

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**GABRIEL DAS GRAÇAS MOURA DE SOUZA
JOÃO PEDRO COSTA FRAGA**

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA
TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS**

VOLTA REDONDA/RJ

2022

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

ESTUDO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA
TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

Monografia apresentada ao Curso
de Engenharia Ambiental do UniFOA
como requisito parcial para obtenção
do título de bacharel em Engenharia
Ambiental.

Alunos:

Gabriel das Graças Moura de Souza
João Pedro Costa Fraga

Orientador: Prof. Dr. Amarildo de
Oliveira Ferraz

VOLTA REDONDA/RJ

2022



Fundação Oswaldo Aranha



FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ESTUDO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS". Elaborado por Gabriel Das Graças Moura De Souza- Matrícula: 201710314 e João Pedro Costa Fraga- Matrícula: 201510368, apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso Engenharia Ambiental.

Aprovado em 28 de junho de 2022.

Banca Avaliadora:



Professor Orientador

Amarildo Ferraz de Oliveira, Doutor, UniFOA



Professora Avaliadora

Samantha Grisol Da Cruz Nobre, Doutora, UniFOA



Professora Avaliadora

Ana Claudia De Almeida Cardinot, Mestra, UniFOA

A Deus, que nos deu sustento e ânimo quando já não havia mais forças. Aos familiares, amigos e corpo docente que sempre nos deram apoio e palavras de coragem.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela vida, por nos capacitar e nos permitir chegar até aqui.

Aos pais e familiares que foram base, sustento e força para o caminho que escolhemos trilhar.

Aos professores que nos deram entendimento e estímulos para alcançar a compreensão além dos livros, em especial o Prof. Dr. Amarildo de Oliveira Ferraz.

A todos que de forma direta ou indiretamente estiveram presentes em nossa jornada, nossos mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

Os sistemas de reuso de águas cinzas são soluções que vão ao encontro da filosofia do Desenvolvimento Sustentável, pois a água é um recurso natural limitado e imprescindível à vida, sendo que a má preservação e conservação dos recursos hídricos e a conscientização sobre seu uso precisam ser amplamente discutidas. O presente trabalho visa analisar, descrever e divulgar os diversos projetos de reuso de águas cinzas, o estudo foi realizado através de pesquisa bibliográfica e documental, com abordagem qualitativa cujo o intuito foi de apresentar inúmeras possibilidades do objeto de estudo e confirmar que são alternativas que auxiliam no tratamento e na redução do consumo da água, favorecendo a diminuição na conta do abastecimento público de água e o consumo de recursos naturais superficiais, devido à possibilidade de reutilização. Portanto, a observação das possibilidades de implantação de sistemas de reuso de águas cinzas são acessíveis à população, parcerias reguladas e efetivas contribuem para melhoria e desenvolvimento do cotidiano social e que para tal, é necessário também, postura participativa, bem como, um caminho para relações democráticas. No presente estudo foi ainda descrito um estudo de caso típico de reuso de águas cinzas para exemplificar em detalhes a viabilidade de implantação desse tipo de sistema.

Palavras-chave: Reuso; águas cinzas; sistemas de tratamento; abastecimento.

ABSTRACT

Gray water reuse systems are solutions that meet the philosophy of Sustainable Development, as water is a limited and essential natural resource for life, and the poor preservation and conservation of water resources and awareness of its use need to be addressed and widely discussed. The present work aims to analyze, describe and publicize the various gray water reuse projects, the study was carried out through bibliographic and documentary research, with a qualitative approach whose aim was to present numerous possibilities of the object of study and confirm that they are alternatives that they help in the treatment and reduction of water consumption, favoring the reduction in the public water supply bill and the consumption of surface natural resources, due to the possibility of reuse. Therefore, the observation of the possibilities of implantation of gray water reuse systems are accessible to the population, regulated and effective partnerships contribute to the improvement and development of the social daily life and that for this, it is also necessary, a participatory posture, as well as a way to democratic relations. In the study, a typical case study of gray water reuse was also described to exemplify in detail the feasibility of implementing this type of system.

Keywords: Reuse, conservation, systems supply.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação do ciclo hidrológico	22
Figura 2. Distribuição de água no mundo	24
Figura 3. Precipitação total acumulada no Brasil para o ano de 2007	32
Figura 4. Precipitação total acumulada no Brasil para o ano de 2013	32
Figura 5. ETAC - Sistema compacto de tratamento de águas cinzas.....	45
Figura 6. ETAC - Sistema compacto de tratamento de águas cinzas.....	46
Figura 7. Caixa de entrada	48
Figura 8. Reator anaeróbio compartimentado	49
Figura 9. Meio suporte utilizado no FBAS.	49
Figura 10. Bomba centrífuga de recirculação de lodo do DEC	50
Figura 11. Da direita para esquerda: TQE, DEC, FBAS.	51
Figura 12. Filtro terciário.....	52
Figura 13. Bombas de recalque de água de reuso	53
Figura 14. Sistema integrado filtro tanque é utilizado em moradias com agricultura familiar.	Erro! Indicador não definido.
Figura 15. Filtro biológico de Sistema integrado filtro tanque é utilizado em moradias com agricultura familiar.....	55
Figura 16. Caixa de gordura	Erro! Indicador não definido.
Figura 17. Preparação de cisterna e filtro de alvenaria em sistema de tratamento de águas cinzas.	57
Figura 18. Sistema de reuso de água do banho familiar para vaso sanitário 1.	59
Figura 19. Sistema de reuso de água do banho familiar pra vaso sanitário 2.	60
Figura 20. Sistema de reuso de água do banho familiar para vaso sanitário 3.	61
Figura 21. Esquema de reuso de águas cinzas.....	63

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1. Etapas da ETAC	47
---	-----------

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Número de leis que tratam do aproveitamento da água da chuva e/ou águas cinzas em território brasileiro ano a ano 33
- Gráfico 2.** Evolução do número de leis que tratam do aproveitamento da água de chuva e/ou águas cinzas em território brasileiro ao longo dos anos..... 34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros analisados pelo IQA e seus pesos.....	29
Tabela 2. Número de leis que tratam do aproveitamento da água de chuva e/ou águas cinzas em território brasileiro ano a ano	31
Tabela 3. Número de leis que tratam do aproveitamento da água da chuva e/ou águas cinzas por região	34
Tabela 4. Parâmetros de qualidade da água para reuso segundo a NBR 13969/1997 e SINDUSCON (2005).....	36
Tabela 5. Parâmetros físicos das águas cinzas de acordo com o local de obtenção	41
Tabela 6. Parâmetros químicos das águas cinzas de acordo com o local de obtenção	42
Tabela 7. Parâmetros de DBO, DQO, enxofre e biológicos das águas cinzas de acordo com o local de obtenção.....	43
Tabela 8. Demanda diária de águas cinzas.	64
Tabela 9. Custos para implantação de um sistema de águas cinzas 1.....	65
Tabela 10. Custos para implantação de um sistema de águas cinzas 2.....	66
Tabela 11. Análise econômica do sistema de reuso	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Formas potenciais de reuso da água	40
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cl – Cloro

CT – Coliformes totais

DBO₅²⁰ - Demanda bioquímica de oxigênio

DEC - Decantador

DQO - Demanda química de Oxigênio

ETAC - Estação de tratamento de águas cinzas

FBAS - Filtro Biológico Aerado Submerso

FT - Filtro terciário

IQA - Índice de qualidade das águas

NTK - Nitrogênio de Kjeldahl total

PCMSO - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional

PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

RACS - Reatores Anaeróbios Compartimentados

TQE - Tanque de Equalização

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	PROBLEMA ABORDADO	16
1.2	JUSTIFICATIVA	17
1.3	ESTRATÉGIAS DE PESQUISA	17
1.4	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	18
1.5	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	18
1.6	ESTRUTURA DO PROJETO	19
1.7	OBJETIVO GERAL	19
1.8	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	CICLO HIDROLÓGICO	21
2.2	DISPONIBILIDADE DE ÁGUA	23
2.3	ESCASSEZ DE RECURSOS HÍDRICOS.....	24
2.4	SUSTENTABILIDADE	25
2.5	ECONOMIA CIRCULAR.....	26
2.6	ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA.....	27
2.7	INDICADORES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS	28
2.8	TIPOS DE REUSO DA ÁGUA	29
2.9	NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÕES PARA O REUSO DE ÁGUAS CINZAS RESIDENCIAIS NO BRASIL	30
2.10	REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS	38
2.11	CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DAS ÁGUAS CINZAS.....	38
2.11.1	<i>Características físicas.....</i>	40
2.11.2	<i>Características químicas</i>	41
2.11.3	<i>Características biológicas.....</i>	42
3	SISTEMAS DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS.....	44
3.1	A ETAC - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS	44
3.1.1	<i>Detalhamento de uma Estação de tratamento de águas cinzas – ETAC</i>	46

3.1.2	Caixa de entrada SUMÁRIO	47
3.1.3	Tratamento anaeróbio	48
3.1.4	Tratamento aeróbio	49
3.1.5	Decantação	50
3.1.6	Tanque de equalização	51
3.1.7	Tratamento terciário.....	51
3.1.8	Reservatório superior de água de reuso.....	52
3.1.9	Vantagens da ETAC - (Estação de tratamento de águas cinzas).....	53
3.2	SISTEMA INTEGRADO FILTRO TANQUE	53
3.2.1	Etapas do funcionamento	55
3.2.2	Caixa de gordura	55
3.2.3	Filtro Biológico	56
3.2.4	Tanque de armazenamento.....	57
3.2.5	Sistema de distribuição.....	58
3.3	SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA DO BANHO FAMILIAR	58
3.3.1	O sistema de reuso de água do banho familiar funciona em poucas etapas	59
3.4	IMPACTOS AMBIENTAIS	61
4	ESTUDO DE CASO	62
4.1	DESCRIÇÃO DO SISTEMA	62
4.2	DEMANDA E OFERTA DE ÁGUAS CINZAS	64
4.3	CONSUMOS E EFICIÊNCIA DO PROJETO	64
4.4	OBSERVAÇÕES.....	68
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1 INTRODUÇÃO

O processo de industrialização aliado ao crescimento populacional contribui para escassez de água nos grandes centros urbanos, o uso impróprio da água tem levado a cenários de degradação deste recurso, ocorrência que tem direcionado preocupação com os recursos hídricos. Portanto, torna-se justificável o estudo sobre uma das alternativas para auxiliar no abastecimento de água não potável.

Os sistemas de reuso de águas cinzas são aplicados para atender demandas de água não potável, uma vez que se dispõe de água com qualidade razoável para diversas finalidades, principalmente as não potáveis, e podem ser utilizados em diversas atividades do setor industrial, agrícola, comercial e residencial.

Deste modo os sistemas de reuso de águas cinzas demonstram-se relevantes para otimização do abastecimento de água de localidades que necessitam deste recurso.

1.1 Problema abordado

É possível observar que empresários, proprietários, projetistas, empreiteiros e gestores prediais têm tido pouca orientação sobre os cuidados necessários para o reuso de águas cinzas, o que dificulta na tomada de decisão para implementar um sistema de reutilização dessas águas, podendo levar à rejeição na hora implementar um sistema ou até mesmo a utilização de um sistema de maneira inadequada. Mediante ao cenário apresentado, questiona-se: “As informações sobre os sistemas de tratamento para águas cinzas auxiliam na tomada de decisões sobre a seleção e concepção desses sistemas na construção civil?”

1.2 Justificativa

O projeto de pesquisa tem como justificativa ampliar a discussão e explorar em específico esse tipo de tecnologia sustentável, diante da preocupação com os recursos hídricos, uso impróprio da água nos grandes centros urbanos e a importância quanto aos retornos ambientais e sociais.

1.3 Estratégias de pesquisa

A equipe de pesquisa teve como estratégia utilizar guias, ferramentas online, referências bibliográficas para analisar através dessas pesquisas, ferramentas que possam auxiliar a população, através de informações teóricas sobre os sistemas de reuso de águas cinzas em diferentes construções.

Para o presente trabalho tornar-se fundamentado, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, foram consultadas várias literaturas relativas ao assunto em estudo e artigos publicados na internet. Este estudo aqui apresentado conta com a abordagem qualitativa e teve como foco a avaliação de projetos de sistemas de reaproveitamento de águas cinzas, sendo que a presente pesquisa irá utilizar os seguintes métodos:

- Estudo de legislações aplicadas;
- Identificação das normas relacionadas;
- Buscar soluções para otimizar as pesquisas;
- Abordagem de estudo de caso;
- Montagem do projeto escrito.

1.4 Classificação da pesquisa

Essa pesquisa objetiva explorar a implementação dos sistemas de reuso de águas cinzas, os objetivos serão explicativos, pois visam elucidar a tecnologia reuso de águas cinzas em si, como essa tecnologia funciona, como ocorre a implantação deste sistema e exemplificar a mesma com um estudo de caso. Os dados de pesquisa são abordados de forma qualitativa, realizando a identificação de projetos, técnicas e tecnologias de engenharia.

1.5 Levantamento bibliográfico

Para realizar o levantamento bibliográfico foi utilizado como fonte de buscas o google acadêmico, devido a sua disponibilidade de busca abrangente em diversos *sites* confiáveis que possuem trabalhos a respeito de diversos temas, utilizando as palavras-chaves: “Conservação”, “Abastecimento”, Sistemas e “Impactos Ambientais”. A maior dificuldade durante o processo de pesquisa foi para encontrar sistemas compactos e práticos para serem instalados em diferentes edificações, pois para encontrar esses sistemas, muitas pesquisas foram realizadas e aspectos importantes sobre os sistemas de reuso de águas cinzas foram comparados para tomada de decisão.

