente 5 cm, totalizando em torno de 1 m³ de areia média ao preço unitário de R\$ 91,07 (WELBERT, 2016). Esse serviço precisa ser feito com periodicidade de 12 meses. Para o processo de desinfecção deve ser feita a cloração, ao preço de R\$ 10,47 a unidade (MAGAZINELUIZA, 2022).

Na Tabela 37 são apresentados os itens de manutenção e operação elencados acima, com os custos anteriormente citados divididos por mês.

Tabela 37: Custos de manutenção e operação para o sistema proposto

Descrição	Custo mensal (R\$)
Manutenção da cloração	10,47
Manutenção filtro de areia	91,07/12 = 7,59
Total	18,06

Fonte: A autora (2022).

Sendo assim, o custo médio mensal com a manutenção do sistema de reuso é de R\$ 18,06.

5.8.2 Determinação do Período de Retorno

O custo médio mensal com a manutenção do sistema de reuso é de R\$ 18,06 (Tabela 37), custo este relacionado com a desinfecção. Contudo, com saldo a ser resgatado do total do investimento dividido pela economia mensal com o sistema de reuso na irrigação de jardins (R\$ 235,65) subtraindo o custo com a manutenção (R\$ 18,06), obtém-se o retorno do investimento em aproximadamente 103 meses (Tabela 38).

Tabela 38: Tempo de retorno do investimento (irrigação de jardins)

Investimento total	R\$ 22.255,14
Economia mensal	R\$ 235,65 - R\$ 18,06 = R\$ 217,59
Tempo de retorno	103 meses

Fonte: A autora (2022)

Observando a Tabela 38, nota-se um longo tempo para a obtenção de um possível *payback* (retorno) do ponto de vista econômico na utilização do sistema de reuso de águas cinza estudado. Fazendo a mesma análise do saldo a ser resgatado para o sistema de reuso de água cinzas nas bacias sanitárias (R\$ 2.802,69) e subtraindo do mesmo custo a manutenção (R\$ 18,06), obtém-se um retorno do investimento em aproximadamente 8 meses, conforme apresentado na Tabela 39.

Tabela 39: Tempo de retorno do investimento (Bacia Sanitária)

Total do investimento	R\$ 22.255,14
Economia mensal	R\$ 2.802,69 - R\$ 18,06 = R\$ 2.784,63
Tempo de retorno	8 meses

Fonte: A autora (2022).

O tempo para a obtenção de um possível retorno, para o sistema de reuso nas bacias, é bem menor, comparado com o tempo de retorno obtido para o reuso na irrigação de jardins, já que a demanda de água para as bacias é bem maior que na rega de jardins, o que resulta consequentemente em uma economia maior se o sistema de reuso fosse implantado também nas bacias.

Importante ressaltar que o tempo de retorno obtido é um valor estimado, já que não foi possível diante dos dados que foram fornecidos para o estudo fazer uma análise dos custos mais

aprofundada, dessa forma esse tempo de retorno pode vir a ser maior que o estimado no presente trabalho.

