

RODRIGO DE MATTOS BUSICO

Projeto para reuso de águas cinzas em uma residência unifamiliar

Rodrigo de Mattos Busico

Projeto para reuso de águas cinzas em uma residência unifamiliar

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil

Orientadora: Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin

Guaratinguetá - SP
2019

B979p

Busico, Rodrigo de Mattos

Projeto para reuso de águas cinzas em uma residência unifamiliar/
Rodrigo de Mattos Busico – Guaratinguetá, 2019.

58 f.: il.

Bibliografia: f. 56-58

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, 2019.

Orientadora: Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin

1. Recursos hídricos - desenvolvimento.
2. Eficiência do uso da água.
3. Sustentabilidade. I. Título.

CDU 556.18

Luciana Máximo

Bibliotecária-CRB-8/3595

RODRIGO DE MATTOS BUSICO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL”
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof.ª Dr.ª Márcia Regina de Freitas

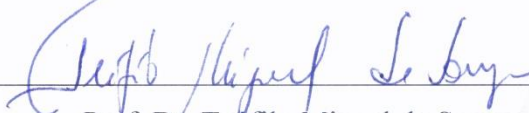
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª Dr.ª Isabel Cristina de Barros Trannin

Orientadora/UNESP-FEG



Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza

UNESP-FEG



Eng. Msc. Arthur Ribeiro Melão

Melão Engenharia

Novembro de 2019

DADOS CURRICULARES

RODRIGO DE MATTOS BUSICO

NASCIMENTO 27.06.1992 – São Paulo/SP

FILIAÇÃO Pedro Luiz Busico

Margarida Lúcia Mattos Muci Busico

2011/2019 Curso de Graduação em Engenharia Civil

Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”
Campus de Guaratinguetá.

Dedico este trabalho aos meus pais, que me apoiaram e me acompanharam durante todos esses anos de luta.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por terem proporcionado a oportunidade de graduar-me em uma boa universidade, por abrirem as portas para o meu futuro, por toda a dedicação em educar-me sempre com os melhores valores, por todo o apoio e incentivo durante todos esses anos.

A República Adegá Abate Inferninho Tomalá, por ter colocado em minha vida os irmãos que eu não tive. Irmãos que compartilharam comigo todas as dificuldades nessa longa caminhada.

Aos grandes amigos que fiz durante essa trajetória, principalmente os que ingressaram comigo, sempre lutando lado a lado para superar cada obstáculo.

Ao meu amor, Marina, por todo o companheirismo e apoio nesses últimos meses, fundamentais para o alcance do meu objetivo.

A professora Isabel Cristina de Barros Trannin, pela paciência e dedicação como orientadora, por emprestar parte do seu vasto conhecimento para que este trabalho pudesse ser concluído.

Ao Engenheiro Civil, Arthur Ribeiro Melão, pela proposição do tema, parceria e orientação durante o desenvolvimento do estágio na empresa Melão Engenharia.

“Não sabendo que era impossível, foi lá e fez”

Jean Cocteau

RESUMO

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida terrestre. Embora estudos indiquem que o Brasil possua a maior reserva de água doce do mundo, com 12% do total disponível, alguns municípios brasileiros ainda enfrentam problemas de abastecimento público em períodos de estiagem. Para amenizar os problemas gerados pela falta d'água, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas de reuso de águas residuárias, prática já adotada por países desenvolvidos. No Brasil, até o momento, não existe legislação específica para reuso de águas, e essa prática vem sendo balizada pela norma NBR 13.969/97, que estabelece classes e parâmetros de qualidade de águas de reuso para atividades que não exijam potabilidade, como irrigação, lavagem de pisos e automóveis e em descargas sanitárias. Neste cenário, este trabalho teve como objetivo projetar um modelo de sistema de reuso de águas cinzas para uma residência unifamiliar com três usuários, considerando os tratamentos disponíveis e os padrões de qualidade da água para usos não potáveis e gerar informações que possam subsidiar as políticas públicas na normatização dessa prática. No projeto verificou-se que, utilizando equipamentos economizadores de água, a geração diária de águas cinzas pela lavadora de roupas, chuveiro, lavatório e pia de cozinha para lavagem de hortaliças e frutas foi de 9,7 m³, que transformadas em águas de reuso, reduzirá em 51% o volume de água consumido mensalmente e, como consequência, a tarifa cobrada pelo serviço de saneamento municipal de Guaratinguetá será 55% menor. A implantação do sistema de reuso de águas na residência, com consumo médio mensal de 19 m³, foi orçado em R\$ 2.204,16 e contou com equipamentos e materiais de baixo custo e disponíveis no mercado e teve um tempo de retorno do investimento estimado em 54 meses, cerca de 4,5 anos. Além da redução do consumo de água e do rápido retorno econômico, os benefícios ambientais dessa prática são imensuráveis e contribuem para o uso sustentável dos recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos. Saneamento ambiental. Tratamento de águas. sustentabilidade.

ABSTRACT

Water is an essential natural resource for terrestrial life maintenance. Although studies indicate that Brazil has the largest freshwater reserve in world, with 12% of the total available, some Brazilian municipalities still face public supply problems during drought periods. To alleviate the problems caused by the water lack, it is necessary to develop wastewater reuse techniques, a practice already adopted by developed countries. In Brazil, to date, there isn't specific legislation for water reuse, and this practice has been guided by the norm NBR 13969/97, which establishes reuse water quality classes and parameters for activities that do not require potability, such as irrigation, car and floor washing and sanitary flush. In this scenario, this study aimed to design a model of gray water reuse system for a three-user single-family residence, considering available treatments and water quality standards for non-potable uses and to generate information that can support public policies in standardization of this practice. In the project it was found that using water-saving equipment, the daily generation of gray water by the washing machine, shower, washbasin and kitchen sink for washing vegetables and fruits was 9.7 m^3 , which turned into reused waters, will reduce by 51% the volume of water consumed monthly and as a consequence the rate charged by the Guaratinguetá municipal sanitation service will be 55% lower. The implementation of water reuse system in residence, with a monthly average consumption of 19 m^3 , was budgeted at R\$ 2,204.16 and had low cost equipment and materials available on the market and had a payback of 54 months, about 4.5 years. In addition to reducing water consumption and rapid economic returns, the environmental benefits of this practice are immeasurable and contribute to the sustainable use of water resources.

KEYWORDS: Water resources. Environmental sanitation. Water treatment. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do uso de água utilizado por diversos setores ao longo dos anos.....	20
Figura 2 – Sistema de reuso de águas cinzas de chuveiros e lavatórios em irrigação de jardins.....	36
Figura 3 – Terreno no município de Guaratinguetá (SP), onde será construída a residência unifamiliar, com sistema de reuso de águas cinzas.....	39
Figura 4 – Projeto da residência unifamiliar sustentável, com 196,23 m ² de área construída.....	39
Figura 5 – Curva Vazão total (L min ⁻¹) x Pressão de entrada (m.c.a.) dos chuveiros.....	40
Figura 6 – Curva vazão total (L min ⁻¹) x Pressão de entrada (m.c.a.) da torneira com arejador.....	41
Figura 7 – Curva vazão total (L min ⁻¹) x Pressão de entrada (m.c.a.) da torneira para lavagem de frutas e hortaliças com arejador.....	41
Figura 8 – Projeto hidrossanitário tradicional da residência unifamiliar.....	49
Figura 9 – Projeto hidrossanitário da residência unifamiliar com sistema de reuso de águas.....	49
Figura 10 – Projeto de distribuição das águas de reuso para fins não potáveis.....	51
Figura 11 – Fluxograma do sistema de reuso de águas cinzas.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Volume total de água e disponibilidade de água doce na Terra.....	18
Tabela 2 – Disponibilidade hídrica e densidade demográfica das diferentes regiões brasileiras.....	18
Tabela 3 - Parâmetros * de qualidade para reuso de águas cinzas em diferentes países.....	24
Tabela 4 – Classes de água de reuso e seus respectivos parâmetros de qualidade de acordo com os reusos previstos.....	28
Tabela 5 – Parâmetros de qualidade para água de reuso Classe 1.....	29
Tabela 6 – Parâmetros de qualidade para água de reuso Classe 2.....	30
Tabela 7 – Parâmetros de qualidade para água de reuso Classe 3.....	30
Tabela 8 – Parâmetros de qualidade para água de reuso Classe 4.....	31
Tabela 9 – Padrões de qualidade de água de reuso em descargas, estabelecidos pela NBR 13969/97 e pelo manual da ANA/FIESP/SINDUSCON (2005).....	31
Tabela 10 – Estimativa de consumo de água potável residencial no Brasil.....	34
Tabela 11 – Equipamentos economizadores de água.....	40
Tabela 12 – Tarifas cobradas para a categoria II – residencial pelo SAEG.....	42
Tabela 13 – Unidades Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga.....	43
Tabela 14 – Dimensionamento de ramais de esgoto.....	44
Tabela 15 – Consumo total diário de água da residência unifamiliar.....	47
Tabela 16 – Materiais removidos do projeto hidrossanitário tradicional e respectivos valores.....	50
Tabela 17 – Materiais utilizados no sistema de reuso de águas cinzas e respectivos valores.....	50
Tabela 18 – Materiais do sistema de reuso de águas com respectivos valores.....	52
Tabela 19 – Valores dos materiais utilizados no sistema de distribuição da água de reuso.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Normas internacionais e parâmetros de qualidade para águas de reuso em descarga sanitária.....	26
Quadro 2 – Sistemas de tratamentos recomendados em função dos potenciais usos e fontes alternativas de águas (pluviais e residuárias).....	32
Quadro 3 – Exemplos de tratamentos aplicados ao reuso de águas cinzas em diferentes países.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COMASP	Comitê do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
m.c.a.	Metros de coluna d'água
NBR	Norma Brasileira Registrada
NTU	Unidade de Turbidez
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PEX	Polietileno Reticulado
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAEG	Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SST	Sólidos Suspensos Totais
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNICEF	<i>United Nations Children's Fund</i> - Fundo das Nações Unidas para a Infância
USP	Universidade de São Paulo
VDR	Volume de Descarga Reduzido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS E MÚLTIPLOS USOS DA ÁGUA.....	17
3.2	PANORAMA DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS.....	21
3.3	LEGISLAÇÃO PARA REUSO DE ÁGUAS NO BRASIL.....	27
3.4	COMPONENTES DE UM SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS.....	33
4	MATERIAL E MÉTODOS	38
4.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	38
4.2	CONSUMO DE ÁGUA DA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.....	40
4.3	ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS E DEMANDA DE REUSO.....	42
4.4	TARIFA DE ÁGUA EM GUARATINGUETÁ (SP).....	42
4.5	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA E TRATAMENTO DAS ÁGUAS CINZAS.....	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1	CONSUMO DE ÁGUA DA RESIDÊNCIA.....	46
5.2	GERAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS E DEMANDA DE ÁGUAS DE REUSO.....	47
5.3	TARIFA MENSAL DE ÁGUA.....	48
5.4	PROJETO DO SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS.....	48
5.5	TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO.....	54
6	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes, sendo essencial para a manutenção da vida terrestre. Além disso, de acordo com informações da Agência Nacional das Águas (ANA, 2019), estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto, nem à irrigação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios. Portanto, o uso desse recurso natural, deve ser utilizado com critério, para que não prejudique os múltiplos usos que a água possibilita à manutenção da vida.