Devido a esta dificuldade, foi realizado um levantamento para encontrar os municípios que utilizam a lei de reuso de águas cinzas, e com as informações coletadas referentes as instalações hidráulicas das edificações foi possível dar prosseguimento às pesquisas sobre as diferentes composições dos sistemas de reuso. Dentre os diversos levantamentos sobre o funcionamento dos sistemas, as referências de maior importância para o desenvolvimento deste trabalho foram: Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações, realizada por, BIANCA BARCELLOS (BAZZARELLA, 2005). Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas

considerações sobre suas possibilidades no Brasil, realizado por LAVRADOR FILHO, J. (1987).

1.6 Estrutura do projeto

A pesquisa tem como estrutura demonstrar a utilização de diferentes sistemas de aproveitamento de águas cinzas para fins não potáveis. Tendo como foco a implantação dos sistemas iniciados na planta dos empreendimentos, em alguns empreendimentos já existentes e a importância desses sistemas dentro do projeto, assim como abranger um estudo de caso.

1.7 Objetivo geral

Tem-se como intuito roteirizar um documento, sobre as principais técnicas de tratamento para águas cinzas, bem como a particularidade de sua implementação e aplicação, demonstradas através de pesquisas e um estudo de caso.

1.8 Objetivos específicos

- I - Compilar informações para fomentar a utilização de sistemas de reuso de água;
- II – Analisar e discutir melhorias nas utilizações de águas cinzas;

- III - Levantar importantes legislações existentes no país sobre sistemas de reuso de águas cinzas;
- IV – Exemplificar com um estudo de caso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

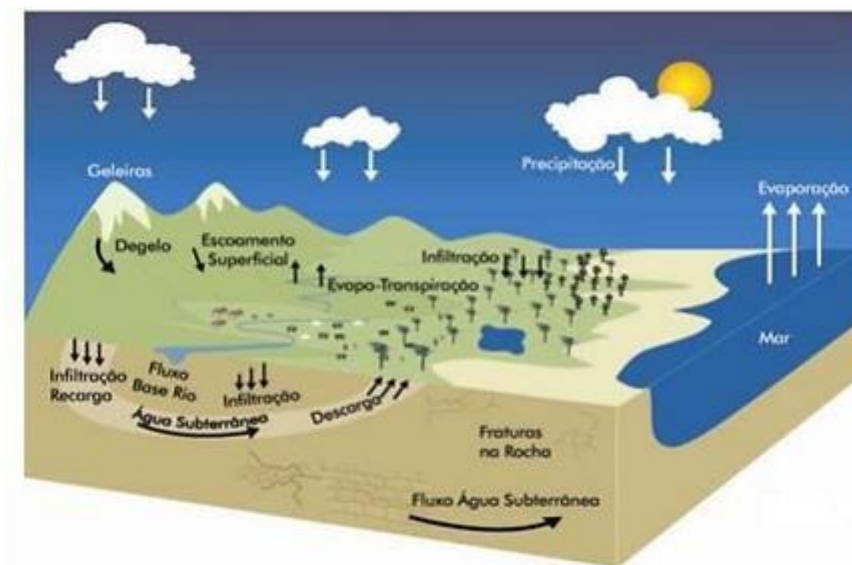
A unidade de revisão de pesquisa aportará informações que sejam capazes de apresentar e explicar o ciclo hidrológico, que possibilita a compreensão dos conceitos de águas cinzas, suas aplicações e a importância do reuso desse recurso através de sistemas de reaproveitamento.

2.1 Ciclo hidrológico

A energia solar e a força da gravidade são os principais elementos associados à movimentação e ao escoamento das águas. O ciclo hidrológico em uma perspectiva global é caracterizado pela circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, alimentado pela energia solar, associado à força da gravidade e à rotação do planeta (PIMENTEL, 2015).

Conhecido também como ciclo da água, o ciclo hidrológico é o movimento constante da água presente nos oceanos, continentes e na atmosfera. Esse ciclo é influenciado por diversos fatores, tais como, a ação da gravidade, o tipo e a densidade da cobertura vegetal e os elementos e fatores climáticos (temperatura do ar, ventos, umidade relativa do ar e insolação), que são fundamentais para os processos de circulação da água dos oceanos para a atmosfera em uma determinada latitude terrestre (MACHADO, 2017). A Figura 1 ilustra o ciclo hidrológico no planeta.

Figura 1. Representação do ciclo hidrológico



Fonte: MACHADO, Vanessa de S. (2017).

Uma visão mais objetiva sobre o ciclo hidrológico e suas etapas associa os compartimentos principais, onde as águas ficam armazenadas ou residem por algum tempo, a atmosfera, a superfície, abaixo da superfície, dentro dos solos e nos rios, canais e corpos hídricos. A principal fonte de abastecimento natural de águas doces é constituída pelas precipitações. A água é transportada de um compartimento para outro, através de fluxos, a infiltração, que é caracterizada pela passagem das águas da superfície para dentro do solo, a percolação associada ao fluxo de água nos solos, a recarga para os aquíferos, os fluxos que deixam as superfícies como evaporação e as superfícies vegetadas na forma de evapotranspiração, os fluxos laterais que constituem os escoamentos superficiais, subsuperficial e subterrâneo, além dos fluxos associados com os escoamentos nos rios, canais e corpos hídricos (MACHADO, 2017).

O ciclo da água está relacionado com o desenvolvimento humano, no planejamento, gestão dos recursos hídricos, nos aspectos culturais, políticos e econômicos. O clima e as características do meio constroem condicionantes do ciclo hidrológico. É possível observar que nos grandes núcleos urbanos, as temperaturas são mais altas do que nas regiões rurais no entorno. São chamadas de ilhas de calor e têm impacto no ciclo da água, já que as mudanças

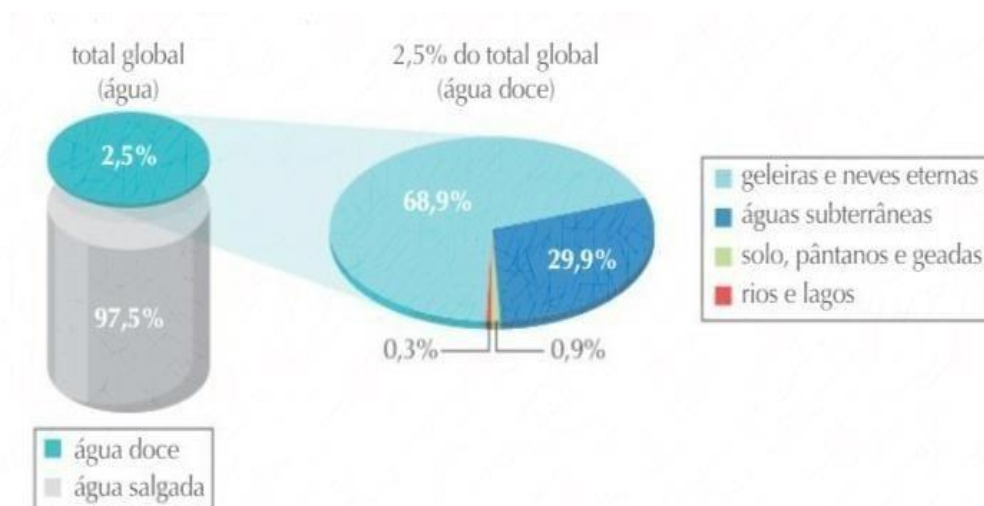
dos padrões de temperatura afetam a dinâmica da evaporação e da ocorrência das chuvas. Em retorno, as mudanças que ocorrem na superfície, características do desenvolvimento humano, emitem respostas diferenciadas à atmosfera (MACHADO, 2017).

2.2 Disponibilidade de água

No Planeta Terra, a quantidade de recursos hídricos disponíveis é finita, embora aproximadamente 75% da superfície do planeta seja coberta de água, estima-se que a Terra tenha aproximadamente 1,360 bilhão de km³ de água, sendo 12.900 km³ deste valor de vapor d'água, e que desse volume somente 2,5% sejam de água doce, dos quais 99,7% desse total não estão disponíveis devido ao fato de estarem formando calotas polares (76,4%), ou então integrando aquíferos (22,8%). Somente uma pequena fração (cerca de 0,3%) dos 2,5% do total das águas doces encontra-se disponível como água superficial formando áreas alagadas, como rios, represas e lagos (PENA, 2014).

Portanto é possível perceber que o problema da água para a humanidade reside no fato de a sua maior parte não estar viável para o consumo. No entanto, a falta de atenção na gestão dos recursos hídricos tem reduzido drasticamente a disponibilidade de água no planeta, através da poluição e da manutenção inadequada dos rios (PENA, 2014). A Figura 2 ilustra a distribuição de água no mundo.

Figura 2. Distribuição de água no mundo.



Fonte: Agência Nacional de Águas [ANA]. A água no Brasil e no mundo.

2.3 Escassez de recursos hídricos

A cada dia que passa a escassez de água em nosso planeta é uma realidade que deixou de ser exclusiva da região Nordeste do Brasil e de países Africanos. Diante dessa situação grave, que afeta inúmeros lugares em todo o mundo, é cada vez mais imprescindível o uso consciente da água.

Existe uma enorme diferença na distribuição dos recursos hídricos no país, por exemplo, o maior rio do Brasil se localiza em uma região onde a densidade demográfica é bem menor que em São Paulo – SP.

Essa desigualdade de recursos pode ser percebida no mundo inteiro, a média de disponibilidade de água em países africanos chega a ser de 19m³/dia por pessoa. Já em Nova York chega a ser de 2000m³/dia. Ou seja, a diferença é de mais de 100 vezes na disponibilidade (CETESB, 2017).

Segundo a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), menos da metade da população mundial tem acesso à água de qualidade razoável. A irrigação corresponde a 73% do consumo de água, 21% vão para a indústria e apenas 6% destinam-se ao consumo doméstico (CAVALCANTE, 2017).

Através do crescimento populacional, dos processos de industrialização e urbanização foi possível desenvolver mecanismos de extrair água dos aquíferos, utilizando bombas a diesel ou elétricas, com uma rapidez maior do que sua recarga pela chuva. Esses processos ampliam cada vez mais a demanda pelo recurso. Por ser um recurso essencial para a qualidade de vida é necessário buscar maneiras de minimizar essa escassez (CAVALCANTE, 2017).

2.4 Sustentabilidade

Com o passar dos anos a visão de negócio de crescimento e desenvolvimento a qualquer custo vem saindo do mercado, pois cada vez mais é perceptível responsabilidade com a saúde do planeta Terra e que é inviável colocar o bem-estar do planeta na frente do desenvolvimento desenfreado.

Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), sustentabilidade é definido como “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

O uso responsável dos recursos naturais cada vez mais se torna algo essencial para manter o planeta em condições ainda ideais para sobrevivência. Os recursos hídricos se encaixam nessa realidade de uso consciente, com isso criar alternativas para reduzir o consumo e suas degradações causadas.

Em 1992 na Agenda 21 (MALHEIROS, 2008), foram propostas uma série de ações e diretrizes para a divulgação do aumento e importância da sustentabilidade dos recursos hídricos. O Capítulo 18: "Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos", apresenta programas voltados a este propósito.

Para a sobrevivência em longo prazo da humanidade é necessário que a sustentabilidade entre realmente em pauta dos governos e indústrias pois o consumo dos recursos naturais aumenta cada dia mais sem dar a eles a capacidade de se renovar (HESPANHOL, 2002).

A sustentabilidade tem como sua base de equilíbrio três principais pilares, que resumem e simplificam o seu entendimento.

Eles são o pilar social que visa o bem-estar da sociedade como um todo, visando o melhor para saúde física e mental de toda população envolvida em tal projeto sustentável. Buscando assim garantir qualidade de vida para todos.

Outro dos três pilares da sustentabilidade é o econômico, que busca formas inteligentes de e economicamente viáveis de evoluir a sociedade como um todo sem comprometer o lado ambiental e social.

Já o ambiental foca em estratégias de minimizar o máximo possível as fontes de poluição e interferência dela na sociedade como um todo, visando assim a evolução social e financeira em longo prazo (HESPANHOL, 2002).

2.5 Economia circular

A sociedade civil, governos, empresas e a academia têm definido o desenvolvimento sustentável como um começo inspirador para o avanço na economia mundial, devido à grande abrangência que o conceito apresenta. A possível utilização que é aceita pela sociedade prega a igualdade social, a conservação do meio ambiente e a viabilidade econômica como pilares fundamentais para o desenvolvimento de práticas e políticas sustentáveis.

No entanto, a implantação desses pilares não é fácil de ocorrer em conjunto, fazendo com que o aperfeiçoamento da sustentabilidade se demonstre lento e complicado, muitas vezes não apresentando mudanças reais (ROMEIRO, 2012).

Assim, a sociedade do consumo, a qual a população está submetida, demonstra o quão cultural a prática de consumir envolve as relações interpessoais. O consumo de bens materiais tornou-se importante no transcorrer do tempo, pois tem o poder de simbolizar certas posições sociais e, portanto, os indivíduos estão buscando constantemente novas oportunidades e produtos para consumo (SLATER, 2002).

Contudo, há uma gradativa preocupação com os impactos sociais e ambientais causados pelos altos padrões de consumo e as explorações contínuas dos recursos naturais. Esses padrões têm levado governos, organizações não governamentais, empresas, institutos de pesquisa e universidades, dentre outros atores interessados, a tratar do tema em suas agendas (ROPKE, 1999).

A economia circular é uma alternativa atraente em comparação com o antigo modelo produtivo de apenas “extrair, produzir e desperdiçar” matéria prima. Tem por objetivo reformular os modelos de desenvolvimento com foco em benefícios para toda a sociedade, promovendo a dissociação de atividades econômicas de consumo de recursos finitos, apoiando uma transição para fontes de energia renováveis, onde se possa adotar um modelo circular que se baseia em eliminar resíduos e poluição desde o princípio, escolhendo tecnologias e processos que utilizam recursos renováveis ou que tenham melhor desempenho; manter produtos e materiais em uso, otimizando o rendimento dos recursos nos dois ciclos, biológicos e técnicos; e regenerar sistemas naturais, através da identificação e eliminação de externalidades negativas (AZEVEDO, 2015).