Deve-se ressaltar também que essa análise se refere ao aproveitamento da água cinza na fase de projeto pois as instalações hidráulicas já seriam executadas para tal função. Desta forma, os custos de implantação em um edifício já construído seriam maiores pois seria necessária uma reforma para adequar as instalações hidráulicas do prédio para a utilização da água cinza nas descargas dos vasos sanitários.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para uma avaliação mais detalhada em termos econômicos seria necessária uma análise financeira mais acurada, com avaliação dos custos de equipamentos, instalação, preço da obra, manutenção e depreciação, tendo como suporte os projetos do condomínio, para assim ser possível obter um tempo de retorno do investimento mais próximo da realidade da edificação. Porém, sabe-se que quanto maior a quantidade de água maior será o retorno, ou seja, para sistemas com capacidade de produção de água de reuso e demanda superiores o retorno ocorre em períodos menores, visto que quanto maior a demanda por água de reuso, teoricamente, menor o *payback*. Dessa forma, torna-se a adoção dessa prática mais atrativa em condomínios residenciais. É importante ressaltar que para a caracterização do efluente foram utilizadas as médias de algumas literaturas, que consideravam outras fontes de abastecimento além do chuveiro. Ademais, a região e os costumes de uma comunidade podem influenciar em diversos parâmetros. Por isso, é recomendado fazer uma análise mais aprofundada sobre a qualidade da água do seu condomínio, casa ou empreendimento e para qual finalidade será usada essa água de reuso, para saber se ela pode ser adaptada ao processo, garantindo a segurança dos usuários. Diante disso, pode-se estimar que um sistema de reuso de água cinza para áreas externas e descargas de bacias sanitárias é eficiente e, principalmente, viável ambientalmente para condomínios e residências. Através dos resultados encontrados foi possível verificar a demanda total de água cinza da edificação de $0,8 \text{ m}^3/\text{h}$ e também a oferta de água cinza, sendo a principal fonte os chuveiros, que foi de $0,839 \text{ m}^3/\text{h}$, o que representa 37% do consumo mensal de água, sendo superior a demanda. Verificou-se também a viabilidade econômica do sistema de reuso para o condomínio estudado, com economia anual estimado no valor monetário de R\$ 36.460,00. O custo para implantação do sistema de tratamento encontrado foi no valor de R\$ 22.255,14, com tempo de retorno para irrigação de jardins de 103 meses e para as bacias sanitárias de 8 meses, a expectativa para a implantação do projeto é de gerar economia de água tanto para os moradores, como para o condomínio em sua limpeza no geral e preservação do meio ambiente. Com isso, o reuso de águas cinzas mostrou que diminui tanto o consumo de água potável, como a quantidade de poluentes gerados e lançados no sistema de esgoto.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulicos-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-12.209-Projeto-de-Esta%C3%A7%C3%B5es-de-Tratamento-de-Esgoto-Sanit%C3%A1rios.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/toaz.infonbr12219pdfpr_293e7ad52ec923a97ad5a64d0447c4a4.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2021.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: <https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanque sépticos. Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: <https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2021.
- ALMEIDA, Renata Ribeiro Guedes; et al. **Proposição de uma metodologia para análise de viabilidade econômica de uma usina fotovoltaica**. Revista Principia, v. 1, n. 34, p. 84-92, 2017.
- ALVES, W. C.; KIPERSTOK, A.; ZANELLA, L.; PHILIPPI, L.S.; SANTOS, M. F. L.; VALENTINA, R.S. D.; OLIVEIRA, L.V.; GONÇALVES, R.F. **Tecnologias de conservação em sistemas prediais**. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos Brasil 2015. Brasília - DF, 2015.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos Brasil 2018. Informe anual. Brasília - DF, 2018.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos Brasil 2021. Brasília - DF, 2021.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. WBCSD. World Business Council for Sustainable Development. CEBDS. Centro Empresarial Brasileiro Para o Desenvolvimento Sustentável. No Rumo da Mudança. Fatos e Tendências. Água. Brasília. 2009. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2009/AguaFatosETendencias.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2021.
- AQUINO, Solimar Alves de. **Viabilidade técnica e financeira do reuso de águas cinzas em um condomínio residencial**. 2019. 45 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Gestão Ambiental, Faculdade UnB Planaltina. Brasília, 2019.
- BARRETO, D - **Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. Programa de Mestrado em Habitação Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo – SP, 2008.

BARROS, Danilo Medeiros Xavier de. **Avaliação e projeto de reuso de águas cinzas em um condomínio residencial para fins não potáveis**. 2021. 57 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2021.

BARROS, J. P. R.; CARVALHO, C. L.; MARQUES, K. R. **Projeto de reuso de água cinza no IFS, campus Aracaju, por meio de recirculação nos banheiros e irrigação de jardins, com seus aspectos econômicos e qualitativos**. 2016. Curso Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Sergipe - Campus Aracaju. Disponível em: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Relat%C3%B3rio%20Final%20+%20Lista%20de%20Presen%C3%A7a%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Relat%C3%B3rio%20Final%20+%20Lista%20de%20Presen%C3%A7a%20(2).pdf). Acesso em: 12 de janeiro de 2022.

BARROS, Wellington Pacheco. **A água na visão do direito**. 1. ed. Porto Alegre: Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul – Departamento de Artes Gráficas, 2005.

BAZZARELLA, Bianca Barcellos. **Caracterização e aproveitamento de águas cinzas para usos não potáveis em edificações**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005.