Yoshimoto e Trannin (2019) destacaram que no VIII Fórum Mundial da Água, realizado em março de 2018, foi discutido o fato de o Brasil possuir 12% das reservas de água doce disponíveis no mundo e, ainda assim, alguns municípios brasileiros enfrentarem problemas de abastecimento público em períodos de estiagem. Essa situação vem ocorrendo, porque aliado ao crescimento populacional houve um aumento significativo no consumo de água, principalmente, pelo setor agropecuário brasileiro que utiliza cerca de 70% da água consumida em nosso país (BORGHETTI et al., 2017).

O uso indiscriminado da água tem sido muito discutido nos últimos anos por conta do aumento exponencial da demanda e da poluição ambiental, que acompanharam o acelerado crescimento populacional mundial, principalmente nos meios urbanos. Além do aumento da demanda de água pela população, as perdas de água tratada causadas por falhas nos sistemas de distribuição, tornam a racionalização, um tema inevitável, quando pensamos no consumo desenfreado e na necessidade de manutenção da qualidade de vida. Neste sentido, o manual da ANA/FIESP/SINDUSCON alertou sobre a possibilidade de esgotamento da água potável, prevendo a necessidade de racionamento e aumento de custo, caso a população não adotasse novos hábitos de consumo (SAUTCHUK et al., 2005).

Segundo Demanboro e Mariotoni (1999), no final da década de 1990 já existiam mais de um bilhão de pessoas vivendo com déficit de abastecimento de água para consumo doméstico e alertaram que a situação poderia ser agravada nos próximos trinta anos, com estimativas de que mais de 5 bilhões de pessoas seriam afetadas pela falta total ou parcial de água.

Diante deste cenário, torna-se cada vez mais necessário, que projetos de construção civil incluam sistemas hidráulicos que possibilitem o reuso de águas cinzas e o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis. No Brasil, a comercialização de sistemas de

aproveitamento de águas pluviais e de reuso de águas cinzas iniciou-se no começo dos anos 2000 e, mesmo com uma viabilidade ainda não-comprovada, observamos, a cada ano, edificações implementando estes sistemas prediais de água não-potável em prol da sustentabilidade. O reuso de águas cinzas pode resultar em economia de água potável, economia de energia elétrica e menor produção de esgoto sanitário na escala das edificações. Em uma escala maior, resulta em preservação dos mananciais de água, por diminuir a quantidade de água captada e por reduzir o lançamento de esgoto sanitário pelas áreas urbanas, além de reduzir o consumo de energia elétrica (GONÇALVES, 2006).

Neste sentido, este trabalho de conclusão de curso teve como objetivo, projetar um sistema de reuso de águas cinzas para uma residência unifamiliar, considerando os tratamentos disponíveis e os padrões de qualidade da água para usos não potáveis. Este tema é de grande importância, uma vez que em países europeus o reuso de águas cinzas é comum e vem sendo praticado há algum tempo, enquanto no Brasil ainda não existe legislação, sendo necessárias pesquisas que subsidiem as políticas públicas na normatização dessa prática. Assim, pretende-se com este trabalho, fornecer informações e orientações gerais, que possam apoiar na tomada de decisões voltadas para a regulamentação da prática do reuso de águas cinzas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Projetar um sistema de reuso de águas cinzas para uma residência unifamiliar, considerando os tratamentos disponíveis e os padrões de qualidade da água para usos não potáveis.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar e analisar a viabilidade da adoção de um sistema de reuso de águas cinzas por uma residência unifamiliar do município de Guaratinguetá;
- Avaliar o(s) tratamento(s) mais adequado(s) a ser(em) aplicado(s) em projetos de reuso de águas cinzas para fins não potáveis;
- Gerar informações que possam subsidiar as políticas públicas na normatização do reuso de águas cinzas no Brasil.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este tópico apresenta as informações obtidas na revisão de literatura sobre o tema reuso de águas cinzas, abordando o panorama da oferta de água doce, projetos hidráulicos que contemplaram esse sistema, a necessidade do estabelecimento de padrões de qualidade e os avanços na normatização desta prática no Brasil.

3.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS E MÚLTIPLOS USOS DA ÁGUA

O conhecimento do panorama nacional e internacional de oferta de água doce é fundamental para se ter idéia da relevância do presente trabalho quanto à viabilidade técnica, econômica e ambiental do reuso de águas cinzas e da contribuição desta prática para a sociedade.

Quanto à disponibilidade de água, estima-se que 97,5% da água existente na Terra é salgada e, portanto, não pode ser consumida diretamente para abastecimento público, nem em irrigação. Dos 2,5% de água doce, cerca de 69% é de difícil acesso, concentrando-se em geleiras, 30% são águas subterrâneas e apenas 1% encontra-se nos rios (ANA, 2019). Estimativas apresentadas por outros autores, apresentam um panorama ainda mais crítico quanto a disponibilidade de água doce. Por exemplo, para Shiklomanov (1998) apenas 0,27% de toda a água doce existente em nosso planeta está nos rios e lagos, o que diminui para 0,007% quando se considera o volume total de água da Terra (Tabela 1). Além disso, nem toda água é acessível ao consumo humano e a distribuição é desigual entre os países. Neste sentido, o Brasil detém a maior reserva de águas doces superficiais do planeta, cerca de 12% do total, o que corresponde a maior quantidade que alguns continentes inteiros, como Europa e África, graças à contribuição da bacia hidrográfica amazônica, que representa o maior volume de água do planeta, no entanto, as condições de acesso à água não são igualitárias. A região hidrográfica amazônica, que abrange Amazonas, Amapá, Acre, Rondônia, Roraima e grande parcela do Pará e do Mato Grosso, equivale a 45% do território nacional e detém 81% da disponibilidade hídrica. Por outro lado, as regiões litorâneas, que respondem por apenas 3% da oferta nacional, abrigam 45% da população do país. Esse cenário evidencia que, os brasileiros se concentram cada vez mais em áreas, onde a oferta de água é desfavorável (ANA, 2019).

Tabela 1 – Volume total de água e disponibilidade de água doce na Terra

Reservatório	Volume (10 ³ km ³)	% do volume total	% do volume de água doce
Oceanos	1.338.000,0	96,5379	-
Subsolo	23.400,0	1,6883	-
Água doce	10.530,0	0,7597	30,0607
Água salgada	12.870,0	0,9286	-
Umidade do solo	16,5	0,0012	0,0471
Áreas congeladas	24.064,1	1,7362	68,6971
Antártida	21.600,0	1,5585	61,6629
Groenlândia	2.340,0	0,1688	6,6802
Ártico	83,5	0,0060	0,2383
Montanhas	40,6	0,0029	0,1159
Solos congelados	300,0	0,0216	0,8564
Lagos	176,4	0,0128	-
Água doce	91,0	0,0066	0,2598
Água salgada	85,4	0,0062	-
Pântanos	11,5	0,0008	0,0328
Rios	2,1	0,0002	0,0061
Biomassa	1,1	0,0001	0,0032
Vapor d'água na atmosfera	12,9	0,0009	0,0368
Armazenamento total de água salgada	1.350.955,4	97,4726	-
Armazenamento total de água doce	35.029,2	2,5274	100,0
Armazenamento total de água	1.385.984,6	100,0	-

Fonte: Shiklomanov (1998) apud Lima (2001).

A maior densidade demográfica da população em regiões com menor disponibilidade hídrica, também acarreta em problemas sociais. A Agência Nacional das Águas, estimou que até 2015, cerca de 12,1 milhões de brasileiros não tinham acesso adequado ao abastecimento de água, destacando que moradias "sem torneira" somavam 4,2 milhões. Também alertou para o fato de que a disponibilidade e o consumo de água em nosso país diferem entre regiões e grandes centros urbanos (Tabela 2).

Tabela 2 – Disponibilidade hídrica e densidade demográfica das diferentes regiões brasileiras.

Região	Área (Km ²)	População 2018 (nº habitantes)	População (%)	Densidade Demográfica (hab.km ⁻²)	Vazão Média (km ³ ano ⁻¹)	Recursos Hídricos (%)
Norte	3.853.841	18.182.253	8,7	4,7	3.845,5	68,5
Nordeste	1.554.291	56.760.780	27,2	36,5	186,2	3,3
Sudeste	924.608	87.711.946	42,1	94,9	334,2	6,0
Sul	576.783	29.754.036	14,3	51,6	365,4	6,5
Centro-Oeste	1.606.234	16.085.885	7,7	10,0	878,7	15,7
Total	8.515.759	208.494.900	100,0	24,5	5.610,0	100,0

Fonte: IGBE (2018) e Tomaz (2010) apud Lenci (2018).

Na tabela 2 é possível observar que a região Norte, com a menor densidade demográfica do país, abriga a maior quantidade de água doce devido à contribuição da bacia hidrográfica amazônica. Enquanto a região Sudeste, mais populosa e com grande concentração de atividades industriais e agrícolas, possui apenas 6% dos recursos hídricos. Além da grande desigualdade na disponibilidade de água doce no Brasil, o custo de redistribuição da região

Norte para as demais seria economicamente inviável. Segundo informações da ANA (2011), cada região brasileira possui sua peculiaridade tratando-se da falta de acesso a esse recurso. Na região Norte, onde há uma disponibilidade hídrica por habitante muito superior do que em outras regiões, a infraestrutura precária deixa a região em último lugar no que diz respeito à porcentagem da população atendida por redes de abastecimento de água.