2.6 Aspectos qualitativos da água

A vida humana e de todos os seres vivos dependem de água, a dependência dos seres humanos vai além das necessidades biológicas, pois a água é utilizada para irrigar plantas, produzir produtos, dissolver produtos químicos, limpar a casa, lavagens, tomar banho, entre outras. Contudo, essas necessidades muitas das vezes é responsável por comprometer a qualidade da água (MACHADO, 2017).

Segundo MACHADO (2017) a qualidade da água é medida pelo conjunto de características físicas, químicas e biológicas que ela apresenta conforme sua utilização. Os principais padrões de classificação, classificam a água de acordo

com sua potabilidade e segurança, para o bem dos seres humanos e para o bem-estar dos ecossistemas

Os processos de monitoramento e avaliação da qualidade das águas são fatores imprescindíveis para uma gestão adequada dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, que são de extrema necessidade para várias atividades de gestão hídrica, como planejamento, outorga, enquadramento e cobrança pelo uso da água (SELLA, 2011).

2.7 Indicadores de qualidade das águas

O Índice de qualidade das águas (IQA) foi criado em 1970 nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation, o IQA atualmente é o principal índice de qualidade da água utilizado no Brasil.

O IQA é utilizado para avaliar a qualidade de água bruta, visando após a realização do tratamento o abastecimento da população. Os parâmetros utilizados na realização do cálculo do IQA, em sua maioria indicam a contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos (MACHADO, 2017).

Para o abastecimento público é fundamental uma análise de alguns parâmetros, como substâncias tóxicas, por exemplo (metais pesados, pesticidas e compostos orgânicos), e outras substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água, por esse motivo podemos descrever o método do IQA como limitado. Os parâmetros analisados pelo IQA, com seus pesos são apresentados na Tabela 1 (MACHADO, 2017).

Tabela 1. Parâmetros analisados pelo IQA e seus pesos

Parâmetro para IQA	
Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico – pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO ₅ , 20	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: Adaptada de Medici (2017).

2.8 Tipos de reuso da água

A água de reuso deve passar por processos de monitoramento constantes, pois segundo especialistas essas águas podem oferecer riscos à saúde, através de químicos que podem permanecer na água, afetando o sistema endócrino de humanos. Atualmente não há comprovação em humanos, os malefícios foram encontrados apenas em animais. Ao longo das décadas foram estudadas algumas maneiras de classificar os tipos de reuso de água por meio de ações planejadas ou não (LAVRADOR FILHO, J., 1987).

Segundo (LAVRADOR FILHO, J., 1987), o reuso da água consiste no aproveitamento de água previamente utilizada, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos.

Existem duas maneiras de classificar o reuso da água, são elas:

Reuso indireto: ocorre quando as águas já utilizadas, uma ou mais vezes no uso doméstico ou industrial, são descarregadas nos

corpos hídricos superficiais ou subterrâneos e utilizadas novamente sem ou com tratamento prévio;

Reuso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para algumas finalidades, sem lançamento ou diluição prévia em corpos superficiais ou subterrâneos, portando a água não é lançada ao meio;

Conforme (LAVRADOR FILHO, J., 1987), os termos “reuso planejado” e “reuso não planejado” existem pelo fato do reuso ser resultante de uma ação consciente, subsequente à descarga do efluente, ou do reuso ser somente um subproduto não intencional dessa descarga. Portando tem-se a seguinte conceituação:

Reuso planejado: ocorre quando o reuso é resultado de uma ação humana consciente, com isso, cuidados necessários para a sua prática são previstos;

Reuso não planejado: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada.

MANCUSO & SANTOS (2003) classificam ainda, o reuso de água potável e não potável. O reuso potável direto ocorre quando o esgoto é munido de tratamento avançado e reutilizado diretamente no sistema e, o indireto ocorre quando o esgoto, após tratamento, é disposto nas coleções de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável, Já o reuso não potável é dividido de acordo com sua finalidade, como por exemplo: para usos agrícolas, industriais, domésticos, recreacionais, em manutenções de vazões, na aquicultura e na recarga de aquíferos subterrâneos.

2.9 Normas técnicas e legislações para o reuso de águas cinzas residenciais no Brasil

Quanto a regulamentação do reuso de águas cinzas, ainda existem poucas legislações no país. Em um estudo realizado por (MEDEIROS, 2020) foram encontrados 84 dispositivos legais que tratam da captação e aproveitamento de águas de chuva e/ou águas cinzas. Através deste estudo foi identificado que a primeira lei que trata sobre o tema no Brasil foi instituída no ano de 2002, indicando o aproveitamento de águas de chuva e águas cinzas como forma de mitigação da escassez dos recursos hídricos, portanto é uma preocupação recente por parte do poder público. A Tabela 2 mostra o número de leis que tratam do assunto.

Tabela 2. Número de leis que tratam do aproveitamento da água de chuva e/ou águas cinzas em território brasileiro ano a ano

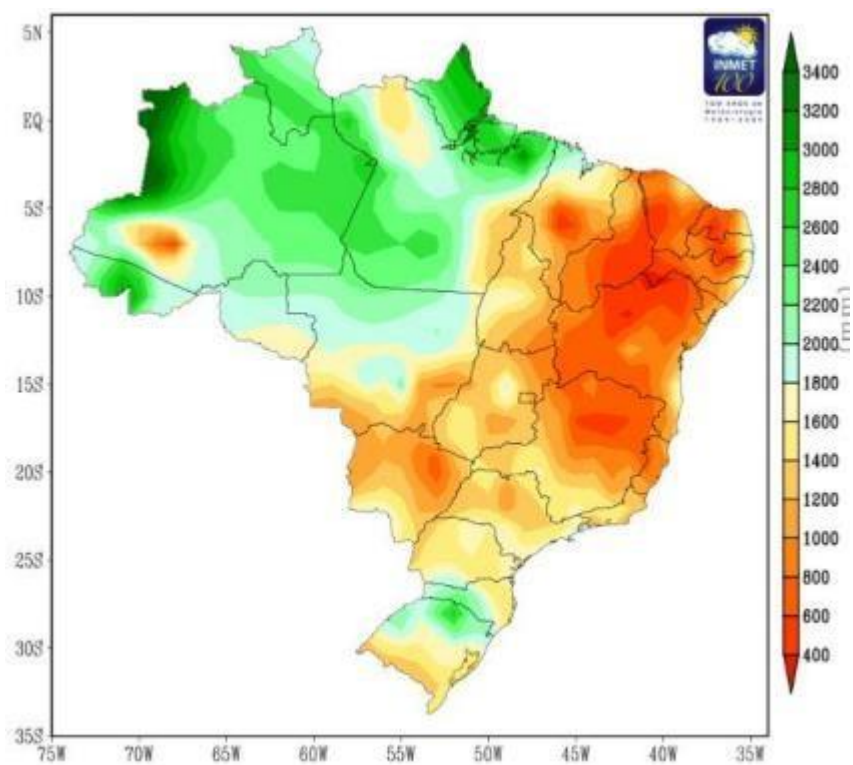
Ano	Nº de Leis
2002	2
2003	4
2004	9
2005	10
2006	8
2007	15
2008	9
2009	5
2010	4
2011	3
2012	1
2013	0
2014	1
2015	6
2016	4
2017	1
2018	1
2019	1
Total	84

Fonte: MEDEIROS (2020).

É possível observar na Tabela 2 que o ano de 2007 foi o mais produtivo quando se trata da criação de leis sobre o manejo de águas de chuva e águas cinzas, com um total de 15 leis criadas, em sua maioria no âmbito municipal, já no ano de 2013 não houve nenhuma lei criada para tal finalidade (MEDEIROS, 2020).

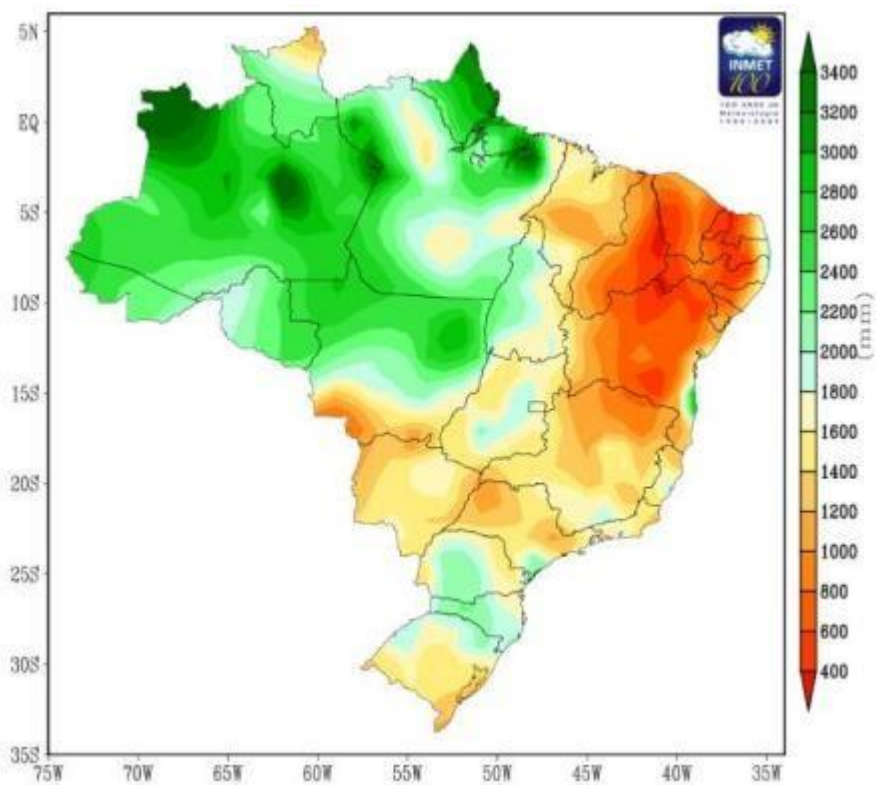
Utilizando os anos de 2007 e 2013 como referência, que são os anos que possuem o maior e menor número de legislações instituídas, por meio das figuras 3 e 4 é possível correlacionar a precipitação total acumulada no ano com o número de leis criadas naquele mesmo ano (MEDEIROS, 2020).

Figura 3. Precipitação total acumulada no Brasil para o ano de 2007.



Fonte: MEDEIROS (2020).

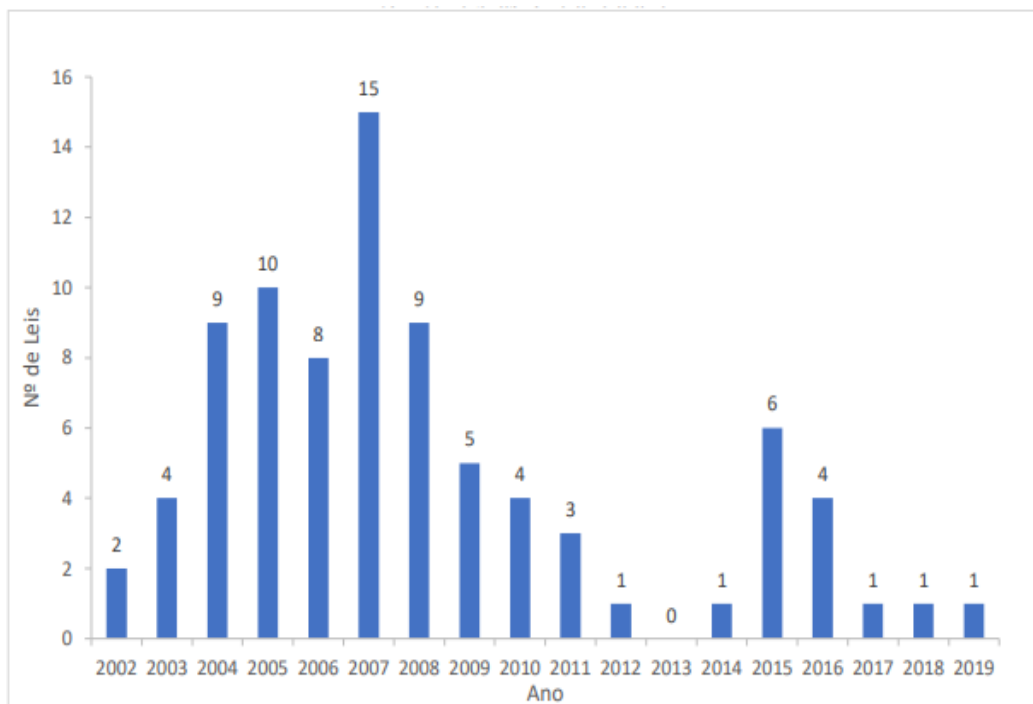
Figura 4. Precipitação total acumulada no Brasil para o ano de 2013.



Fonte: MEDEIROS (2020).