BIAZUS, A. C. **Reuso de águas cinzas para fins não potáveis em edifício residencial multifamiliar**. 2015. 77 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de jan.** De 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, Brasília, DF, jan 1997. Disponível em: <<http://agevap.org.br/baiadailhagrande/leis/lei-federal-9433.97.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reuso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil**. Material do Seminário Regional – Centro Oeste (RP01C). PRODUTO IV – AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO (RP01C). 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo: Prol, 2005. Disponível em: <<https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/06/analise-da-implantacao-de-tanque-septico-para-residencia-considerando-a-alternativa-de-reuso-de-aguas-cinza-para-fins-nao-potaveis.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Diário oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2021.

CONAMA. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2021.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 503, de 14 de dezembro de 2021**. Diário oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 2021.

CAESB. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Histórico: Outras Informações sobre a Crise Hídrica.** Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/agua/crise-hidrica-historico/outras_informacoes.html>. Acesso em: 10 ago. 2021.

Caixa Forte. Disponível em: <<http://caixaforte.ind.br/caixadagua/caixa-dagua-25000-litros/>>. Acesso em: 15 de dez. 2021.

CAMPOS, R. J. et al. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo.** Rio de Janeiro: ABES, 1999. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/images/apoioefinanciamento/historicodeprogramas/prosab/prosabcamposfinal.pdf>>. Acesso em: 20 jul. de 2021.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Reuso de Água.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>>. Acesso em: 24 de junho de 2021.

CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI, R. P.; VON SPERLING, M.; MONTEGGIA, L. A. **Tratamento de Esgotos e Produção de Efluentes Adequados a Diversas Modalidades de Reuso da Água.** p. 63-110. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

COSTA, C. H. A.; ILHA, M. S. O. **Legislação para aproveitamento de águas cinzas em edifícios residenciais: o caso da cidade de Guarulhos.** 2011. Artigo (Graduação) UFPR. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/sispred/atas/artigos/227%20final.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

DECA. **Uso Racional de Água.** Disponível em: <<http://www.deca.com.br/vitrine/agua/manutencao.html>> Acesso: 10 out. 2021.

DELL'UOMO, Francisco. **Análise técnica e econômica dos processos de tratamento de águas cinzas visando o reuso.** 2014. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

DESO. Companhia de Saneamento de Sergipe. Disponível em: <<https://www.desosse.com.br/menu/quadro-tarifario>>. Acesso em: 22 nov. 2021.

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

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, 2006.

FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de fluoretação da água para consumo humano.** Brasília - DF, 2012. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/mnl_fluoretacao_2.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2022.

GARCIA, A. V.; OLIVEIRA, R. C. A.; SILVA, G. P.; COSTA, P. P.; OLIVEIRA, L. A. **Disponibilidade Hídrica e volume de água outorgado na micro-bacia do Ribeirão Abóbora, Município de Rio Verde, Estado de Goiás.** Caminhos de Geografia, v. 8, n. 22, p. 97-106, 2007.

GONÇALVES, R. F. **Plano de integração – Rede 5**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Edital 4 (PROSAB 4). 12 p, 2004.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. Introdução. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 1-28.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional de Água e Energia: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: < http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2021.

GONÇALVES, R. F.; SIMÕES, G. M. S.; WANKE, R. **Reuso de águas cinzas em edificações urbanas, estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ)**. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica, v. 3, n. 1, p. 120-131, 2010.

HESPAÑHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

HESPAÑHOL, I. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos**. Estudos avançados 22 (63), 2008.

JORDÃO, E. P., PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

LAMINE M., BOUSSELMI L., GHRABI A. Biological treatment of grey water using sequencing batch reactor. **Desalination**, v. 215, p. 127-132, 2007.

LIMA, J. E. F. W.; FREITAS, G. K.; PINTO, M. A. T.; SALLES, P. S. B. A. **Gestão da crise hídrica 2016-2018: experiências do Distrito Federal**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<https://www.adasa.df.gov.br/images/banners/alta.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2021.

LIMA, J. G. **O paradoxo da água**. Revista Veja Especial. São Paulo: Editora Abril, 2005. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/noticias-sobre/agua/>>. Acesso em: 10 nov. 2021.

LOPES, F. O. D.; DAGOSTIN, J. V.; DOS SANTOS, J. **Discussão de processos prevendo a eficiência hídrica ao Bloco CETAL da Universidade do Sul de Santa Catarina**. MIX Sustentável, v. 5, n. 2, p. 85-97, 2019.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

MIERZWA, J. C., HESPAÑHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso**. 2. Reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos Editora, 2012.

MS. Ministério Da Saúde. **Portaria N° 2.914, de 12 dez. 2011**. Disponível em: < https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 20 de dez. de 2021.