De acordo com a Agência Brasil (2018), esta má distribuição e a falta de investimento são responsáveis pela situação precária no que diz respeito ao acesso à água potável por parte de diversos municípios brasileiros, algo que contribui para tal precariedade é a deficiência no tratamento de esgoto, que compromete a possibilidade de aproveitamento de 110 mil quilômetros de rios brasileiros e, para permitir o uso destas águas seria necessário um investimento de pelo menos R\$ 150 bilhões em coleta e tratamento de efluentes até 2035.

A Agência Nacional das Águas também destacou a diferença no consumo per capita de água, chamando a atenção para o fato de que, enquanto um cidadão do Rio de Janeiro consome, em média 236 litros de água por dia, o consumo per capita em Alagoas é de 91 litros e em São Paulo, de 185 litros, mostrando que o consumo dos paulistanos corresponde a 4,3 vezes mais do que a água disponível. Segundo a Agência, só na região metropolitana de São Paulo existem cerca de 19,9 milhões de consumidores, que corresponde a 10,4% da população do país e a principal fornecedora de água do estado, a Sabesp tem buscado água a 80 km de distância, na represa Cachoeira do França, no Rio Juquiá, no Vale do Ribeira, para atender cerca de 1,3 milhão de pessoas na Zona Oeste da capital e em municípios vizinhos.

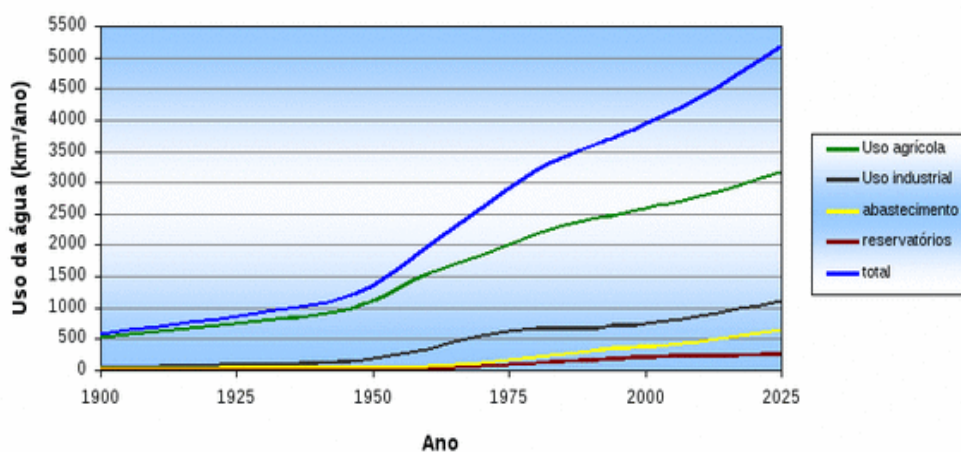
Para a Organização das Nações Unidas – ONU, a quantidade de água do planeta é suficiente para atender a população mundial, mas não há mais espaço para o desperdício. No Canadá, o consumo per capita chega a 600 litros por dia, enquanto cerca de 783 milhões de pessoas no mundo não têm acesso à água potável. Portanto, a escassez de água não é o único problema, é preciso atentar que, o consumo humano exige que a água seja limpa e tratada, mas o crescimento das cidades altera a qualidade dos mananciais tornando-os poluídos pelo lançamento de esgoto, efluentes industriais e defensivos agrícolas.

No VIII Fórum Mundial da Água, realizado em março de 2018, foi discutido o fato de o Brasil possuir 12% das reservas de água doce disponíveis no mundo e, ainda assim, alguns municípios brasileiros enfrentarem problemas de abastecimento público em períodos de estiagem (YOSHIMOTO; TRANNIN, 2019). Isso ocorre porque o Brasil possui problemas de planejamento, execução, manutenção e administração de sistemas de tratamento e distribuição de água potável para a população, sendo que atualmente, cerca de 35 milhões de pessoas não têm acesso a água tratada (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2019), além disso, de 40% a 60% da

água é desperdiçada em vazamentos e uso inadequado, índice que nos países desenvolvidos varia de 5% a 10% (REBOUÇAS, 2003).

Quanto aos múltiplos usos da água, segundo o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, em 2017, 67,2% da água do nosso país foram destinados à atividade agrícola, 11,1% ao abastecimento animal, 9,5% à indústria, 8,8% ao abastecimento urbano, os outros 3,4% foram destinados ao abastecimento rural, mineração e termelétricas (ANA, 2017), ou seja, o aumento populacional implicou em um aumento direto e indireto no consumo de água (Figura 1).

Figura 1 – Evolução do uso de água utilizado por diversos setores ao longo dos anos.



Fonte: Shiklomanov (1998) apud Lima (2001).

Como pode ser observado na Figura 1, o setor que mais consome água doce é a agricultura, com o uso especialmente em irrigação. O setor agrícola consome aproximadamente 70% da água no país, porém as estimativas do Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO (sigla em inglês), quase metade desse montante é desperdiçada (BORGHETTI et al., 2017). Entre os motivos identificados para esse desperdício estão irrigações mal executadas e falta de controle do agricultor na quantidade usada em lavouras e no processamento dos produtos. Os impactos recaem sobre o ecossistema, considerando que os aquíferos e rios sofrem com a falta de chuvas e correm o risco de secar ao longo dos anos.

3.2 PANORAMA DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS

De acordo com a Agência Nacional de Águas, a água cinza é um efluente que não possui contribuição da bacia sanitária, ou seja, corresponde ao efluente gerado pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, lavadoras de roupas e pias de cozinha, estas últimas com ressalva, pois diversos autores não consideram seu efluente como água cinza, pela presença de óleos, graxas e restos de alimentos (ANA, 2005).

Gonçalves (2006), relata que as águas não potáveis podem ser classificadas como águas azuis, que correspondem às águas de chuvas; águas cinzas que são as águas servidas, excluindo-se efluentes provindos de vaso sanitário; águas amarelas, que é o efluente representado somente por urina; águas marrons e negras, que são os efluentes constituídos por resíduos fecais e, em alguns casos, devido à contaminação por gorduras e óleos, águas geradas em pia de cozinha. As águas cinzas são, portanto, todas as águas provenientes de lavadoras de roupas, tanques, lavatórios, pias de cozinha, chuveiros e banheiras, excluindo apenas os efluentes de vasos sanitários, que são considerados como águas negras. Devido a contaminação por gorduras e óleos, alguns autores desconsideram as águas provenientes de pias de cozinha, incluindo-as na classe de águas negras.

Segundo o Manual da ANA/FIESP/SINDUSCON, 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 (SAUTCHUK et al., 2005).

A Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, em seu artigo 2º, define reuso como uso de água residuária ou de água de qualidade inferior tratada ou não, além de estabelecer as seguintes definições:

- I – Água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não.
- II – Reuso de água: utilização de água residuária.
- III – Água de reuso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas.
- IV – Reuso direto de água: uso planejado de água de reuso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos.
- V – Produtor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reuso.

VI – Distribuidor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reuso.

VII – Usuário de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reuso.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde – OMS, de maneira geral, o reuso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não, como descrito a seguir.

- Reuso indireto: ocorre quando a água utilizada, uma ou mais vezes para uso doméstico e industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída.

- Reuso direto: corresponde ao uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como uso industrial, irrigação, recarga de aquífero e água potável.

- Reciclagem interna: quando o reuso da água ocorre internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Por outro lado, a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) classifica o reuso de água em duas grandes categorias: potável e não potável, que é amplamente adotada por sua praticidade e facilidade, descritas a seguir.

- Reuso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.

- Reuso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

- Reuso não potável: Este tipo de reuso apresenta um potencial muito amplo e diversificado. Por não exigir níveis elevados de tratamento, vem se tornando um processo viável economicamente e, por isso, com rápido desenvolvimento, que em função da diversidade de uso, pode ser classificado em:

1) *Reuso não potável para fins agrícolas*: quando se pratica essa modalidade de reuso haja como subproduto, recarga do lençol subterrâneo o objetivo dela é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais e outros, e plantas não alimentícias, tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais.

2) *Reuso não potável para fins industriais*: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras, entre outros.

3) *Reuso não potável para fins recreacionais*: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimento de lagos ornamentais, entre outros.

4) *Reuso não potável para fins domésticos*: são considerados aqui os casos de reuso de água para a rega de jardins para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.

5) *Reuso para manutenção de vazões*: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem. O reuso de efluentes tratados pode ser aplicado à recarga de aquíferos, de forma direta, pela injeção sob pressão, ou de forma indireta, utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados à montante.

A presença de substâncias químicas e organismos patogênicos na água destinada ao reuso é a preocupação central de seus potenciais consumidores. A remoção dos contaminantes dependerá da eficiência dos sistemas de tratamento, cuja tecnologia, por sua vez dependerá da qualidade desejada para a água a ser produzida para reuso.

Os riscos associados às práticas de reuso têm relação com os contaminantes presentes na água recuperada, uma vez que os efluentes possuem produtos químicos tóxicos e microrganismos patogênicos em níveis muito acima dos suportados pelo homem. No entanto, de acordo com Rampelotto (2014) alguns países já contam com sistemas de reuso de águas cinzas, como Israel, Grécia, Japão, Austrália, Espanha e EUA, que possuem normas que estabelecem parâmetros de qualidade para reuso, facilitando a implementação e difusão desta prática em diferentes atividades (Tabela 3).

Tabela 3 – Parâmetros* de qualidade para reuso de águas cinzas em diferentes países.