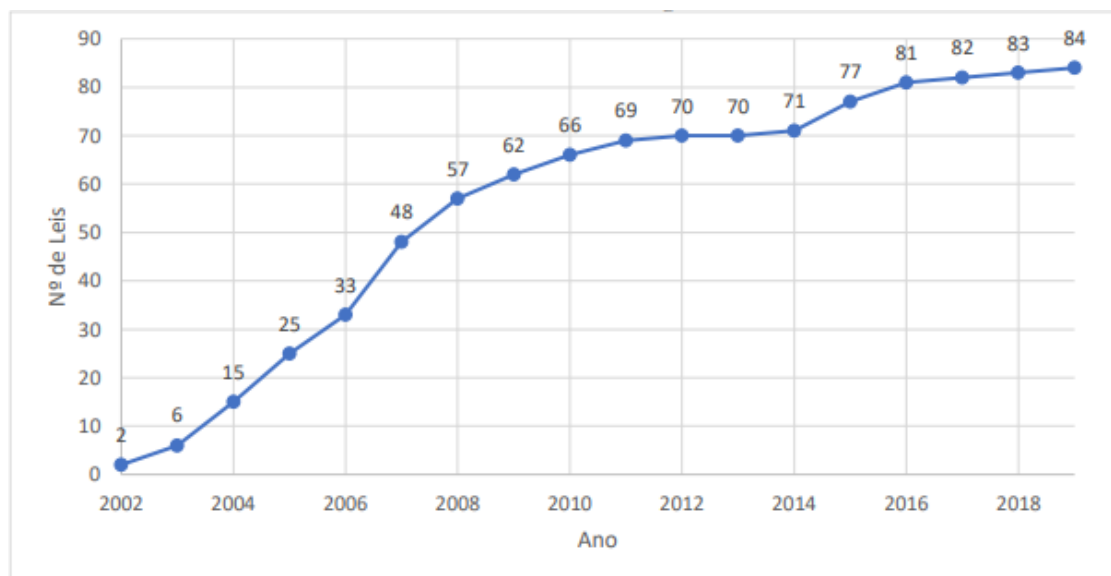
Com a representação por meio dos Gráficos 1 e 2 é possível perceber a evolução ao longo dos anos, no que se refere a criação de leis sobre o manejo de águas de chuva e águas cinzas no Brasil.

Gráfico 1. Número de leis que tratam do aproveitamento da água da chuva e/ ou águas cinzas em território brasileiro ano a ano



Fonte: MEDEIROS (2020).

Gráfico 2. Evolução do número de leis que tratam do aproveitamento da água de chuva e/ou águas cinzas em território brasileiro ao longo dos anos



Fonte: MEDEIROS (2020).

Mesmo com a maioria das leis criadas em âmbito municipal o número de legislações que tratam do aproveitamento de águas pluviais e águas cinzas é pequeno comparado com o número de cidades brasileiras, isso demonstra que poucos municípios tratam do assunto de maneira específica. Essas legislações separadas por região, estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3. Número de leis que tratam do aproveitamento da água da chuva e/ou águas cinzas por região

Região	Nº de Leis
Sul	36
Sudeste	32
Nordeste	11
Centro – Oeste	3
Norte	1

Fonte: MEDEIROS (2020).

Para que ocorra um manejo adequado para as águas cinzas, a ABNT NBR 13969:1997. descreve no item 5.6, o reuso local onde o esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, após tratamento

deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade da água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação de jardins, lavagens de pisos e veículos automotivos, descarga de vasos sanitários, manutenção paisagística dos lagos e canais com água, irrigação dos campos agrícolas, pastagens etc. A norma ainda aborda itens como: planejamento do sistema de reuso, usos previsto para o esgoto tratado, volume de esgoto a ser reutilizado, grau de tratamento necessário, sistema de reserva e distribuição manual de operação e treinamento dos responsáveis.

Na ABNT NBR 13969:1997. são definidos classes e parâmetros para os esgotos, conforme o reuso previsto, as classes são as seguintes:

- Classe 1: lavagem de veículos e outros usos que requerem o contato direto com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes;
- Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;
- Classe 3: reuso nas descargas de vasos sanitários;
- Classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através do escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Já o manual do SINDUSCON (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, 2005) salienta que apesar do reuso de água apresentar diversas aplicações, todas convergem para a mesma condição de restrição que é a exposição ao público, usuários e operadores que manuseiam ou tenham algum tipo de contato com os sistemas de tratamento e distribuição de água de reuso. O manual também define padrões de qualidade da água de reuso, dividindo-as em duas classes, que são:

- Classe 1: descarga de vasos sanitários, lavagens de pisos, fins ornamentais, lavagem de roupas e veículos;
- Classe 2: lavagem de agregados, preparação de concretos, compactação de solos e controle de poeira.

Na Tabela 4 são apresentados os padrões de qualidade da água para reuso segundo a NBR 13969/1997 e o manual do SINDUSCON (2005).

Tabela 4. Parâmetros de qualidade da água para reuso segundo a NBR 13969/1997 e SINDUSCON (2005).

Classes	Parâmetros					
	NBR 13969/1997	Turbidez (uT)	pH	SDT (mg/L)	Cloro residual (mg/L)	Oxigênio dissolvido (mg/L)
Classe 1	< 5	6,0 e 8,0	< 200	0,5 e 1,5	-	< 200
Classe 2	< 5	-	-	< 0,5	-	< 500
Classe 3	< 10	-	-	-	-	< 500
Classe 4	-	-	-	-	> 2,0	< 5000
SINDUSCON (2005)						
Classe 1	≤ 2	6,0 e 9,0	≤ 500	≤ 0,5	-	Não detectáveis
Classe 2	-	6,0 e 9,0	-	-	-	≤ 1000

Fonte: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 13969/1997 e SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo em “Manual de conservação e reuso da água em edificações” (2005).

Em alguns municípios do país como por exemplo em Curitiba, com a n° Lei 10.785, de 18 de setembro de 2003 que regulamenta a criação do Programa de Conservação e Uso Racional das Águas em Edificações. Este programa objetiva instituir medidas que proporcionem a conservação da água, o uso racional de água e a utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações. O art. 2° descreve que as águas servidas são águas provenientes do tanque, da máquina de lavar, do chuveiro e da banheira. Já o art. 8° cita que as águas servidas serão direcionadas, através do encanamento próprio, a um reservatório destinado às descargas dos vasos sanitários e, apenas após tal utilização, descarregada na rede pública de esgotos (MAY, 2008).

Para o reuso de águas servidas, existe no município de Maringá a Lei de n° 6345, de 15 de outubro de 2003, que institui o programa de reaproveitamento de águas de Maringá.

No município de Maringá – PR existe ainda uma lei de n° 6076 de 21 de janeiro de 2003, que regulamenta o reuso de água não potável. O art. 1° especifica que o município de Maringá utiliza água de reuso, não potável, proveniente das estações de tratamento de esgotos, para lavagem das ruas,

praças públicas, passeios públicos, próprios municipais e outros logradouros, bem como para a irrigação de jardins, praças, campos esportivos e outros equipamentos, considerando o custo/benefício dessas operações (MAY, 2008).

No município de São Paulo, a lei nº 13.309, de 01 de fevereiro de 2002, regulamentada pelo Decreto nº 41.814, de 31 de janeiro de 2002, descreve a utilização, pela prefeitura municipal de São Paulo, de água não potável para lavagem de ruas, praças e passeios públicos municipais e outros logradouros, bem como a irrigação de jardins, praças e campos esportivos e outros equipamentos. Realizadas com água de reuso, não potável provenientes de Estações de Tratamento de Esgoto, quando demonstrada, por meio de estudos pertinentes, a viabilidade técnica e a vantagem econômica de sua utilização (MAY, 2008).

Atualmente no estado do Rio de Janeiro existem algumas legislações que incentivam e regulamentam a utilização de águas, destacam-se:

- 1) Lei Estadual Nº 4393/2004 – Rio de Janeiro: Lei cria obrigações para empresas de construção civil incluírem nos seus projetos o sistema de captação armazenamento e distribuição de água de chuva para determinadas empresas e residências, com base na sua estrutura.
- 2) Lei Municipal Nº 2856/2011 – Niterói – RJ: As edificações de que trata o artigo 1º de Lei 2630/2009 ficam obrigadas a incentivar o reuso da água através da reciclagem dos constituintes dos efluentes das águas cinzas servidas das edificações, com o objetivo de induzir a conservação do uso racional da água, para que a gestão dos recursos hídricos possa propiciar o uso múltiplo das águas.

2.10 Reaproveitamento de águas cinzas

JEFFERSON (1999); ERIKSSON *et al* (2002) e OTTOSON & STENSTROM (2003) classificam águas cinzas como águas servidas residenciais originadas de lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquinas e tanques de lavar roupas. Já NOLDE (1999) e CHRISTOVA-BOAL *et al* (1996) não incluem como águas cinzas, o efluente proveniente de cozinhas, por considerá-lo altamente poluído, putrescível e com inúmeros compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras.

As águas cinzas, utilizadas como uma fonte alternativa de água para usos não potáveis é praticada a mais de uma década em alguns países como Japão, EUA, Reino Unido, Canadá, Alemanha e Israel. No Brasil poucas regiões têm a boa prática de reutilizar águas cinzas, as aplicações de sistemas de reuso de águas cinzas tem predominância em condomínios e prédios residenciais, industriais e comerciais.

O reuso dessas águas vêm tomando força no mercado, devido a viabilidade técnica, econômica e o recebimento de recursos em abundância. As empresas construtoras em algumas regiões começaram a explorar a implantação desses sistemas de reuso em seus projetos.

O reaproveitamento da água deve ser realçado em cidades e regiões onde os índices pluviométricos são baixos, pois ele não é apenas uma saída para a falta do recurso e sim para a economia dele.

2.11 Classificação e caracterização qualitativa das águas cinzas

As águas residuárias podem ser classificadas de acordo com sua origem, deste modo as águas cinzas são divididas em duas categorias: águas cinzas claras e águas cinzas escuras.

- **Águas cinzas claras:** são águas residuárias provenientes do chuveiro, máquina de lavar roupas e do lavatório.

- **Águas cinzas escuras:** apresentam em sua mistura às águas provenientes da pia de cozinha e da máquina de lavar pratos.

As águas residuárias residenciais em específico são classificadas do seguinte modo:

- **Águas cinzas:** águas servidas, excluindo o efluente proveniente dos vasos sanitários.
- **Águas negras:** efluentes provenientes dos vasos sanitários, como urina, fezes e papel higiênico.
- **Águas marrons:** efluente representado somente pelas fezes.
- **Águas amarelas:** efluente representado somente pela urina.

O reaproveitamento das águas cinzas está relacionado diretamente com os fatores de qualidade do afluente, o tratamento aplicado a qualidade do efluente e excepcionalmente ao uso final que será dado à água. Contudo é uma medida vantajosa, pois contribui com a redução do consumo de água potável, reduz a quantidade de efluente produzido, acarretando não só com os benefícios econômicos e sociais, como ambientais, já que o efluente deixa de ser um contaminante do solo e dos corpos d'água.

Outra forma de classificar o reuso, ocorre de acordo com o emprego do mesmo: potável ou não potável, o quadro 1 mostra as formas potenciais de reuso de água com base nessa classificação (MAY, 2008).

Quadro 1. Formas potenciais de reuso da água.

Tipo de Reúso	Caracterização	Descrição
Reúso Potável	Direto	Potabilização do esgoto através de tratamentos avançados
	Indireto	Captação de água para tratamento com vistas ao abastecimento público de manancial que tenha recebido carga de esgoto
Reúso Não Potável	Fins Agrícolas	Irrigação de plantas alimentícias e não alimentícias e dessedentação de animais
	Fins Industriais	Reúso interno da água do processo nas instalações industriais (caldeiras, refrigeração, umectação, etc.)
	Fins Recreacionais	Rega de plantas ornamentais e parques públicos, abastecimento de lagos recreacionais, etc.
	Fins Domésticos	Rega de jardins domésticos, lavagem de pisos, lavagem de veículos, descargas sanitárias, lavagem de roupa, etc.
	Manutenção de Vazões	Utilização de efluentes tratados, principalmente em épocas de seca, para manter vazões de corpos d'água
	Aquicultura	Utilização do volume e/ou nutrientes dos efluentes para produção de peixes e plantas aquáticas
Recarga de Aquíferos Subterrâneos	Injeção de efluente, tratado ou não, por injeção artificial ou naturalmente em aquíferos subterrâneos	

Fonte: Adaptado de NUNES (2006).

Devido a necessidade de sistemas menos complexos de tratamento, destaca-se no Quadro 1 os reusos não potáveis. Além disso, a Organização Mundial da Saúde (OMS) não recomenda o uso potável direto, devido aos riscos associados à saúde humana (MAY, 2008).

2.11.1 Características físicas

A turbidez e os sólidos suspensos segundo May (2008), são responsáveis por indicar o conteúdo de partículas, sua existência pode levar ao entupimento do sistema de coleta, tratamento e distribuição de águas cinzas. Quando houver a utilização de grades finas ou peneiras, obtém-se a remoção dos sólidos grosseiros, diminuindo o risco de entupimento. A utilização desses equipamentos pode ser associada a uma etapa de sedimentação, (caixa retentora de areia), os parâmetros físicos da água são demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros físicos das águas cinzas de acordo com o local de obtenção.

Parâmetro	Ponto	N	Med	Mín	Máx	Desvio Padrão (DP)	Coefficiente de variação (CV)
Turbidez (NTU*)	Lavatório	9	158	95	327	72	0,46
	Chuveiro	9	109	45	345	97	0,9
	Tanque	9	299	111	507	141	0,47
	Máq. Lavar	9	58	32	100	23	0,4
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Lavatório	10	146	84	209	35	0,24
	Chuveiro	10	103	15	483	139	1,35
	Tanque	10	221	68	756	202	0,91
	Máq. Lavar	10	53	17	106	27	0,5
Sólidos Totais (mg/L)	Lavatório	9	500	225	1609	433	0,87
	Chuveiro	8	437	224	1009	258	0,59
	Tanque	9	1862	723	4578	1155	0,62
	Máq. Lavar	8	1004	227	1586	561	0,56

Fonte: Bazzarella (2005).

2.11.2 Características químicas

Os parâmetros químicos analisados nas águas cinzas são divididos em quatro grupos, segundo May (2008), são eles: composto nitrogenado, composto fosforado, composto orgânico e outros parâmetros (pH, OD, condutividade, alcalinidade, dureza, cloreto e óleos e graxas).