NETTO, A. **Manual de hidráulica**. 8.Ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1998.

OLIVEIRA, A. **Material de sala de aula. Consumo predial diário**. Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

OLIVEIRA, L. H. **Conservação de Água em Edifícios**. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Disciplina PCC5964, 2016. Capítulo 5: Água e Construção Sustentável. 2016. Disponível em: < <http://www.hu.usp.br/wp-content/uploads/sites/97/2016/12/Conserva%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1gua-2016.pdf> >. Acesso em: 24 de agosto de 2021.

OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. R. **Levantamento do estado da arte: Água - Tecnologias para construção habitacional mais sustentável**. Projeto Finep, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/documents/tecnologias-para-construcao-mais-sustentavel/HabitacaomaisSustentavel_D2.1_agua.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2021.

OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. **Tecnologias para otimização do uso da água no domicílio (relatório parcial)**. Programa de pesquisa em saúde e saneamento. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. Goiânia, 2005.

PERDIGÃO, V. S. **Sistemas prediais de reaproveitamento de águas cinzas**. 2015. 61 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.

PERTEL, M. **Caracterização do Uso da Água e da Energia Associada à Água em um Edifício Residencial Convencional e uma Dotada de Sistema de Reuso de Águas Cinza**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2009.

RAMPELOTTO, Geraldo. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reuso doméstico**. 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2004.

REZENDE, A. **Reuso urbano de água para fins não potáveis no Brasil**. 2016. 106 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2016.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Situação dos mananciais**. Disponível em: <<http://mananciais.sabesp.com.br/>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

SANT'ANA, D. R.; et al. **Reuso-DF: viabilidade técnica e operacional do aproveitamento de águas pluviais e do reuso de águas cinzas em edificações não-residenciais do Distrito Federal**: Relatório Técnico 5/2017. Brasília: Universidade de Brasília, 2017. 65p. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1BeoK5ib7S_XZ0tGBp9DXBN8YQ0ptXaz/view?usp=ssharing>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SANTOS, D. C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, 2002. Disponível em: <

file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/3429-11778-1-PB.pdf >. Acesso em: 20 de julho de 2021.

SANTOS, H. F. **Custos dos sistemas de reuso de água**. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. dos. (Eds.). Reuso de água. Barueri, SP: Manole, 2003.

SANTOS, W. P. **Avaliação da viabilidade econômica do reuso de águas cinzas em edificações domiciliares**. 2008. 72 p. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Governo busca soluções para crise hídrica em Malhador**. 2017. Disponível em: <https://infonet.com.br/noticias/cidade/governo-busca-solucoes-para-crise-hidrica-emmalhador/>. Acesso em: 16 fev. de 2022.

SILVA, A. J. M. A evolução legal e institucional na gestão dos recursos hídricos no Brasil. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 2017, Campinas. **Simpósio...** Campinas: Instituto de Geociências, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1786>>. Acesso em: 15 set. 2021.

SILVA, J. R. **Viabilidade da coleta de água proveniente de sistemas de refrigeração**. 2020. 33 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Departamento de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Rio Verde, 2020.

SILVA, P. G. **Dimensionamento de um sistema hidráulico predial para reuso de águas cinzas em uma edificação residencial**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2017.

SILVEIRA, B. Q. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais**. 2008. 44 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_754>. Acesso em: 13 dez. 2021.

SINDUSCON. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo. Prol Editora Gráfica, 2005. Disponível em: < <https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=161985>>. Acesso em: 30 jul. 2021.

SNS. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il.

TELLES, D. D., COSTA, R. P. **Reuso de água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

TOMAZ, P. **Aproveitamento da Água de Chuva**. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre medidas convencionais e não convencionais do uso racional da água**. 1. ed. São Paulo: Editora Navegar, 2001.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água: interface das instalações prediais de água e esgoto**

com os serviços públicos. 1. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. Manual: Guidelines for water reuse. Washington, DC. 2012. Disponível em: < <https://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100FS7K.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

VIANNA, J. T. D. S. **Análise de alternativas para conservação de água em edificações residenciais funcionais em Brasília-DF**. 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2017.

WELBERT, Ricardo. Pesquisa revela variações de preço em itens de construção em Divinópolis. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mg/centro-oeste/noticia/2016/08/pesquisa-revela-variacoes-de-precos-em-itens-de-construcao-em-divinopolis.html>>. Acesso em: 20 de dez. de 2021.