Normas	Aplicação	Turbidez (NTU)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	SS (mg/L)	pH
Austrália (EPA)	Urbana, agrícola e ambiente com a exposição humana	< 2	< 10	-	< 5	6 – 9
	Urbana, agrícola e ambiente com a exposição humana controlada	-	< 20	-	< 30	6 – 9
Austrália (ACT)	Irrigação subsuperficial	-	≤ 20	-	< 30	-
	Irrigação superfície, lavabo e descarga	-	≤ 20	-	≤ 30	-
Canadá	Água para uso doméstico (por exemplo, lavabo, descarga)	< 2	< 10	-	< 10	-
China	Uso não potável (ex: vaso sanitário)	≤ 10	≤ 10	≤ 50	≤ 10	6,5 – 9
União Europeia	Águas balneárias	-	< 5	-	-	-
Alemanha	Água para reuso	-	< 5	-	-	-
Grécia	Restrita para irrigação	-	< 25	-	< 35	-
	Irrestrito para irrigação / reutilização não potável urbana	< 2	< 10	-	< 10	-
Itália	Descargas para águas superficiais	-	-	< 160	< 80	5,5 - 9,5
Japão	Descarga de vaso sanitário	-	-	-	-	5,8 - 8,6
	Irrigação / paisagismo	-	-	-	-	5,8 - 8,6
	Água para meio ambiente	≤ 10	≤ 10	-	-	5,8 - 8,6
Jordânia	Categoria a irrigação (legumes, cozidos)	-	< 30	< 100	< 50	6 – 9
	Irrigação categoria b (plantações de árvores)	-	< 200	< 500	< 150	6 – 9
	Irrigação categoria c (forrageiras)	-	< 300	< 500	< 150	6 – 9
Coreia	Reutilização não potável irrestrita	< 2	-	< 20	< 5	-
Eslovênia	Descarga p/ águas superficiais	-	< 30	< 200	< 80	6,5 – 9
Espanha	Reuso urbano e residencial	< 2	-	-	< 10	-
Taiwan	Uso não potável (ex: vaso sanitário)	-	≤ 10	-	-	6,8 - 8,5
Turquia	Irrigação	-	≤ 100	-	≤ 45	6,5 - 8,5
EUA	Reutilização urbana (paisagismo, irrigação, descarga)	≤ 2	≤ 10	-	-	6 – 9
OMS	Restrita irrigação	-	-	-	-	-
	Irrestrita irrigação	-	-	-	-	-

*DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO: Demanda Química de Oxigênio; SS: Sólidos em Suspensão; pH: potencial hidrogeniônico.

Fonte: Rampelotto (2014).

No Quadro 1, também podem ser observados alguns padrões de qualidade para o reuso de águas cinzas em descarga sanitária, estabelecidos em alguns países (GONÇALVES, 2006).

A prática de reuso potável direto para abastecimento público foi instituída nos Estados Unidos, na África do Sul, Austrália, Bélgica, Namíbia e Singapura, sem que tenham sido encontrados problemas de saúde pública associados. A existência de precedentes bem-sucedidos, a visão de segurança adicional no abastecimento de água e a disponibilidade de água com alta qualidade são fatores positivos para a aceitação comunitária da prática de reuso

potável direto. No entanto, fatores negativos associados à percepção e aceitação pública podem, se não forem adotadas estratégias de comunicação e de educação comunitária, se caracterizar como elementos inibidores dessa prática.

No Brasil, o fator mais limitante, entretanto, se origina nos órgãos reguladores, que insistem em adotar posturas conservadoras, propondo normas irracionalmente restritivas, que apenas contribuem para impedir a prática de reuso de água em nosso país. Segundo Silva (2017), a falta de normas, de apoio governamental, de fiscalização, de controle, de preparo e manutenção do processo de tratamento de águas cinzas, podem colocar em risco a saúde do usuário, o que, combinado ao alto custo do tratamento para uso em fins potáveis, tornam essa prática pouco difundida no Brasil e, como consequência, o reuso de águas cinzas é recomendado apenas para fins não potáveis. No entanto, o reuso tido como uma opção de baixa atratividade até pouco tempo, é atualmente uma alternativa importante, observando-se distinção cada vez menor entre técnicas de tratamento de água e técnicas de tratamento de esgotos. De fato, o tratamento de água deve ser visto como um meio de purificar a água de qualquer impureza para um padrão de qualidade que seja adequado ao uso demandado. Neste aspecto, tornam-se imprescindíveis as pesquisas voltadas à normatização brasileira para o reuso de águas cinzas em padrões de qualidade seguros do ponto de vista de saúde pública e ambiental, com possibilidade de participar de projetos que visam o atendimento dos objetivos da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável.

Quadro 1 – Normas internacionais e parâmetros de qualidade para águas de reuso em descarga sanitária.

	Tratamento	PARÂMETROS							
		pH	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	Turbidez (NTU)	Coli. Total (ufc/100mL)	Coli. Fecal (ufc/100mL)	Cloro livre Cl ₂	Cloro residual (mg/L)
1 EPA (uso urbano irrestrito)	Arizona Secundário, Filtração e Desinfecção	-	-	-	2 (méd) 5 (máx)	-	ND (méd) 23 (Máx)	-	-
	Califónia Oxidação, Coagulação, Filtração e Desinfecção	-	-	-	2 (méd) 5 (máx)	2,2 (méd) 23 (Máx)	-	-	-
	Flórida Secundário, Filtração e Alto nível de Desinfecção	-	20	5	-	-	ND (75%) 25 (Máx)	-	-
	Hawaii Oxidação, Filtração e Desinfecção	-	-	-	2 (máx)	-	2,2 (méd) 23 (Máx)	-	-
	Nevada Secundário, Desinfecção	-	30	-	-	-	2,2 (méd) 23 (Máx)	-	-
	Texas	-	5	-	3	-	20 (méd) 75 (Máx)	-	-
	Washington Oxidação, Coagulação, Filtração e Desinfecção	-	30	30	2 (méd) 5 (máx)	2,2 (méd) 23 (Máx)	-	-	-
	2 Austrália	Desinfecção	-	< 10 (90%) 20 (máx)	< 10 (90%) 20 (máx)	-	<1	<10 (90%) 30 (Máx)	0,5-2,0 (90%) 2,0 (máx)
3 South Australia	Secundário, filtração terciária e desinfecção	-	< 20	< 10	2 (méd) 5 (máx)	< 10	-	-	-
4 Alemanha - guideline		6 - 9	20	30	1 - 2	500	100	-	-
4 WHO		-	-	-	-	1000 (m) 200 (g)	-	-	-
5 Japão		6 - 9	10	-	5	10	10	-	-
6 Padrões Canadenses propostos		-	30	30	5	200	200	-	> 1
1 - EPA (2004)		5 - Citado em: LAZAROVA (2003)							
2- NSW health, 2005		6 - CMHC (2004)							
3 - Citado em: KAYAALP (1996)		m - mandatory							
4 - Citado em: JEFFERSON (1999).		g - guideline							

Fonte: Gonçalves (2006).

A grande vantagem da utilização da água de reuso é a de preservar a água potável, reservando-a exclusivamente para o atendimento dos usos que exijam padrões de potabilidade. Além disso, pode reduzir a demanda de captação de água dos mananciais e a descarga de águas cinzas na rede de esgoto, com conseqüente redução nos custos de tratamento para lançamento em águas superficiais. O reuso de água cinza é possível, desde que seja projetado de forma adequada, não permitindo que a água de reuso seja misturada com a água tratada e não permitir o reuso direto na preparação de alimentos e higiene pessoal. O reuso de água cinza em nível doméstico, se justifica pela redução do consumo de água tratada fornecida pelo sistema de abastecimento público, mas a qualidade da água após tratamento pode limitar o uso pretendido. Neste sentido, a qualidade necessária para atender os usos previstos deve ser rigorosamente avaliada, para garantir a segurança. Para isso é preciso que os projetos de reuso de águas cinzas sejam planejados de forma que evitem a

mistura de águas negras. A literatura aponta que o esgoto doméstico é constituído em média por 40% de águas negras e 60% de águas cinzas, que devem ser tratados separadamente.

No Brasil o reuso de águas cinzas ainda é muito incipiente, podendo ser citado o exemplo, o programa de reuso de águas provenientes de estações de tratamento de esgotos (ETEs), desenvolvido pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo – SABESP. Neste programa são aproveitados cerca de 780 mil metros cúbicos de água por mês, volume suficiente para abastecer toda a população de um município como Taubaté, cuja população é de aproximadamente 230.000 habitantes (FERNANDES, 2006). Outro exemplo é o da indústria Coats Correntes, que em 1997, foi uma das primeiras a fazer reuso de águas, aplicando no tingimento das linhas, com uma economia de cerca de 70 mil litros de água por hora. Também algumas prefeituras da região metropolitana de São Paulo se utilizam desta fonte alternativa de água de reuso para fins não potáveis como limpeza de ruas, pátios, irrigação de áreas verdes, desobstrução de rede de esgoto e limpeza de veículos.

Quanto ao uso de águas cinzas em edifícios residenciais existem projetos descentralizados em condomínios, onde as águas cinzas são coletadas em tubulações separadas e são conduzidas para pequenas estações de tratamento para depuração e desinfecção antes de retornarem para o sistema de distribuição não potável, para uso em descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins entre outros. No entanto, devido a inexistência de uma legislação brasileira específica sobre os padrões de reuso para águas não potáveis, os projetos acabam utilizando os padrões para as águas potáveis, o que aumenta muito os custos de implantação e manutenção destes sistemas e torna os investimentos pouco atrativos, sendo aplicado por usuários que têm consciência ambiental e que buscam preservar os recursos naturais.

3.3 LEGISLAÇÃO PARA REUSO DE ÁGUAS NO BRASIL

A Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, em seu capítulo II, artigo 20, inciso 1, afirma, entre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, a necessidade de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Uma alternativa para garantir a disponibilidade de água às gerações futuras é adotar processos de reuso de águas cinzas. Por outro lado, o reuso direto de águas cinzas não é recomendável, considerando que estudos realizados no Brasil e no exterior indicaram que esse efluente contém elevados teores de matéria orgânica,

sulfato, além de turbidez e de moderada concentração de coliformes fecais, além da possibilidade de causar odor desagradável nas instalações sanitárias (GONÇALVES, 2006).