A matéria orgânica encontrada nas águas cinzas é oriundo de resíduos corporais, cabelo, sabão, óleos e graxas, já a matéria inorgânica encontrada provem especialmente de produtos químicos e detergentes utilizados na limpeza, os parâmetros químicos encontrados nas águas cinzas estão demonstrados na Tabela 6:

Tabela 6. Parâmetros químicos das águas cinzas de acordo com o local de obtenção.

Parâmetro	Ponto	n	Med	Min	Máx	DP	CV
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Lavatório	10	0,5	0,2	1,1	0,2	0,52
	Chuveiro	10	0,8	0,2	1,4	0,4	0,57
	Tanque	10	3,8	1,0	15,2	4,1	1,07
	Máq. Lavar	10	1,5	0,3	4,4	1,4	0,94
NTK (mg/L)	Lavatório	9	5,6	0,7	21,2	6,4	1,14
	Chuveiro	9	3,4	1,2	6,6	2,2	0,65
	Tanque	9	10,3	2,5	27,8	8,3	0,81
	Máq. Lavar	9	3,6	0,2	5,9	2,0	0,56
Nitrito (mg/L)	Lavatório	9	0,03	0,01	0,14	0,04	1,43
	Chuveiro	9	0,03	0,00	0,11	0,03	1,28
	Tanque	9	0,2	0,01	0,36	0,13	0,68
	Máq. Lavar	9	0,11	0,01	0,52	0,16	1,38
Nitrato (mg/L)	Lavatório	8	0,57	0,00	0,93	0,3	0,53
	Chuveiro	9	0,46	0,01	0,73	0,25	0,54
	Tanque	8	0,71	0,18	1,42	0,53	0,75
	Máq. Lavar	8	0,46	0,14	0,76	0,26	0,56
Fósforo total (mg/L)	Lavatório	9	0,6	0,1	1,1	0,3	0,48
	Chuveiro	9	0,2	0,0	0,5	0,2	1,04
	Tanque	9	17,7	0,4	34,7	14,2	0,80
	Máq. Lavar	9	14,4	2,8	26,1	8,7	0,60

Fonte: Bazzarella (2005).

2.11.3 Características biológicas

Os microrganismos patogênicos (protozoários, bactéria, vírus e helmintos) podem trazer riscos de contaminação em usuários que sejam expostos as águas residuárias sem tratamento.

Não deve ser encontrado urina em águas cinzas, porém sua presença é comum em águas provenientes dos chuveiros. A urina geralmente é estéril e inofensiva, segundo May (2008), algumas infecções podem ser causadas por patógenos presentes na urina. Os parâmetros de DBO₅, DQO, enxofre e parâmetros microbiológicos estão demonstrados na Tabela 7:

Tabela 7. Parâmetros de DBO, DQO, enxofre e biológicos das águas cinzas de acordo com o local de obtenção.

Parâmetro	Ponto	n	Med	Mín	Máx	DP	CV
DBO₅ (mg/L)	Lavatório	8	265	90	675	183	0,69
	Chuveiro	6	165	100	188	32	0,20
	Tanque	5	570	100	875	347	0,61
	Máq. Lavar	7	184	90	300	70	0,38
DQO (mg/L)	Lavatório	10	653	190	1200	309	0,47
	Chuveiro	10	582	216	1127	290	0,50
	Tanque	10	1672	558	3958	908	0,54
	Máq. Lavar	10	521	190	920	258	0,50
Sulfeto (mg/L)	Lavatório	8	0,11	0,00	0,19	0,07	0,60
	Chuveiro	8	0,09	0,06	0,17	0,04	0,42
	Tanque	7	0,09	0,01	0,23	0,08	0,80
	Máq. Lavar	8	0,11	0,05	0,25	0,07	0,61
Sulfato (mg/L)	Lavatório	10	112,4	9,4	325,5	93,3	0,83
	Chuveiro	10	162,1	22,4	439,5	128,4	0,79
	Tanque	9	554,9	18,2	1149,3	366,4	0,66
	Máq. Lavar	9	355,4	38,4	1011,1	275,7	0,78
CT (NMP/100mL)	Lavatório	2	1,35E+0 2	1,35E+0 2	1,35E+0 2	0,00E+0 0	0,00
	Chuveiro	3	3,95E+0 4	2,76E+0 4	7,27E+0 4	2,52E+0 4	0,58
	Tanque	4	2,06E+0 2	1,00E+0 0	5,79E+0 3	2,70E+0 3	1,34
	Máq. Lavar	3	5,37E+0 0	1,00E+0 0	1,55E+0 2	8,89E+0 1	1,70
E. coli (NMP/100mL)	Lavatório	8	1,01E+0 1	1,00E+0 0	9,00E+0 1	3,55E+0 1	1,20
	Chuveiro	5	2,63E+0 4	2,42E+0 3	1,89E+0 5	8,02E+0 4	1,28
	Tanque	7	2,87E+0 1	1,00E+0 0	2,14E+0 3	7,82E+0 2	1,95
	Máq. Lavar	7	2,73E+0 1	1,00E+0 0	2,61E+0 4	9,80E+0 3	2,53

Fonte: Bazzarella (2005).

3 SISTEMAS DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS

Sobre os sistemas de reuso (BRASIL, 2005, p, 50), alguns cuidados básicos merecem destaque:

- O sistema deve ser identificado e totalmente independente do sistema de abastecimento de água potável;
- Todos os pontos de acesso à água de reuso devem ter acesso restrito, e devem ser identificados adequadamente;
- As pessoas que trabalham em atividades inerentes aos sistemas de reuso devem receber instruções;
- Os reservatórios de armazenamentos devem ser específicos.

O tratamento de águas cinzas está amplamente consolidado e se subdivide em diversos arranjos, podendo ser: físico, químico, físico-químicos e biológicos. Este item se propõe a esclarecer cada um dos sistemas, utilizando de exemplos distintos.

3.1 A ETAC - Estação de tratamento de águas cinzas

É um sistema que pode ser utilizado em condomínios, residências, lavanderias ou canteiro de obras, é uma solução eficiente e compacta para o reaproveitamento de água para fins não potáveis, provenientes de máquinas de lavar, chuveiros e bebedouros. É um sistema que obedece a todas as normativas de segurança do trabalho (PPRA/PCMSO) e os padrões estabelecidos pela ABNT – Agência Brasileira de Normas Técnicas.

A ETAC (sistema compacto de tratamento de águas cinzas), não necessita de energia elétrica para realização da filtração e tratamento da água. Por ser uma estação de tratamento compacta, sua instalação é fácil e pode ser feita por qualquer pessoa com habilidade manual ou profissional de hidráulica. Para instalação é necessário um local em que possa alocar um reservatório de

água e a estação de reuso, este local deve ficar abaixo da tubulação da água de sabão, a estação recebe essa água com sabão pela ação da gravidade.

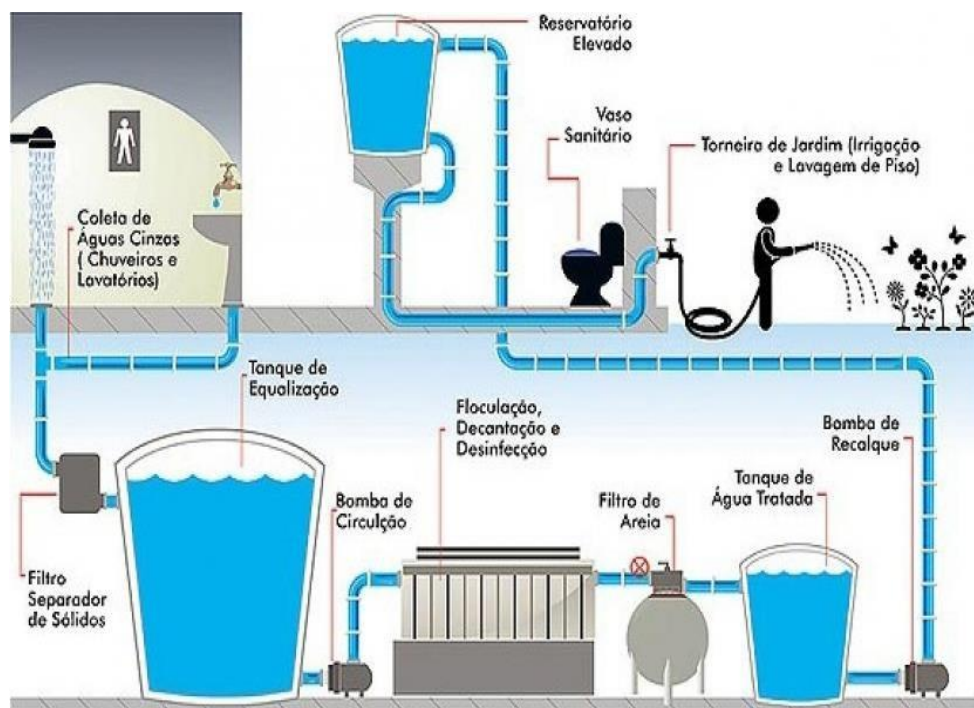
Nos processos de filtragem e tratamento os produtos utilizados variam de acordo com as necessidades do proprietário, porém é comum serem utilizados: Floculante ou clarificante – Responsável para fazer a aglutinação e decantação de todo material orgânico em suspensão no reservatório, facilitando a filtragem, tem a função de eliminar a oleosidade ocasionada pelo uso contínuo. Geralmente usa o sulfato de alumínio.

Estabilizador de PH – Ajusta a alcalinidade baixa e o PH.

Pastilha de cloro – Ideal para descontaminação.

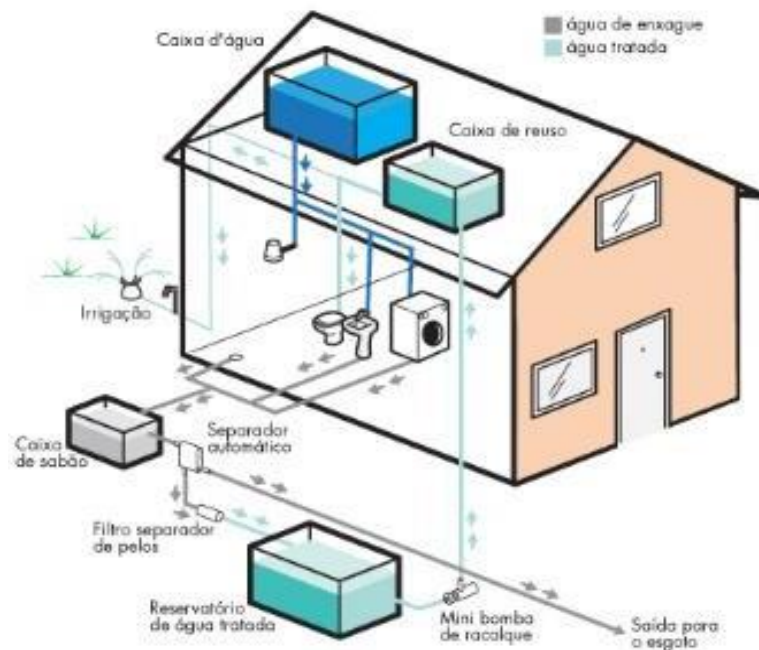
A ETAC instalada em canteiros de obras, segue os mesmos princípios, podem ser coletados as águas de bebedouro, chuveiros e pias, por exemplo, para: diminuir a poeira da construção, lavagens das áreas comuns, irrigação e reutilizar nas descargas. As figuras 5 e 6 demonstram o funcionamento desse sistema compacto, no sistema da figura 5 o processo físico-químico é responsável pelo tratamento de águas cinzas e na figura 6 o tratamento é realizado por um processo físico (MERGULHÃO, 2011).

Figura 5. ETAC - Sistema compacto de tratamento de águas cinzas.



Fonte: ecosustentavel.eng.br

Figura 6. ETAC - Sistema compacto de tratamento de águas cinzas.



Fonte: aguacinza.eco.br

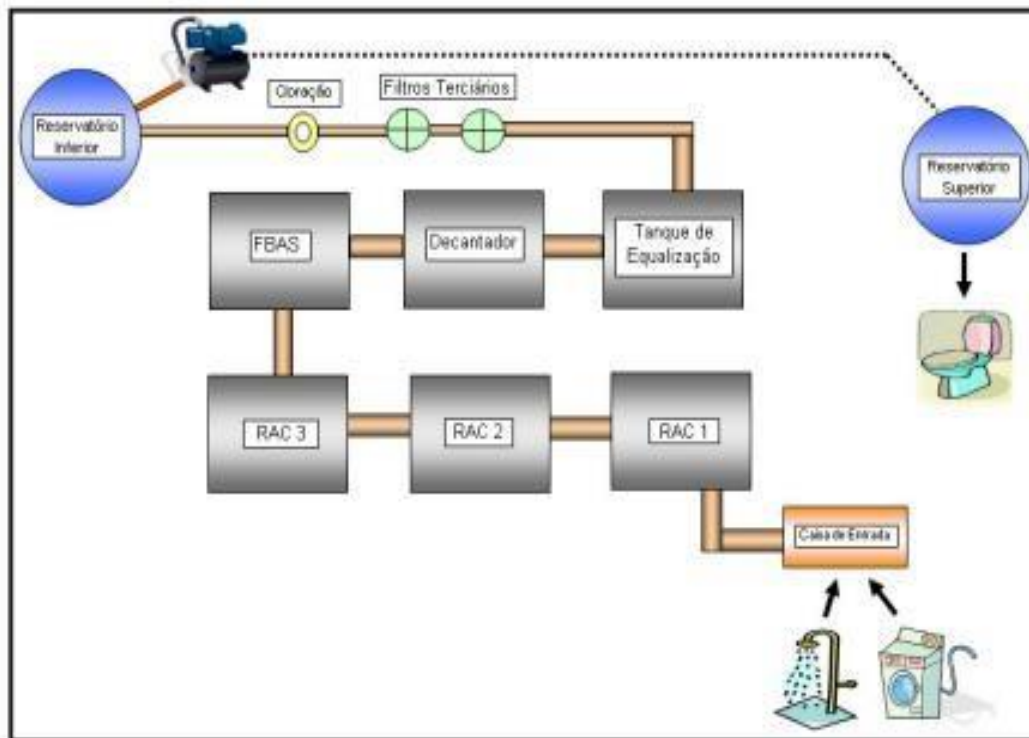
3.1.1 Detalhamento de uma Estação de tratamento de águas cinzas – ETAC

Uma ETAC é constituída basicamente por nove diferentes etapas e dispositivos que ocupam uma determinada área, incluindo a área de circulação. A vazão de água cinza que chega da estação de tratamento varia de acordo com os usos dos dispositivos interligados ao sistema de segregação de águas cinzas.