No Brasil, até o momento, o reuso de águas é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, por meio da norma NBR 13.969/97 – Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. A NBR 13.969/1997 classifica a água de reuso em classes, estabelecendo padrões de qualidade para cada destinação, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Classes de água de reuso e seus respectivos parâmetros de qualidade de acordo com os reusos previstos

Classe	Uso previsto	Parâmetros de qualidade de reuso	
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes. Nível de tratamento sugerido: tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou lodo ativado por batelada – LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e cloração.	Turbidez (UT)	< 5
		Coliformes fecais (NMP 100 mL ⁻¹)	< 200
		Sólidos Dissolvidos Totais (mg L ⁻¹)	< 200
		pH	6 a 8
		Cloro residual (mg L ⁻¹)	0,5 a 1,5
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes. Nível de tratamento sugerido: tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração de areia e desinfecção	Turbidez (UT)	< 5
		Coliformes fecais (NMP 100 mL ⁻¹)	< 500
		Cloro residual (mg L ⁻¹)	> 0,5
Classe 3	Reuso em descargas de bacias sanitárias - normalmente efluentes de enxague de lavadoras de roupas satisfazem aos padrões, sendo necessária apenas a cloração. Nível de tratamento sugerido: tratamento aeróbio seguido por filtração e desinfecção.	Turbidez (UT)	< 10
		Coliformes fecais (NMP 100 mL ⁻¹)	< 500
Classe 4	Reuso nos pomares cereais, forragens, pastos para gados e outros cultivos, por meio de escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita	Coliformes fecais (NMP 100 mL ⁻¹)	< 5000
		Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	> 2,0

Fonte: Adaptado de NBR 13.969 (1997).

Esta norma aborda os graus de tratamento necessários para a água de reuso e estabelece que “nos casos simples de reuso, menos exigente, por exemplo, descarga dos vasos sanitários, pode-se prever o uso da água de enxague das máquinas de lavar, apenas desinfetando, reservando aquelas águas e recirculando o vaso”. O item 5.6 desta norma refere-se ao “reuso local”, indicando as diretrizes para o planejamento do sistema de reuso, usos previstos para o esgoto tratado, instruções para o levantamento do volume de esgoto a ser reutilizado e parâmetros a respeito do grau de tratamento necessário para cada uso específico, além de orientações para o sistema de reservação e distribuição e para operação e treinamento dos responsáveis pelo sistema de reuso.

Além desta norma, a FIESP, em parceria com o Sindicato da Indústria da Construção Civil – SINDUSCON e com a Agência Nacional de Águas – ANA, editou o manual de conservação e reuso de água em edificações (SAUTCHUK et al., 2005). Este manual também estabeleceu padrões de qualidade para as diferentes classes de água de reuso para fins não-potáveis, em função das diferentes atividades a serem realizadas nas edificações, apresentadas a seguir.

Água de Reuso Classe 1: os reusos das águas desta classe são, basicamente, os seguintes: descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais, como chafarizes, espelhos de água entre outros, lavagem de roupas e de veículos. Os parâmetros de qualidade para água de reuso de classe 1 são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros de qualidade para água de reuso Classe 1

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais ¹ (NMP 100 mL ⁻¹)	Não detectáveis
pH	6,0 – 9,0
Cor (UH)	≤ 10
Turbidez (UT)	≤ 2
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	≤ 1
DBO ² (mg L ⁻¹)	≤ 10
Compostos Orgânicos Voláteis ³	Ausentes
Nitrato (mg L ⁻¹)	≤ 10
Nitrogênio amoniacal (mg L ⁻¹)	≤ 20
Nitrito (mg L ⁻¹)	≤ 1
Fósforo total ⁴	≤ 0,1
Sólidos Suspensos Totais (SST – mg L ⁻¹)	≤ 5
Sólidos Dissolvidos Totais ⁵ (SDT – mg L ⁻¹)	≤ 500

¹Esse parâmetro é prioritário para os usos considerados; ²O controle da carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microrganismos e cheiro desagradável em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição. ³O controle deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes. ⁴O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, tanques, etc. ⁵Valor recomendado para lavagem de roupas e veículos.

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

Água de Reuso Classe 2: os usos preponderantes da água de reuso dessa classe são associados às fases de construção da edificação como lavagem de agregados e preparação de concreto. Os parâmetros de qualidade para água de reuso classe 2 são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros de qualidade para água de reuso classe 2

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais (NMP 100 mL ⁻¹)	≤ 1000 mL ⁻¹
pH	6,0 – 9,0
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	≤ 1
DBO ² (mg L ⁻¹)	≤ 30
Compostos Orgânicos Voláteis ³	Ausentes
Sólidos Suspensos Totais (mg L ⁻¹)	30

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

Água de Reuso Classe 3: os reusos das águas dessa classe são: na irrigação de áreas verdes e rega de jardins. Os parâmetros de qualidade para água de reuso classe 3 são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros de qualidade para água de reuso classe 3

Parâmetros	Concentrações	
pH	6,0 – 9,0	
Salinidade	0,7 < EC (dSm ⁻¹) < 3,0 450 < SDT (mgL ⁻¹) < 1500	
Toxicidade por íons específicos	Para irrigação superficial	Sódio (SAR) 3 a 9 Cloreto (mg L ⁻¹) < 350
	Para irrigação com aspersores	Cloro residual (mg L ⁻¹) ≤ 1,0 Sódio (SAR) ≥ 3,0 Cloreto (mg L ⁻¹) < 100 Cloro residual (mg L ⁻¹) < 1,0
		Irrigação de culturas alimentícias Rega de jardim e similares
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	5 a 30	
DBO ² (mg L ⁻¹)	< 20	
Sólidos Suspensos Totais (mg L ⁻¹)	< 20	
Turbidez (UT)	< 5	
Cor aparente (UH)	< 30	
Coliformes fecais ¹ (NMP 100 mL ⁻¹)	≤ 200	

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

Água de Reuso Classe 4: o uso preponderante para esta classe é no resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento), cujos parâmetros de qualidade são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetros de qualidade para água de reuso classe 4

Parâmetros*	Sem recirculação	Com recirculação
Sílica	50	50
Alumínio	SR	0,1
Ferro	SR	0,5
Manganês	SR	0,5
Amônia	SR	1,0
Sólidos Dissolvidos Totais	1000	500
Cloretos	600	500
Dureza	850	650
Alcalinidade	500	350
Sólidos Suspensos Totais	5000	100
pH	5,0 – 8,3	6,8 – 7,2
Coliformes totais (NMP 100 mL ⁻¹)	SR	2,2
Bicarbonato	600	24
Sulfato	680	200
Fósforo	SR	1,0
Cálcio	200	50
Magnésio	SR	30
Oxigênio Dissolvido	Presente	SR
Demanda Química de Oxigênio	75	75

*Unidade de referência: mg L⁻¹, a menos que indicado; SR: sem recomendação.

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

A Tabela 9 apresenta um comparativo entre os parâmetros recomendados pelo manual da ANA/FIESP/SINDUSCON (2005) e as concentrações estabelecidas pela NBR 13.969/97 para águas de reuso em descargas de bacias sanitárias.

Tabela 9 – Padrões de qualidade de água de reuso em descargas, estabelecidos pela NBR 13969/97 e pelo manual da ANA/FIESP/SINDUSCON (2005)

Parâmetros	ANA/FIESP/SINDUSCON	NBR 13.969/97
Coliformes fecais ¹ (NMP 100 mL ⁻¹)	Não detectáveis	< 500
pH	6,0 – 9,0	-
Cor (UH)	≤ 10	-
Turbidez (UT)	≤ 2	<10
Odor e aparência	Não desagradáveis	-
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	≤ 1	-
DBO ² (mg L ⁻¹)	≤ 10	-
Compostos Orgânicos Voláteis ³	Ausentes	-
Nitrato (mg L ⁻¹)	≤ 10	-
Nitrogênio amoniacal (mg L ⁻¹)	≤ 20	-
Nitrito (mg L ⁻¹)	≤ 1	-
Fósforo total ⁴	≤ 0,1	-
Sólidos Suspensos Totais (SST – mg L ⁻¹)	≤ 5	-
Sólidos Dissolvidos Totais ⁵ (SDT – mg L ⁻¹)	≤ 500	-

Fonte: ANA/FIESP/SINDUSCON - Sautchuk et al., (2005) e ABNT (1997).

Como pode ser observado na tabela 8, o manual da ANA/FIESP/SINDUSCON (SAUTCHUK et al., 2005), contempla maior número de parâmetros que a norma NBR

13.969/97, além de propor possíveis tratamentos a serem implantados, de acordo com as fontes alternativas de águas (pluviais e residuárias) em uma edificação, apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Sistemas de tratamentos recomendados em função dos potenciais usos e fontes alternativas de águas (pluviais e residuárias)

Potenciais usos	Fontes alternativas de água			
	Pluvial	Drenagem	Lavadora de roupas	Lavatório e chuveiro
Lavagem de roupas	A + B + F + G	C ou D + F	(D ou E) + B + F + G	(D ou E) + B + F + G
Descargas em bacias sanitárias				
Limpeza de pisos		C + F + G		
Irrigação, rega de jardins		C ou D + F + G		
Lavagem de veículos				
Uso ornamental – chafariz				
Tratamentos convencionais: A = sistema físico: gradeamento; B = sistema físico: sedimentação e filtração simples por meio de decantador e filtro de areia; C = sistema físico: filtração por meio 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: Adaptado de Sautchuk et al. (2005).

Tecnologias mais recentes têm sido propostas para tratamentos de águas residuárias, inclusive existem modelos comerciais, que facilitam o processo de instalação, tratamento, operação e manutenção do sistema. No tratamento de águas cinzas provenientes de condomínios, pode ser utilizada uma estação de tratamento de água – ETA de reuso compacta.

A ETA compacta pode ser implantada em hotéis e condomínios, visando o tratamento de águas cinzas originadas de chuveiro, pias de banheiro e lavagens de piso. Este tratamento, além de ajudar a preservar o meio ambiente, poderá reduzir significativamente os custos com água destes empreendimentos. A água de reuso é ideal para descargas de banheiros, jardinagem, lavagem de carros, pisos e outros fins, que não sejam para consumo humano e animal.

De acordo com o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo – SINDUSCON-SP (2005), algumas recomendações devem ser seguidas para atingir os padrões de qualidade, considerando o uso preponderante. A seguir são apresentadas as características básicas da água de acordo com seu uso.

1. Uso de águas cinzas para rega de jardim e lavagem de pisos:

- Não deve apresentar odores desagradáveis;
- Não deve conter componentes que agridam as plantas ou estimule o crescimento de pragas;
- Não deve ser abrasiva;
- Não deve manchar superfícies;

- Não deve apresentar risco de infecções 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 os 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.

3.4 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS

Ao projetar um sistema de reuso de águas cinzas, é necessário conhecer os hábitos e necessidades da família que o utilizará. Por exemplo, urinar durante o banho, descaracteriza a água do chuveiro como água cinza. Segundo Rampelotto (2014), nestes projetos deve-se sempre pensar na preservação da saúde dos usuários e do meio ambiente, atender aos padrões de qualidade, impostos para cada finalidade de uso e conhecer a oferta e demanda da residência.

Para o dimensionamento de sistemas de reuso de águas cinzas, é indispensável o conhecimento da distribuição do consumo, que pode variar com o clima da região, renda familiar, tipologia da edificação e características culturais. Estudos realizados no Brasil

indicam que o maior consumo de água de uma residência corresponde aos chuveiros e descargas de bacias sanitárias (Tabela 10).

Tabela 10 – Estimativa de consumo de água potável residencial no Brasil.

Consumo residencial de água potável	Porcentagem de consumo		
	USP ¹	IPT/PNCDA ²	DECA ³
Vaso sanitário	29	5	14,0
Chuveiro	28	54	46,7
Lavatório	6	7	11,7
Pia de cozinha	17	17	14,6
Tanque	6	10	4,9
Lavadora de roupas	5	4	8,1
Lavadora de louças	9	3	-
Total	100	100	100

Fonte: ¹Universidade de São Paulo – USP. Programa de uso racional da água – PURA. 1999. ²Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Programa Nacional de Combate ao desperdício da água – PNCDA. Caracterização e monitoramento do consumo predial de água. ³DECA. Uso racional de água.

Fonte: May (2009).

De acordo com May (2009), um sistema de reuso de águas cinzas, completo e adequado deve ser constituído pelos seguintes componentes:

Coletores: Tubulação instalada para transportar as águas cinzas até o reservatório.

Armazenamento: Reservatório que deve ser dimensionado com base na oferta de águas cinzas e demanda de água de reuso. Estudos indicam que os volumes gerados e utilizados diariamente são equivalentes, porém a oferta ocorre em um curto espaço de tempo enquanto o uso é mais distribuído ao longo do dia.

Tratamento: Varia de acordo com as características do efluente armazenado e a qualidade desejada de acordo com a finalidade.

Distribuidores: Tubulação instalada para transportar a água tratada aos pontos de uso.

Sistemas de sinalização e informação: Indica toda a aparelhagem do sistema de reuso para assegurar que não haja utilização inadequada.

Controle de nível: Caso a água de reuso não supra a demanda, deve-se recorrer a água potável automaticamente.

Tubo de ventilação: Como em projetos convencionais de esgoto, deve-se apresentar ventilação.

O tratamento varia de acordo com a qualidade da água armazenada e do uso previsto. Segundo Rampelotto (2014) existem diversas etapas que podem existir ou não dependendo do sistema de reuso, descritas a seguir.

Tratamento prévio ou preliminar: é aplicado na separação dos materiais sólidos do efluente por meio de grades, areia, etc.

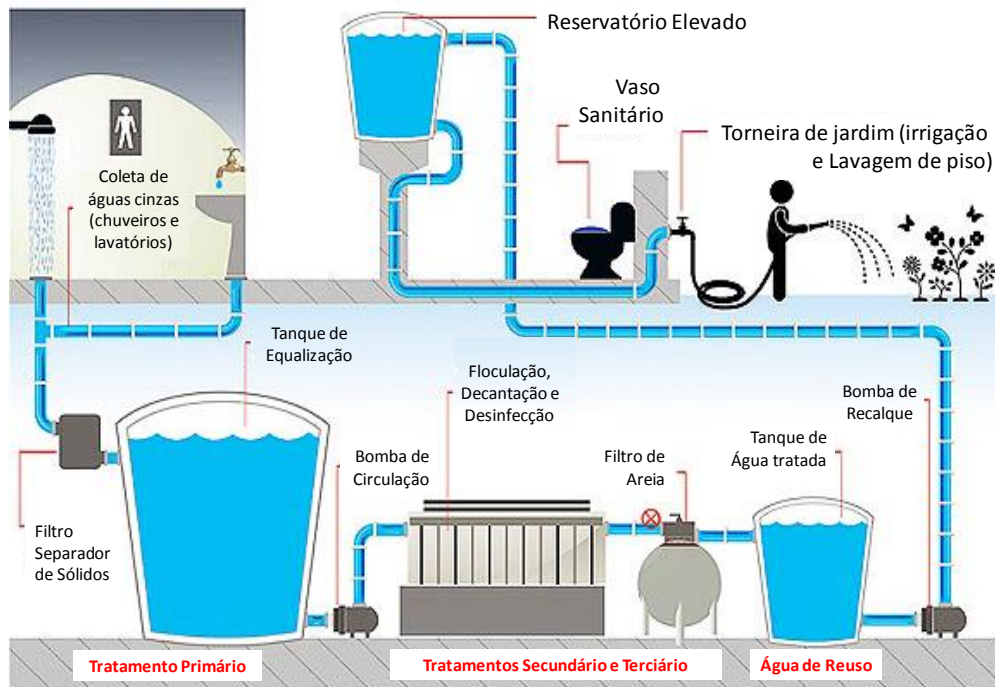
Tratamento primário: utilizado para separar os materiais sólidos de menor granulometria por meio de tanques de sedimentação ou clarificadores.

Tratamento secundário ou biológico: necessário para a degradação da matéria orgânica, que pode ser aeróbio, em que bactérias aeróbias presentes em lodos ativados, por exemplo, decompõem a matéria orgânica; ou anaeróbio, no qual bactérias anaeróbias realizam a biodegradação.

Tratamento terciário: utilizado para remover o restante da matéria orgânica, denominado de tratamento complementar, em que os sólidos inorgânicos dissolvidos, nutrientes e patógenos são eliminados. Três processos distintos podem ser aplicados, como a remoção do nitrogênio, realizada por bactérias anaeróbias; remoção do fósforo, que pode ser feita quimicamente com indução de sais de ferro ou alumínio e, ainda, desinfecção, realizada por processos físicos ou químicos (cloração) para eliminar espécies de organismos presentes no efluente.

A Figura 2 apresenta um sistema de captação de águas cinzas geradas por chuveiros e lavatórios e reuso após tratamento em descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardim e lavagem de piso.

Figura 2 – Sistema de reuso de águas cinzas de chuveiros e lavatórios em irrigação de jardins e lavagem de piso.



Fonte: Adaptado de Ecoracional (2014).

Como pode ser observado na Figura 2, considerando o grau de tratamento desejado para atender as necessidades do projeto, que são o uso nas caixas das bacias sanitárias, irrigação do jardim e lavagem de pisos, os tratamentos primário e secundário são suficientes.

As águas cinzas geralmente apresentam sólidos grosseiros, como cabelos, felpas de tecidos e, caso as águas residuárias da pia da cozinha façam parte do sistema, também contará com restos de alimentos, necessitando do tratamento primário. Segundo Gonçalves (2006), um sistema de reuso de águas cinzas bem planejado e executado deve conter um pré-filtro para remover os materiais grosseiros, uma peneira que possa remover sabão, gordura corporal e partículas menores e um filtro fino para retenção de material sedimentável. O Quadro 3 apresenta alguns exemplos de tratamentos aplicados ao reuso de águas cinzas em diferentes países.

Quadro 3 – Exemplos de tratamentos aplicados ao reuso de águas cinzas em diferentes países.

Local Uso	Nível de tratamento			Qualidade do efluente	Referência
	Primário	Secundário	Terciário		
Austrália	Grade grosseira + filtro	Lodos ativados (tanque de aeração + clarificador)	Desinfecção com cloro		Neal (1996)
Suécia	Filtro de pedras	Sistema de 3 lagoas em série + filtro de areia	Desinfecção nas lagoas	DBO ₅ = 0 N = 1,618 P = 0,02 CTer = 172	Günther (2000)
Alemanha	Decantação	Biodisco / 4 estágios	UV – 250±400 J.m ²	DBO ₅ = 5 SF = 0,03	Nolde (1999)
	Decantação	Leito fluidizado	UV – 250±400 J.m ²	DBO ₅ = 5 SF = 0,03	Nolde (1999)
Inglaterra	Filtração simples ou dupla		Cloração	DBO ₅ > 50 CTer = 0	Jefferson et al. (1999)
	Grade + filtro duplo / areia	Membrana		DBO ₅ = 4,7 DQO = 35,7 Turb = 0,34 CTer = 0	Jefferson et al. (1999)
	Grade	Membrana		DBO ₅ < 19 DQO = 112 Turb < 1 CTer = ND	Jefferson et al. (1999)
	Grade	Lodo ativado com membrana (MBR)		DBO ₅ = 1,1 DQO = 9,6 Turb = 0,32 CTer = ND	Jefferson et al. (1999)
	Grade	Biofiltro aerado submersos		DBO ₅ = 4,3 DQO = 15,1 Turb = 3,2 CTer = 2x10 ⁴	Jefferson et al. (1999)
Brasil / Predial	Peneira	Reator anaeróbio compartimentado + filtro biológico aerado submerso + filtro de areia	Cloração com pastilhas de hipoclorito de sódio	SS = 1 DBO ₅ = 5 Turb = 2 CTer = 0	Bazzarella e Gonçalves (2005)
Brasil / Residencial	Grade fina	Filtro aeróbio com leito de brita	Cloração com pastilhas de hipoclorito de sódio	SS = 9 DBO ₅ = 6 Turb = 14	Peters (2006)

Fonte: Gonçalves (2006).

Como pode ser observado no Quadro 3, as tecnologias aplicadas no tratamento de águas cinzas incluem sistemas físicos, químicos e biológicos, sendo a maior parte, precedida pelo passo de separação do sólido e líquido, como pré-tratamento, seguida de desinfecção, como pós-tratamento.

Diante dos resultados obtidos na revisão de literatura, verifica-se que a prática de reuso de águas cinzas representa uma medida importante para a redução do consumo de água potável e constitui um uso racional da água, resultando em preservação ambiental.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Com base na fundamentação teórico científica obtida na revisão bibliográfica foi desenvolvido o projeto de reuso de águas cinzas, visando o atendimento de uma residência unifamiliar com três pessoas, localizada no município de Guaratinguetá (SP), buscando a utilização de técnicas construtivas e de tratamento adequadas ao objetivo proposto, que é o reuso em atividades que não exijam qualidade de água potável. Para isso, foram analisados os diferentes sistemas de reuso e tratamento de águas cinzas e avaliadas as vantagens e desvantagens, para a seleção do sistema mais viável e eficiente para o projeto proposto.