A água cinza que é produzida no edifício chega à ETAC através da caixa de entrada, a partir dessa caixa ela passa pelos tanques que geralmente são construídos em fibra, em sequência os Reatores Anaeróbios Compartimentados (RACS), Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), Decantador (DEC) e Tanque de Equalização (TQE). A partir deste tanque, a água em tratamento segue para o Filtro Terciário (FT) e para o reservatório de desinfecção com cloro (CL). O

fluxograma 1 demonstra a sequência de tratamento da Estação de tratamento de águas cinzas, é utilizado processos físico-químico e biológico para o tratar as águas (MERGULHÃO, 2011).

Fluxograma 1. Etapas da ETAC.



Fonte: Valentina (2009).

Após a passagem pelo reservatório de desinfecção a água cinza tratada, é denominada água de reuso, e segue através do bombeamento para o reservatório superior, do qual é distribuída para o sistema de distribuição de água de reuso que abastece as instalações do edifício.

3.1.2 Caixa de entrada

Na caixa de entrada a água cinza bruta passa por um pré-tratamento que tem a função de reter os sólidos presentes na água bruta (cabelos, cotonetes, papel, restos de tecido, plásticos e outros). Além disso a caixa atua controlando a vazão na entrada da ETAC. O excesso de água cinza produzida segue para a

rede de coleta de esgoto (MERGULHÃO, 2011). A Figura 7 ilustra a caixa de entrada.

Figura 7. Caixa de entrada.



Fonte: Produtos – ETAC – águas cinzas.

3.1.3 Tratamento anaeróbio

O tratamento anaeróbio como o ilustrado no fluxograma 1 é constituído por três compartimentos ligados em série que formam um Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) com dimensões iguais. A água cinza chega no RAC 1 e segue para os demais reatores ligados em série. A água cinza entra pela parte superior do primeiro reator e segue por uma tubulação vertical até o fundo do mesmo, seguindo esse mesmo fluxo pelos outros reatores até chegar na tampa do terceiro reator, que possui uma tubulação de saída para o biogás produzido a partir da decomposição da matéria orgânica nos reatores, o gás geralmente é direcionado até o ramal de ventilação do edifício (MERGULHÃO, 2011). A Figura 8 ilustra o reator anaeróbio compartimentado.

Figura 8. Reator anaeróbio compartimentado.



Fonte: Produtos – ETAC – águas cinzas

3.1.4 Tratamento aeróbio

A complementação da decomposição da matéria orgânica e polimento do efluente da etapa anaeróbia do tratamento é realizada pelo Filtro Biológico Aerado Submerso, esse compartimento é construído geralmente em fibra. O FBAS possui leito fluidizado e funciona em fluxo ascendente, os microrganismos fixam-se em um meio suporte artificial. O suporte é composto de eletrodos feitos de material plástico (MERGULHÃO, 2011). A Figura 9 ilustra o sistema aeróbio.

Figura 9. Meio suporte utilizado no FBAS.



Fonte: Produtos – ETAC – águas cinzas

3.1.5 Decantação

No FBAS ocorre um desprendimento natural da biomassa aderida ao meio suporte, liberando pequenos flocos das colônias de microrganismos em seu efluente. Todo excesso de lodo e biofilme desprendido do FBAS é liberado juntamente com o efluente para o decantador (DEC). O lodo decantado é recirculado para o início do tratamento, a recirculação é feita automaticamente através do acionamento de uma bomba centrífuga (MERGULHÃO, 2011). A Figura 10 ilustra a bomba de recirculação de lodo.

Figura 10. Bomba centrífuga de recirculação de lodo do DEC.



Fonte: Produtos – ETAC – águas cinzas.

3.1.6 Tanque de equalização

O efluente do decantador é encaminhado para o tanque de equalização. O TQE tem a função de garantir uma vazão constante para a etapa posterior (filtro terciário) e atua como um “tanque pulmão” para os casos de mal funcionamento de algum equipamento ou falta de água de reuso (MERGULHÃO, 2011). A Figura 11 ilustra o tanque de equalização.

Figura 11. Da direita para esquerda: TQE, DEC, FBAS.



Fonte: Produtos – ETAC – águas cinzas.

3.1.7 Tratamento terciário

O tratamento terciário é feito pelo Filtro terciário (FT) e pela desinfecção química. A finalidade principal do FT dentro desse sistema é reter os sólidos suspensos remanescentes do decantador. A água cinza que vem do TQE entra por uma tubulação na parte central do FT, onde sobe e depois é encaminhada aos compartimentos de filtração (MERGULHÃO, 2011). A Figura 12 ilustra o sistema terciário.

Figura 12. Filtro terciário



Fonte: Produtos – ETAC – águas cinzas.

Após a filtração terciária, a água em tratamento segue para o reservatório inferior, no qual a desinfecção é realizada através de um clorador de pastilhas, o clorador de pastilhas é o mesmo disponível comercialmente para a manutenção na qualidade da água de piscinas, opera sem a necessidade de energia elétrica e é construído de material plástico flutuante (MERGULHÃO, 2011).

3.1.8 Reservatório superior de água de reuso

Após a desinfecção, a água tratada é bombeada para o reservatório superior de águas de reuso através de duas bombas, as bombas são acionadas por uma boia localizada no reservatório inferior. O reservatório superior é localizado principalmente na cobertura dos edifícios, acima de outros pavimentos (MERGULHÃO, 2011). A Figura 13 ilustra o sistema de bombeamento de água de reuso.

Figura 13. Bombas de recalque de água de reuso.



Fonte: Produtos – ETAC – águas cinzas.

3.1.9 Vantagens da ETAC - (Estação de tratamento de águas cinzas)

- A ETAC é um sistema compacto, fácil de ser instalado;
- Possui um sistema de retrolavagem;
- Possui um sistema de acionamento da liberação dos produtos químicos sem o uso de energia ou circuitos;
- É um sistema seguro e prático;
- É um projeto que se enquadra nos princípios de sustentabilidade.

3.2 Sistema integrado filtro tanque

É utilizado em moradias com agricultura familiar, trata-se de um sistema simples de reaproveitamento de águas cinzas em irrigações.

O sistema é composto por uma captação dos efluentes de origem de uma ou mais residências, é direcionado para uma caixa de gordura logo em seguida

para um filtro biológico. Todo esse processo inicial sendo realizado por gravidade, após o filtro biológico a saída da água já tratada é direcionada também por gravidade para uma cisterna que funciona como tanque de armazenamento. No sistema são utilizados os tratamentos físico e biológico nos efluentes, sendo respectivamente na caixa de gordura e no filtro biológico. Ligada a cisterna está uma bomba elétrica que liga a cisterna ao tanque de distribuição, esse sistema podendo ser automatizado ou manual, após o tanque é feita a irrigação em plantios próximos (MELO, 2018). A Figura 14 ilustra o sistema integrado e a figura 15 ilustra o filtro biológico.

Figura 14. Sistema integrado filtro tanque é utilizado em moradias com agricultura familiar.

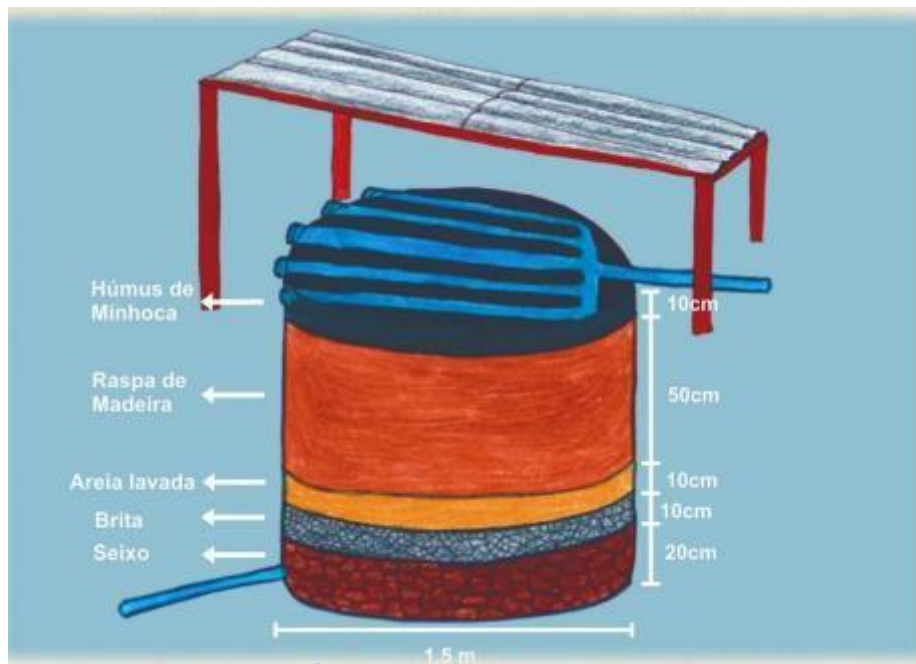


Fonte: embrapa.br/documentos.

O Sistema de irrigação pode ser misto (água cinza e água potável) devido a demanda de irrigação.

Esse tipo de sistema é muito utilizado em agriculturas familiares e é bem eficiente. Seu grande ponto forte é a praticidade e o baixo custo de ser utilizado, ainda podendo realizar venda de minhocas e húmus de boa qualidade.

Figura 15. Filtro biológico de Sistema integrado filtro tanque é utilizado em moradias com agricultura familiar.



Fonte: embrapa.br/documentos.

O Filtro Biológico é composto por Humus de minhoca, raspa de madeira, areia lavada, brita e seixo. Tamanho e proporções de matérias podem variar devido a vazão e necessidade de água.

3.2.1 Etapas do funcionamento

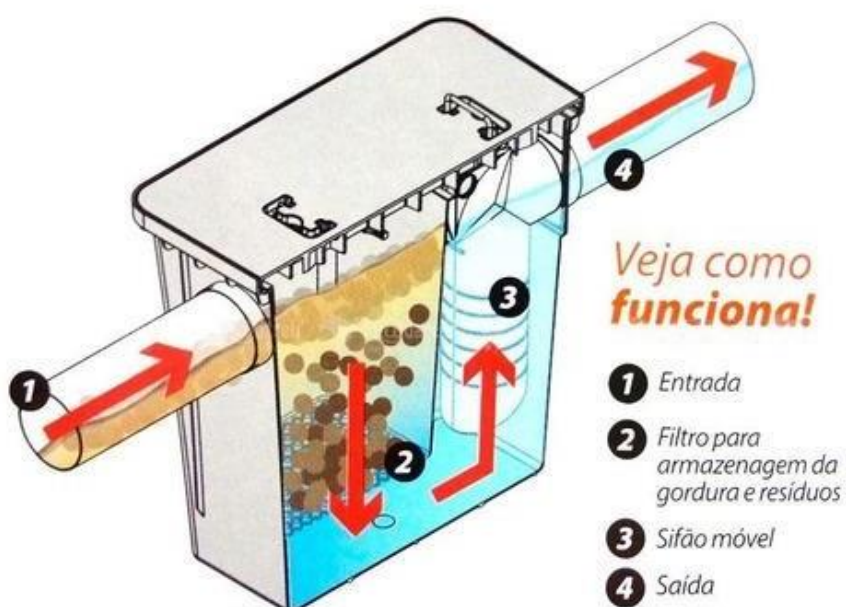
Todas as unidades que compõe o funcionamento do sistema integrado tanque filtro, podem ser observadas nos itens a seguir.

3.2.2 Caixa de gordura

É a primeira etapa do tratamento, a caixa de gordura serve unicamente para separar a gordura proveniente de lavagens da cozinha e impedir a chegada

dessa gordura no restante do sistema. Tal gordura que pode acarretar entupimento e obstrução das tubulações futuramente. Em perfeito funcionamento ela retém a gordura gerada e não permite a passagem. Necessitando de limpeza dessa gordura que fica retida, essas limpezas variam do tamanho e da vazão do sistema utilizado. Sua grande vantagem para o sistema é o aumento da vida útil das tubulações (PEREIRA, 2018). A Figura 16 ilustra o funcionamento da caixa de gordura.

Figura 15. Caixa de gordura.



Fonte: telhanorte.com.br – qual diferença ralo caixa sifonada.

3.2.3 Filtro Biológico

O filtro biológico funciona como tratamento secundário para esse efluente gerado pela residência pós passagem na caixa de gordura. Com diversas camadas ele é capaz de retirar boa parte de contaminantes presentes nessas

águas cinzas e evitando que entre em contato com o solo posteriormente. Composto por Humos, raspa de madeira, areia lavada brita e seixo facilita a troca desses materiais caso tenha saturado a solução. E esses materiais retirados do filtro podem ser reutilizados em outros locais como matéria prima, ou seja, tendo fácil destinação (MELO, 2018). A Figura 15 ilustra construção do filtro biológico.

3.2.4 Tanque de armazenamento

O tanque de armazenamento ou cisterna é o tanque que armazena essa água já filtrada em grandes quantidades. Feito de alvenaria e enterrado no solo as cisternas podem variar de tamanho de acordo com a necessidade de volume a ser armazenado. Sua grande vantagem é que ela pode ser projetada de diversos tamanhos e posicionamentos. Como o direcionamento da água no próximo passo é feito por bombeamento facilita o posicionamento (MELO, 2018). A Figura 17 ilustra construção da cisterna.

Figura 16. Preparação de cisterna e filtro de alvenaria em sistema de tratamento de águas cinzas.



Fonte: embrapa.br/documentos.

3.2.5 Sistema de distribuição

Após o direcionamento da água da cisterna para a caixa de distribuição que fica mais alta. Esse efluente é direcionado por bombas para até a caixa d'água. Após o armazenamento o sistema de distribuição é feito por gravidade, assim facilitando o processo final, sendo necessário ajuste manual ou automático de quando será feita a irrigação da plantação. Devido a caixa d'água estar posicionada em local alto possibilita utilizar essa água para outros fins além da irrigação, como direcionamento de lavagem de outros locais e até mesmo reaproveitamento dentro da residência onde foi gerada (MELO, 2018).

3.3 Sistema de reuso de água do banho familiar

Para vaso sanitário é um sistema direto que utiliza água de banho de uma residência familiar requerendo baixo investimento e utilização simples. Consiste em uma captação de efluente de saída de chuveiro, destiná-lo para um tanque direto para armazenamento que pode ser um tambor de 200 litros e ligá-lo diretamente com o abastecimento da descarga (URBANO, 2017).

Sistema pode ser simplificado e utilizar apenas a gravidade para abastecimento, assim reaproveitando menos efluente ou utilizando a destinação mecânica das águas cinzas, tendo aproveitamento geral.

Na figura 18 é ilustrado a utilização em uma residência com apenas a força da gravidade influenciando (URBANO, 2017).

Figura 17. Sistema de reuso de água do banho familiar para vaso sanitário 1.



Fonte: sempresustentavel.com.br – reuso de água do banho.

3.3.1 O sistema de reuso de água do banho familiar funciona em poucas etapas

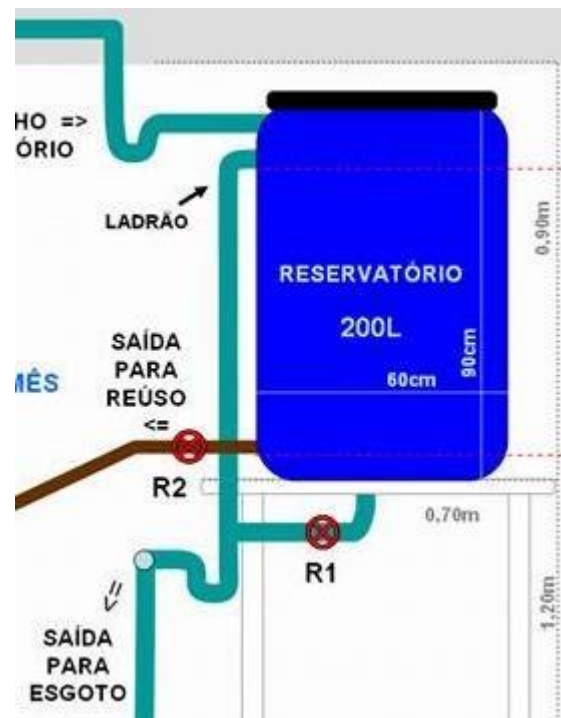
a) Captação

A captação desse sistema funciona pelo ralo do chuveiro do andar superior com apenas pequeno filtro para separar impurezas grandes, pois poderiam entupir o reservatório. Essa captação destinada direto ao reservatório.

b) Reservatório distribuição:

Após a captação a água cinza é direcionada para um reservatório simples com válvulas mecânicas. Essas válvulas são um dreno para drenagem de 100% do tanque quando necessário para limpezas ou trocas de equipamentos, uma saída de água em 10% da altura do tanque que direciona o efluente para o vaso sanitário onde será reutilizado, podendo ter sua abertura regulada e um ladrão na altura de 90% do tanque para que não sobrecarregue o tanque e obstrua o ralo de captação. Esse ladrão é ligado diretamente na rede de esgoto sem válvulas para abertura (URBANO, 2017). A Figura 19 ilustra o sistema de reuso familiar e reservatório.

Figura 18. Sistema de reuso de água do banho familiar para vaso sanitário 2.

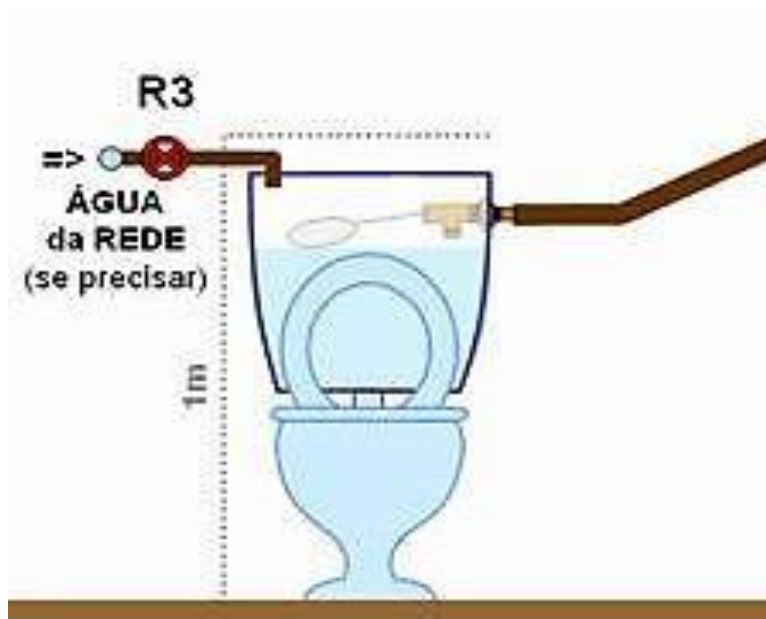


Fonte: sempresustentavel.com.br – reuso de água do banho.

c) Utilização

A utilização no vaso sanitário funciona como se fosse na distribuição de água normal, alterando somente que existiria uma fonte de abastecimento extra, pois caso o reservatório esgote ou entre em manutenção poderia utilizar o sistema de abastecimento convencional da casa (URBANO, 2017). A Figura 20 ilustra o sistema do vaso sanitário.

Figura 19. Sistema de reuso de água do banho familiar para vaso sanitário 3.



Fonte: sempresustentavel.com.br – reuso de água do banho.

3.4 Impactos ambientais

A contribuição de maior relevância no consumo racional da água, analisando-se uma edificação qualquer durante o seu período de uso, está na eficiência da sua instalação hidro-sanitária. Durante a fase de projeto de uma instalação hidro-sanitária eficiente, torna-se necessária a comparação quantidade e qualidade de água existente, com a quantidade e qualidade da água que se necessita para cada atividade.

O consumo de água em uma residência é influenciado por diversos fatores, tais como: número de habitantes da residência, clima da região, renda familiar, valor da tarifa de água, características culturais etc.

4 ESTUDO DE CASO

Foi utilizado como exemplo o estudo de caso realizado na Universidade Estadual de Santa Catarina: “ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR – ESTUDO DE CASO”.

Resumo

O estudo aborda a implementação, execução e viabilidade da instalação de um sistema de reuso de águas cinzas em um edifício de aproximadamente 60 habitantes na cidade de Criciúma – SC. O projeto que tem como objetivo o ganho econômico e ao meio ambiente. Foram atingidos uma redução de 29% do consumo de água potável no condomínio, assim resultando em uma economia de 36,55% na conta de água. Demonstrando assim que esse sistema demonstrou ser economicamente viável e apresentou retorno em 10 anos e 4 meses, fora a valorização intangíveis como preservação de recursos ambientais e valorização da edificação (MACCARINI, 2017).

4.1 Descrição do sistema

O sistema se inicia com um abastecimento convencional de água potável pela rede pública de abastecimento de água com a concessionária da cidade de Criciúma. Essa água é direcionada para os pontos onde é necessário a utilização desse tipo de recurso (chuveiros e lavatórios) as águas cinzas captadas desses pontos são direcionadas para um tratamento preliminar para eliminação de sólidos grosseiros e assim direcionado para a o sistema de tratamento ETAC, estação de tratamento de águas cinzas.

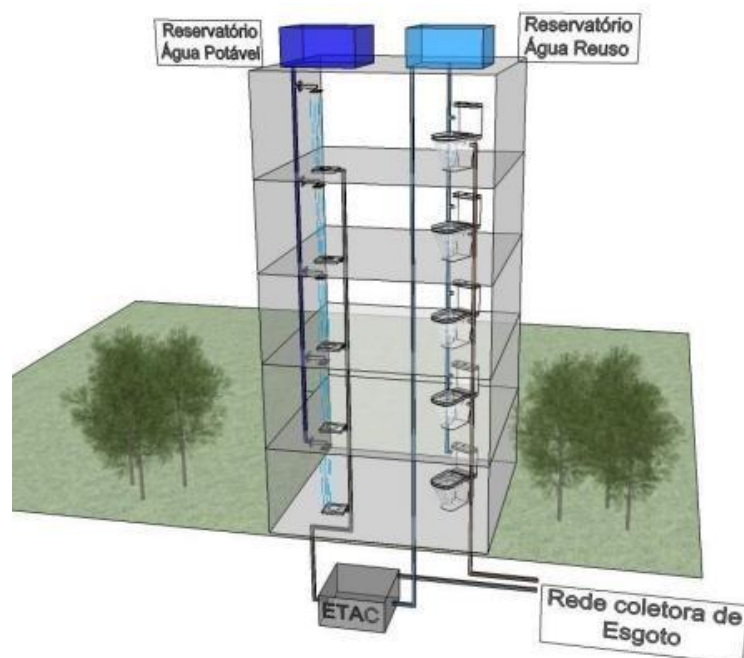
O funcionamento da ETAC será feito da forma que a água suja a ser tratada passará por um misturador hidráulico onde receberá uma dosagem de

produtos químicos, automaticamente, necessários para a floculação. Após a adição dos produtos químicos a água ingressará na câmara de floculação onde o floculador terá a função de provocar uma agitação e com isso formar flocos (resíduos/ sólidos). Depois da formação dos flocos, serão encaminhados por gravidade para o decantador onde acontecerá o desprendimento dos flocos, com isso a água já sem floco passará por um filtro que tem como objetivo dar um polimento na água, ou seja, reter os resíduos ainda existentes. Após os processos de limpeza da água apresentado acima, a água estará pronta para ser armazenada em uma caixa d'água e pronta para a sua reutilização. (MACCARINI, 2017).

Após o tratamento do efluente ele é direcionado para um reservatório de água de reuso e posteriormente destinado para uso aos vasos sanitários ligados a ele como exemplificado na figura 21.

O efluente após ser utilizado nos sistemas sanitários é direcionado para o sistema de coleta da rede de esgoto da concessionária pública.

Figura 20. Esquema de reuso de águas cinzas.



Fonte: (MACCARINI, 2017).

4.2 Demanda e oferta de águas cinzas

A vazão de reuso necessária será aquela correspondente a demanda provocada pelas descargas dos vasos sanitários. Como visto anteriormente, as bacias sanitárias consomem 29% da água num ambiente residencial. Considerando o consumo médio mensal, chegamos à demanda de 3.577,47 litros de águas cinzas por dia no empreendimento.

O cálculo para a demanda das descargas, como observa-se na Tabela 8, também pode ser feito considerando o número de habitantes da edificação, o volume de água dos vasos sanitários da edificação considerada e a frequência de descargas por habitante. Multiplicando os valores apresentados na Tabela 8 tem-se uma demanda de 3.465 l/dia que representa 28,08% do consumo total. Valor próximo do valor apresentado anteriormente de 29% (MACCARINI, 2017).

Tabela 8. Demanda diária de águas cinzas.

População	63 habitantes
Bacia Sanitária	10 l/descarga
	5 descargas por dia
	Perdas por vazamento de 10%

Fonte: (MACCARINI, 2017).

4.3 Consumos e eficiência do projeto

Para projetar as especificações do projeto como bombas e reservatórios foram levantadas informações de vazão e consumo médio do edifício em questão. Para o reservatório foi considerada a NBR 5626/98, Instalação Predial de Água Fria para o dimensionamento do reservatório inferior adotou-se como volume útil, 60% do volume total necessário para abastecer a unidade sanitária durante 24 horas, no mínimo. Um conjunto motor-bomba é utilizado para

bombeamento destas águas ao Reservatório Superior de Água para reuso. Para o dimensionamento do reservatório superior adotou-se como volume útil, 40% do volume total necessário para abastecer a unidade sanitária durante 24 horas.

A ETAC tem potência de 1,2kW/h podendo tratar até 800 litros de efluente por hora, portanto considerando a demanda de 3577,47 litros por dia, serão necessários menos de 5 horas de funcionamento por dia para atingir a demanda diária. O valor total de implantação do sistema, somando os valores das tabelas 10 e 11, é de R\$72.004,83. As Tabelas 9 e 10 ilustram os custos de implantação dos sistemas.

Tabela 9. Custos para implantação de um sistema de águas cinzas 1.

Item	Unidade	Quantidade	Preço Uni. (R\$)	Preço Total
ETAC com fornecimento, instalação e treinamento	un	1	47.360,00	47.360,00
Cisterna em polietileno 5000l	un	2	4.175,27	8.350,54
Reservatório polietileno 3000l	un	1	1.070,91	1.070,91
			Total	56.781,45

Fonte: (MACCARINI, 2017).