Os equipamentos e materiais utilizados no projeto foram selecionados, considerando a maior disponibilidade no mercado e o menor custo. Os custos com equipamentos, instalações e manutenção do sistema de reuso de águas foram orçados e o período de retorno do investimento foi calculado.

Para projetar o sistema de reuso de água cinza de forma eficiente, inicialmente foi necessária a separação da água cinza da água negra por meio de tubulações independentes, captação das águas cinzas, tratamento e reservação da água de reuso. Também foram avaliados diferentes tipos de filtros disponíveis no mercado, visando identificar os que melhor poderiam atender aos padrões de qualidade da água de reuso para fins não potáveis de classe 1, estabelecidos pela norma NBR 13.969/97 e pelo manual da ANA/FIESP/SINDUSCON (SAUTCHUK et al., .2005).

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O projeto de reuso de águas cinzas será implantado em uma residência unifamiliar, localizada no município de Guaratinguetá, no estado de São Paulo, na região do Vale do Paraíba, entre as Serras da Mantiqueira e do Mar, margeando o Rio do Paraíba do Sul, sobre o bioma da Mata Atlântica, com uma área de aproximadamente 752,6 km² e que, segundo os dados do IBGE (2019), conta com cerca de 121.798 habitantes.

A residência unifamiliar sustentável, será construída no bairro Village Mantiqueira e contará com estrutura em light steel frame, telhado verde, energia fotovoltaica e captação de águas pluviais, que complementarão o sistema proposto para reuso de águas cinzas. A área total do terreno é de 465,33 m²; com 196,23 m² de área construída e 269,10 m² de área livre permeável, sendo de 42%, a taxa de ocupação do terreno (Figura 3).

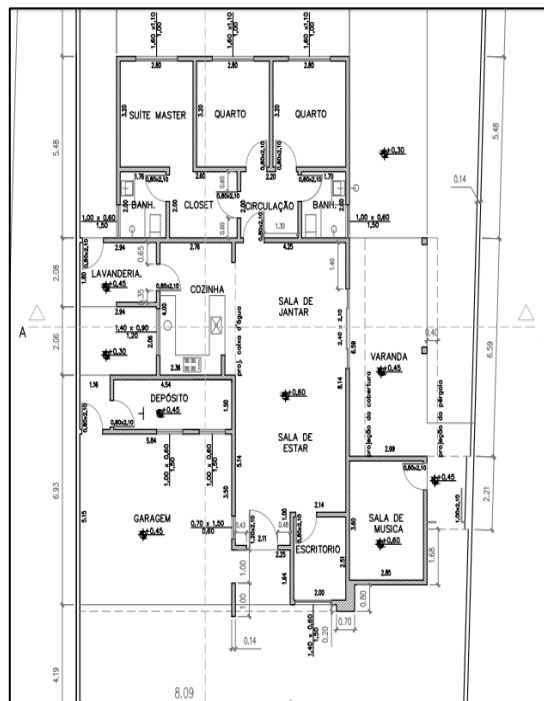
Figura 3 – Terreno no município de Guaratinguetá (SP), onde será construída a residência unifamiliar, com sistema de reuso de águas cinzas.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2019).

A residência térrea constará de três quartos, dois banheiros, closet, salas de estar e jantar integradas com a cozinha, área de serviço, escritório, depósito, varanda e espaço para jardim, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Projeto da residência unifamiliar sustentável, com 196,23 m² de área construída



Fonte: Autor (2019).

4.2 CONSUMO DE ÁGUA DA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

A primeira etapa para o dimensionamento do projeto foi a estimativa do consumo de água da residência pelos três usuários, considerando que serão utilizados equipamentos economizadores de água em todo o sistema hidrossanitário, apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Equipamentos economizadores de água.

Equipamento Convencional	Consumo	Equipamento Economizador	Consumo	Economia
Bacia com caixa acoplada	12 L descarga ⁻¹	Bacia VDR	6 L descarga ⁻¹	50%
Torneira de pia – até 6 mca	0,23 L s ⁻¹	Arejador vazão (6 L min ⁻¹)	0,10 L s ⁻¹	57%
Torneira de uso geral/tanque – até 6 mca	0,26 L s ⁻¹	Restritor de vazão	0,10 L s ⁻¹	62%

mca: metros de coluna d'água; VDR: volume de descarga reduzido.

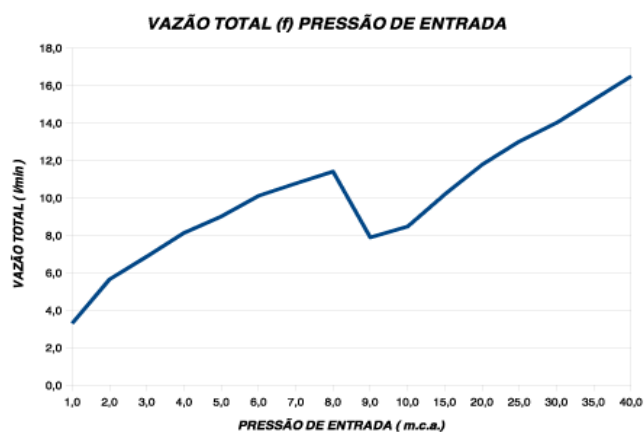
Fonte: SABESP (1996).

As bacias sanitárias com caixa acoplada contarão com um sistema ainda mais moderno que não consta nesta listagem da Sabesp, denominadas de descarga com duplo acionamento, que consomem 6 litros de água por descarga para resíduos sólidos e 3 litros por descarga para resíduos líquidos. Para este projeto foram considerados 2 acionamentos diários de 6 litros e 6 acionamentos diários de 3 litros.

A lavadora de roupas a ser instalada nesta residência tem capacidade de 10 kg, cujo manual informa lavagem de 4 ciclos e consumo de 116 litros por ciclo e, neste caso, foram consideradas 3 lavagens de roupa por semana.

Os chuveiros projetados são da marca Lorenzetti (Figura 5) e, considerando uma média de 5 minutos por banho e 3 m.c.a., foi obtida a vazão de, aproximadamente, 7 L min⁻¹.

Figura 5 – Curva Vazão total (L min⁻¹) x Pressão de entrada (m.c.a.) dos chuveiros.

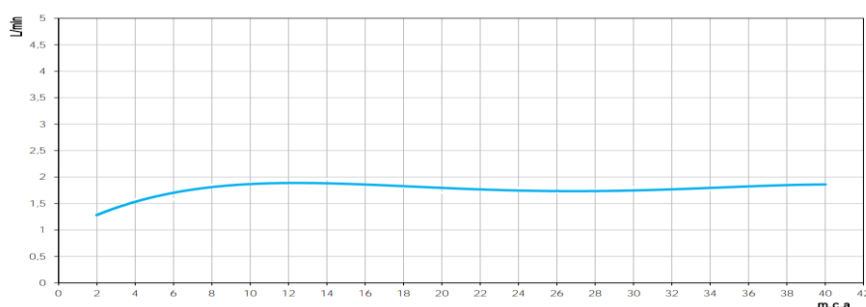


Acima de 8,0 m.c.a. foi utilizado redutor de pressão

Fonte: Lorenzetti (2019).

As torneiras dos lavatórios contarão com arejador STD M24 Spray, da marca Docol, que diminui a vazão para 1,5 litros por minuto para uma pressão de 3 m.c.a. (Figura 6), sendo considerado um tempo de uso de 2 minutos pessoa⁻¹ dia⁻¹.

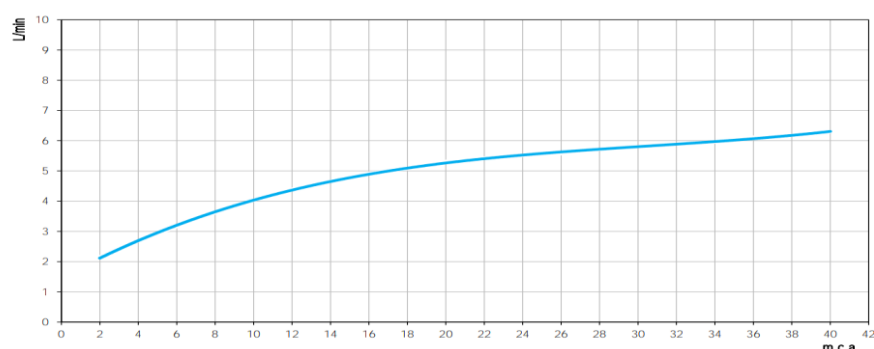
Figura 6 – Curva vazão total (L min⁻¹) x Pressão de entrada (m.c.a.) da torneira com arejador



Fonte: Docol (2019).

A residência contará com uma torneira para lavagem de louça e outra para lavagem de frutas e hortaliças. Estima-se que a família consuma cerca de 3 minutos pessoa⁻¹ dia⁻¹ para lavagem de louça e o mesmo tempo para lavagem de alimentos. As torneiras da cozinha contarão com o arejador TJ - 5 LPM da marca Docol, que diminui a vazão para 2,5 L min⁻¹ para uma pressão de 3 m.c.a., como pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 – Curva vazão total (L min⁻¹) x Pressão de entrada (m.c.a.) da torneira para lavagem de frutas e hortaliças com arejador



Fonte: Docol (2019).

Segundo Tomaz (2007), o jardim consome 2 L de água dia⁻¹ m⁻². No presente projeto, serão cerca de 200 m² de área irrigável, sendo indicado o uso de mangueira de esguicho-revolver, cujo consumo é 50% menor que as mangueiras comuns. Portanto, o consumo diário de água do jardim será de 200 litros.

4.3 ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS E DEMANDA DE REUSO

As águas cinzas desta residência unifamiliar serão geradas por dois lavatórios, dois chuveiros, uma pia de lavagem de frutas e hortaliças e uma lavadora de roupas. A água de reuso abastecerá as caixas das bacias sanitárias e poderá ser utilizada na rega do jardim e lavagem de carro e pisos, devendo atender aos padrões de qualidade estabelecidos para água de reuso de classe 1 pela norma NBR 13.969/97 e pelo manual da ANA/FIESP/SINDUSCON (SAUTCHUK et al., .2005).

A pia da cozinha, destinada a lavagem de louça, foi desconsiderada no dimensionamento por ser considerada água negra, por diversas literaturas, tornando o tratamento mais complexo. Além disso, o uso do arejador diminui drasticamente a vazão, acarretando em uma oferta irrisória desta fonte.