Tabela 30. Custos para implantação de um sistema de águas cinzas 2.

Item	Unidade	Quantidade	Preço Uni. (R\$)	Preço Total
Bomba centrífuga com instalação 0,99HP 40m 600l/h	un	2	875,83	1.751,66
Escavação mecanizada de cavas em solo não rochoso com profundidade de até 2,00 m	m ³	36	4,44	159,84
Carga e descarga - solo	m ³	36	0,95	34,20
Transporte de material escavado (1Km)	m ³ xkm	36	0,62	22,32
Aterro /Reaterro de cavas com fornecimento de areia	m ³	26	47,19	1.226,94
Transporte de areia para aterro (5 km)	m ³ xkm	26x5	0,60	78,00
Tampão de ferro fundido simples com base 900 mm	un	2	1.286,67	2.573,34
Assentamento de tampão de ferro fundido 900 mm	un	2	90,23	180,46
Execução de base em concreto não estrutural	m ³	1,8	253,09	455,56
Tubo PVC DN 100mm para esgoto fornecimento e instalação	m	360	15,63	5626,8
Tubo PVC soldável água fria DN 25mm fornecimento e instalação	m	40	3,75	150
Total Sem BDI				12.259,12
Total com BDI (24,18%)				15.223,38

Fonte: (MACCARINI, 2017).

Com a economia anual do consumo de água devido a implantação do sistema de reuso, juntamente com o valor de implantação e gastos anuais realizou-se o fluxo de caixa com entradas e saídas em um período de 15 anos, de acordo com a vida útil do equipamento (15 a 20 anos).

Com os dados necessários coletados e calculados, pôde-se montar o fluxo de caixa. pôde-se analisar a viabilidade do projeto.

A Tabela 11 a seguir realiza as prescrições que representam a análise econômica do sistema, as informações sobre cada coluna são sequenciadas abaixo:

- Coluna 1 – Período: Representa o tempo em que ocorre uma entrada ou saída do fluxo de caixa. Cada período representa 1 ano. O fluxo de caixa considerado foi de 15 anos, 16 períodos foram adotados, o instante “0” representa a instalação do sistema;
- Coluna 2 – Ano: Numeração dos anos no fluxo de caixa;
- Coluna 3 - Valor da economia de água: O valor final de economia anual com o sistema de reuso de água de R\$7.783,64;
- Coluna 4 – Reajuste na tarifa de água: Apresenta o valor do reajuste de 10% ao ano;
- Coluna 5 – Valor da economia com o reajuste: Apresenta os valores reajustados, o reajuste inicia já no primeiro ano de uso e é acumulativo;
- Coluna 6 – Fluxo de caixa: O fluxo inicia com a saída do valor do investimento e segue com as entradas de economia de água reajustadas;
- Coluna 7 – Fluxo de caixa no instante “0”: Os valores do fluxo de caixa são trazidos para o instante “0” de acordo com a equação 3 e a Taxa Mínima de Atratividade é utilizada para fazer o desconto do valor futuro apresentado no fluxo de caixa e convertê-lo em valor presente;
- Coluna 8 – Somatório dos valores no instante “0”: A partir do investimento é somado ano a ano com os valores do fluxo de caixa no instante “0” e determinou-se em quantos anos o investimento será pago.

Tabela 11. Análise econômica do sistema de reuso.

1	2	3	4	5	6	7	8
Período	Ano	Economia	Reajuste Água 10% a.a	Valor da economia com reajuste	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa no instante "0"	Somatório dos valores no instante "0"
0	2017				-R\$ 72.004,83		-R\$ 72.004,83
1	2017	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 8.562,00	R\$ 8.562,00	R\$ 7.639,87	-R\$ 64.364,96
2	2018	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 9.418,20	R\$ 9.418,20	R\$ 7.498,76	-R\$ 56.866,20
3	2019	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 10.360,02	R\$ 10.360,02	R\$ 7.360,25	-R\$ 49.505,95
4	2020	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 11.396,03	R\$ 11.396,03	R\$ 7.224,30	-R\$ 42.281,64
5	2021	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 12.535,63	R\$ 12.535,63	R\$ 7.090,87	-R\$ 35.190,78
6	2022	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 13.789,19	R\$ 13.789,19	R\$ 6.959,89	-R\$ 28.230,88
7	2023	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 15.168,11	R\$ 15.168,11	R\$ 6.831,34	-R\$ 21.399,54
8	2024	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 16.684,92	R\$ 16.684,92	R\$ 6.705,16	-R\$ 14.694,38
9	2025	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 18.353,42	R\$ 18.353,42	R\$ 6.581,31	-R\$ 8.113,07
10	2026	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 20.188,76	R\$ 20.188,76	R\$ 6.459,75	-R\$ 1.653,32
11	2027	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 22.207,63	R\$ 22.207,63	R\$ 6.340,44	R\$ 4.687,12
12	2028	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 24.428,40	R\$ 24.428,40	R\$ 6.223,33	R\$ 10.910,45
13	2029	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 26.871,24	R\$ 26.871,24	R\$ 6.108,38	R\$ 17.018,82
14	2030	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 29.558,36	R\$ 29.558,36	R\$ 5.995,55	R\$ 23.014,37
15	2031	R\$ 7.783,64	1,1	R\$ 32.514,20	R\$ 32.514,20	R\$ 5.884,81	R\$ 28.899,18

Fonte: (MACCARINI, 2017).

De acordo com os cálculos baseados na tabela 11 o tempo de retorno de capital é de 10 anos e 4 meses.

4.4 Observações:

Foi evidenciado no estudo apresentado que esse sistema de reuso de águas cinzas pode sim ser viável economicamente e implantado em condomínios residenciais. Portanto seu tempo de funcionamento de menos de 6 horas por dia, mostra que o sistema de tratamento pode ser dimensionado de uma forma menor para cortar custos ou até mesmo atender mais apartamentos e habitantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa pesquisa foram obtidos os conhecimentos específicos sobre uma alternativa sustentável que são os sistemas de reuso de águas cinzas e sua viabilidade e implementação aliada com o desenvolvimento tecnológico.

Através das informações obtidas durante o estudo foram analisadas e expostas alternativas de utilização de águas cinzas, sendo que para isto foi necessário compilar informações para fomentar a utilização desses sistemas.

Diante do que foi exposto na revisão bibliográfica e no estudo de caso, foi constatada a extrema importância do levantamento das legislações existentes no país, assim como as tecnologias aplicadas atualmente. Existem poucas leis que regem e garantem a execução de projetos com a implementação do sistemas de reuso de águas cinzas. Essas leis normalizam a qualidade do efluente tratado e satisfazem as necessidades de reuso propostas. Portanto, pode-se dizer que o reuso de águas cinzas é eficaz desde que a qualidade do efluente pós-tratamento seja mantida, o que é possível com a realização de manutenção no sistema, seguindo os padrões especificados pelas normas.

De acordo com o que foi exposto, é necessário que seja recomendado aos profissionais, a implementação dos sistemas de reuso de águas cinzas durante o processo de criação do projeto de construção civil. Fica cada vez mais evidente a necessidade de uma maior responsabilidade com os recursos hídricos durante o uso da água e no seu descarte.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABASTECIMENTO DE ÁGUA, REGULAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS CINZAS. Disponível em: adasa.df.gov.br. Acesso em: 27 set. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <http://snirh.gov.br/usuarios-da-agua>. Acesso em 11 nov. 2021.

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS VISANDO O REÚSO NÃO-POTÁVEL. August 16, 2017 | Author: Yasmin Domingos Flores | Category: N/A. Acesso em: 17 mai. 2022.

AZEVEDO, Juliana Laboissière. A Economia Circular Aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. In: XI Congresso Nacional de Excelência em gestão. 2015. Acesso em :11 mai. 2022.

BAZZARELLA, Bianca Barcellos. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Acesso em: 15 abr. 2022.

BRASIL. Lei Nº 6345, PAÇO MUNICIPAL de 15 de outubro de 2003. - MUNICÍPIO DE MARINGÁ/PR INSTITUI O PROGRAMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE MARINGÁ. Acesso em: 13 jun. 2022.

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: www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/manual_agua.pdf. Acesso em: 17 mai. 2022.

ACQUABRASILIS, Captação e reutilização de águas. Disponível em: acquabrasilis.com.br. Acesso em: 28 set. 2021.

CAVALCANTE, Geórgia F. Ferreira. Implantação de Sistemas de Uso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais em um Residencial Multifamiliar de Pequeno Porte. João Pessoa, 2017. Disponível em: <http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2016.2/implantacao-de-sistemas-de-uso-de-aguas-cinzas-e-aproveitamento-de-aguas-pluviais-em-um-residencial-multifamiliar-de-pequeno-porte.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2022.

CETESB, São Paulo et al. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2016. São Paulo, p. 287, 2017.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. Na investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination*. v. 106, n. 1-3, p. 391-397, 1996. Acesso em: 4 abr. 2022.

DREXHAGE, J.; MURPHY, D. Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012. International Institute for Sustainable Development (IISD). United Nations Headquarters, New York, 2010. Acesso em: 3 abr. 2022.

ERIKSSON, E.; AUFFART, K.; MOGENS, H.; LEDIN, A. A characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, v. 4, n. 1, p. 58 – 104, 2002. Acesso em: 3 abr. 2022.

HESPANHOL, Ivanildo et al. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002. Acesso em: 17 mai. 2022.

INEA – 37. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br>. Acesso em: 11 nov 2021.

Instalação predial de água. Disponível em: ecivilufes.files.wordpress.com. Acesso em: 11 nov 2021.

JEFFERSON, et al. Technologies for domestic wastewater recycling. Urban Water. 1, p. 285-292,1999. Acesso em: 3 abr. 2022.

LAVRADOR FILHO, J. Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987. Acesso em: 23 jan. 2022.

Leis civis. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433. Acesso em: 16 nov. 2021.

MACCARINI, Maria Gabriela Coral. Estudo da viabilidade de implantação de sistema de reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um edifício multifamiliar–estudo de caso. 2017. Acesso em 11 jun. 2022.

MACHADO, Vanessa de S. Princípios de Climatologia e Hidrologia. Grupo A, 2017. 9788595020733. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020733/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

MALHEIROS, Tadeu Fabricio; PHILIPPI JR, Arlindo; COUTINHO, Sonia Maria Viggiani. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. Saúde e Sociedade, v. 17, n. 1, p. 7-20, 2008. Acesso em 24 mai. 2022.

MANCUSO, J. G.; SANTOS, H. F. A escassez e o reuso de água em âmbito mundial. São Paulo: Manole, 2003, p. 12. Acesso em: 15 abr. 2022.

MAY, Simone. Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2009. Doi:10.11606/T.3.2009.tde-17082009-082126. Acesso em: 11 mai. 2022.

MEDEIROS, Iury Mendes Pedrosa de. Aspectos legais acerca do aproveitamento de águas de chuvas e águas cinzas no Brasil. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Acesso em 02 jun. 2022.

MELO, R. Reuso de águas cinzas para produção de alimentos, 2018. Acesso em: 03 mai. 2022.

MERGULHÃO, J. C. Z.; EMERY, R. D. B. Avaliação do Desempenho de Uma Estação de Tratamento de Águas Cinzas Visando o Reuso Não Potável. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) --Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2011. Acesso em 17 abr. 2022.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten Years experience in Berlin. Urban Water. v. 1, n.4, p. 275 – 284 1999. Acesso em: 3 abr. 2022.

OTTOSON, J. STRENSTROM, T. A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. Water Reseach. v. 37, n. 3, p. 645 – 655, 2003. Acesso em: 3 abr. 2022.

PENA, Rodolfo F. Alves. Distribuição da água no mundo. Brasil Escola, 2014. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuição-agua-no-mundo.htm>. Acesso em: 20 abr. 2022.

PEREIRA, Caio. O que é Caixa de Gordura? Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/caixa-de-gordura/>. Acesso em: 3 de maio de 2022.

PIMENTEL, Luciene. Hidrologia - Engenharia e Meio Ambiente. ELSEVIER: Grupo GEN, 2015. 9788595155510. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155510/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

Problema da escassez de água no mundo. Disponível em: [Cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tipos-de-agua](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tipos-de-agua). Acesso em: 17 nov. 2021.

RATIER, Cristiane; DERGINT, Dario Eduardo Amaral; STANKOWITZ, Rosângela F. LEGISLAÇÃO MUNICIPAL DE REÚSO DE ÁGUA NAS INDÚSTRIAS DE CURITIBA À LUZ DO CAPITALISMO NATURAL. Acesso em: 13 jun. 2022.

Reuso de água. Disponível em: cetesb.sp.gov.br. Acesso em: 17 nov. 2021.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. Estudos Avançados [online]. 2012, v. 26, n. 74, pp. 65-92. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006>>. E pub 23 abr. 2012. ISSN 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006>. Acesso em: 3 mai. 2022.

ROPKE, I. The dynamics of willingness to consume. Ecological Economics, v. 28, p. 399- 420, 1999. Acesso em: 11 mai. 2022.

SELLA, Marcelino Blacene. Reuso de águas cinzas: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências. 2011. Acesso em: 15 abr. 2022.

SINDUSCON. Conservação e reuso de água em edificações. São Paulo. Prol Editora Gráfica, 2005. Acesso em 03 mai. 2022.

SILVEIRA, A. L. L. (1993) Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrológica. In TUCCI, C. E. M. (Org.) Hidrologia: ciência e aplicação. Editora da UFRS, Porto Alegre, 35-51 p). Acesso em: 17 nov. 2021.

SLATER, D. Cultura do consumo & modernidade. São Paulo: Nobel, 2002. Acesso em: 15 abr. 2022.

URBANO, E. Projeto Experimental do reuso de água do banho familiar para descargas no vaso sanitário,2017. Acesso em: 03 mai. 2022.