4.4 TARIFA DE ÁGUA EM GUARATINGUETÁ (SP)

A tarifa de água cobrada pelo Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá – SAEG, é dividida em 6 categorias:

I – Categoria social ou popular (residência social, instituto assistencial, entidade religiosa, ponto de carroça e ponto de taxi);

II – Categoria residencial;

III – Categoria comercial e pública;

IV – Categoria industrial;

V – Contrato demanda firme – Grande consumidor comercial;

VI – Contrato demanda firme – Grande consumidor industrial.

A residência unifamiliar com 3 usuários de água se enquadra na categoria II – categoria residencial, cujas tarifas são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 – Tarifas cobradas para a categoria II – residencial pelo SAEG.

Consumo (m ³)	Tarifa de Água (R\$)	Tarifa de Esgoto (R\$)
0 a 10	18,423 (mínimo)	14,738 (mínimo)
11 a 20	2,525 (acrécimo)	2,020 (acrécimo)
21 a 50	4,234 (acrécimo)	3,389 (acrécimo)
Acima de 50	6,932 (acrécimo)	5,546 (acrécimo)

Fonte: SAEG (2019).

Verifica-se na Tabela 11 que a tarifa cobrada pela água consumida possui um valor fixo para o consumo mensal de 0 a 10 m³, sendo o valor pago de R\$18,423. Para cada m³ excedente, na faixa de 11 a 20 m³, são adicionados R\$ 2,525 e, assim, sucessivamente, para os outros volumes. A tarifa de esgoto corresponde a 80% da tarifa de água.

4.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA E TRATAMENTO DAS ÁGUAS CINZAS

A primeira alteração realizada no projeto de esgoto convencional foi a separação das águas cinzas, sendo duplicada a tubulação para a separação das águas negras das bacias sanitárias, dos chuveiros e da pia de lavagem de louças da cozinha, dos demais pontos, além de um ramal específico, para a torneira de hortaliças e frutas, o que gerou um acréscimo de custo de R\$ 208,12. O dimensionamento dos aparelhos hidrossanitários foi realizado com base na norma NBR 8160/1999 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13 – Unidades Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i>
Bacia sanitária		6	100 ¹⁾
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 ²⁾	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 ³⁾
Máquina de lavar roupas		3	50 ³⁾

¹⁾ O diâmetro nominal *DN* mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para *DN 75*, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 6452:1985 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de *DN 75*, sem necessidade de peça especial de adaptação.

²⁾ Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: NBR 8160/1999 (1999).

Tabela 14 – Dimensionamento de ramais de esgoto.

Diâmetro nominal mínimo do tubo	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição
<i>DN</i>	<i>UHC</i>
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte: NBR 8160/1999 (1999).

Existem diversos tipos de tratamento e filtros disponíveis no mercado, que podem ser utilizados neste projeto. A seleção do tratamento adequado a este projeto de reuso de águas cinzas, levou em consideração o reuso da água nas caixas das bacias sanitárias, em rega de jardim e lavagem de pisos e automóveis.

De acordo com a norma NBR 13.969/97 águas de reuso destinadas a lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto do usuário, o tratamento sugerido é o aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB), seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e cloração. A água de reuso para lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, deve passar por tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração de areia e desinfecção. Para reuso em descargas de bacias sanitárias o tratamento aeróbio seguido por filtração e desinfecção é recomendado.

De acordo com o manual da ANA/FIESP/SINDUSCON (SAUTCHUK et al., .2005), para águas cinzas geradas em lavadoras de roupas, lavatórios e chuveiros, são necessários: tratamentos físico-químicos (coagulação, floculação, decantação ou flotação) ou tratamento biológico aeróbio (lodos ativados), além de tratamento físico (sedimentação e filtração simples por meio de decantador e filtro de areia), desinfecção e correção de pH.

Por outro lado, Gonçalves (2006), afirma que a aplicação da água de reuso em caixas das bacias sanitárias, em rega de jardim e lavagem de pisos e automóveis, não necessita de tratamento terciário, sendo que os tratamentos primário e secundário são suficientes.

Para atingir a qualidade desejada, inicialmente a água cinza passará por decantação em um reservatório inferior e, ao ser bombeada para o reservatório superior, passará por um filtro central, com membranas filtrantes, geralmente, compostas de quartzo de diferentes

granulometrias e carvão ativado. Posteriormente, a água será desinfetada por cloro antes da armazenagem no reservatório superior. A bomba será instalada de acordo com as condições de contorno da residência, que são volume de água e altura de elevação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados os resultados dos cálculos do consumo total de água diário e mensal, do volume de águas cinzas geradas, da demanda por água de reuso, o projeto do sistema de reuso de águas cinzas e o período de retorno do investimento no projeto de reuso de águas cinzas para uma residência unifamiliar com três usuários.

5.1 CONSUMO DE ÁGUA DA RESIDÊNCIA

No cálculo da quantidade de água consumida nas bacias sanitárias, foram considerados 6 acionamentos diários de 3 litros e 2 acionamentos diários de 6 litros por usuário, que resultou em um consumo de 30 litros de água por dia por usuário.

Para quantificar o volume de água utilizado na lavadora de roupas, foi considerada a lavagem de roupas em 3 dias da semana e o consumo de água em 4 ciclos da lavadora, sendo que cada ciclo consome 116 litros de água, o que resultou em um consumo de 1.392 litros de água por semana, ou seja, 5.568 litros por mês e $185,6 \text{ L dia}^{-1}$ que corresponde a 61,86 litros por usuário.

O consumo de água no banho foi calculado considerando a vazão do chuveiro, de 7 L min^{-1} e o tempo estimado de 5 minutos por banho, obtendo-se o consumo de 35 litros de água por dia por usuário. Utilizou-se o tempo médio por banho de 5 minutos partindo do pressuposto que, adotando-se um sistema de reuso para a residência, o indivíduo já possui preocupação quanto ao desperdício de água, tomando banhos curtos.

No caso do consumo de água em lavatório, foi considerado o fato de a residência utilizar arejador de vazão, que otimiza o consumo para $1,5 \text{ L min}^{-1}$ e um tempo médio de uso de 2 minutos por dia por usuário, obtendo-se um consumo de 3 litros de água por dia por usuário.

Considerando-se os arejadores nas torneiras da cozinha da pia de louça e da pia de lavagem de hortaliças e frutas, que otimizam o consumo para $2,5 \text{ L min}^{-1}$, e o tempo estimado de uso diário de 3 minutos para cada uma, tem-se um consumo de $7,5 \text{ L dia}^{-1} \text{ usuário}^{-1}$ por torneira.

O consumo de água do jardim é de $2 \text{ L dia}^{-1} \text{ m}^2$, considerando a área irrigável de, aproximadamente, 200 m^2 e o uso de uma mangueira de esguicho-revolver que reduz o consumo de água pela metade ($1 \text{ L dia}^{-1} \text{ m}^2$), o consumo diário de água para o jardim será de 200 litros, o que corresponde a um consumo de $66,67 \text{ L de água dia}^{-1} \text{ usuário}^{-1}$.

Para o cálculo do consumo total de água diário foram considerados os consumos de água nas bacias sanitárias; na lavadora de roupas; no chuveiro, no lavatório, na pia de cozinha de uso comum, na pia para lavagem de hortaliças e frutas e no jardim.

Os resultados obtidos para o consumo diário de água por usuário da residência unifamiliar, estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Consumo total diário de água da residência unifamiliar

Pontos de uso	Consumo (L dia ⁻¹ usuário ⁻¹)	Consumo (L dia ⁻¹ 3 usuários ⁻¹)
Bacia Sanitária	30,0	90,0
Lavadora de roupas	61,9	185,7
Chuveiro	35,0	105,0
Lavatório	3,0	9,0
Pia de cozinha de uso comum	7,5	22,5
Pia de lavagem de hortaliças e frutas	7,5	22,5
Jardim	66,7	200,0
Total	211,6	634,7

Fonte: Autor (2019).

O somatório do consumo de água diário da residência resultou em um consumo total diário de água de 211,6 litros por pessoa, sendo o consumo total mensal da residência para três usuários de 19.041 litros ou 19 m³ por mês.

5.2 GERAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS E DEMANDA DE ÁGUAS DE REUSO

Neste projeto, foram considerados os volumes de águas cinzas gerados diariamente pela lavadora de roupas, chuveiro, lavatório e pia de cozinha para lavagem de hortaliças e frutas, considerando o consumo por três usuários. A oferta diária de águas cinzas pela lavadora de roupas foi de 185,7 litros, pelo chuveiro foi de 105 litros, lavatório foi de 9 litros, pia de cozinha para lavagem de hortaliças e frutas 22,5 litros, que somados resultou em um volume de 322,2 litros diários e um volume total mensal de 9.666 litros ou 9,7 m³.

Para calcular a demanda de águas de reuso pela residência foram considerados os volumes de água consumidos diariamente nas bacias sanitárias (90 litros) e na rega de jardim

(200 litros), que somados resultou em uma demanda diária de 290 litros e uma demanda mensal de 8.700 litros ou $8,7 \text{ m}^3$ de água de reuso.

Considerando a oferta de 9.666 litros ou $9,7 \text{ m}^3$ de águas cinzas e a demanda de água de reuso pela residência de 8.700 litros ou $8,7 \text{ m}^3$ mensalmente, verificou-se um equilíbrio entre a oferta de águas cinzas e a demanda de água de reuso, com um excedente de $1,0 \text{ m}^3$ de águas de reuso, que pode ser utilizado para a lavagem de pisos e carros. Portanto, neste projeto, a água de reuso gerada mensalmente poderá ser 100% aproveitada.

5.3 TARIFA MENSAL DE ÁGUA

O consumo total de água fornecida pelo serviço de abastecimento público municipal da residência unifamiliar com três usuários, foi estimado em 19 m^3 , portanto, o custo mensal, considerando as tarifas cobradas pelo SAEG, no município de Guaratinguetá, será a cobrada pelo consumo de 0 a 10 m^3 de água, de R\$ 18,423 somada à tarifa referente aos 9 m^3 de água x R\$ 2,525 que resultam em mais R\$ 22,72, sendo a tarifa mensal de água de R\$ 41,14. Considerando que a tarifa de esgoto corresponde a 80% do valor da tarifa de água, estimou-se um valor de R\$ 32,91 mensais para serviço de esgotamento sanitário, que somado à tarifa de água de R\$ 41,14, totalizou R\$ 74,05.

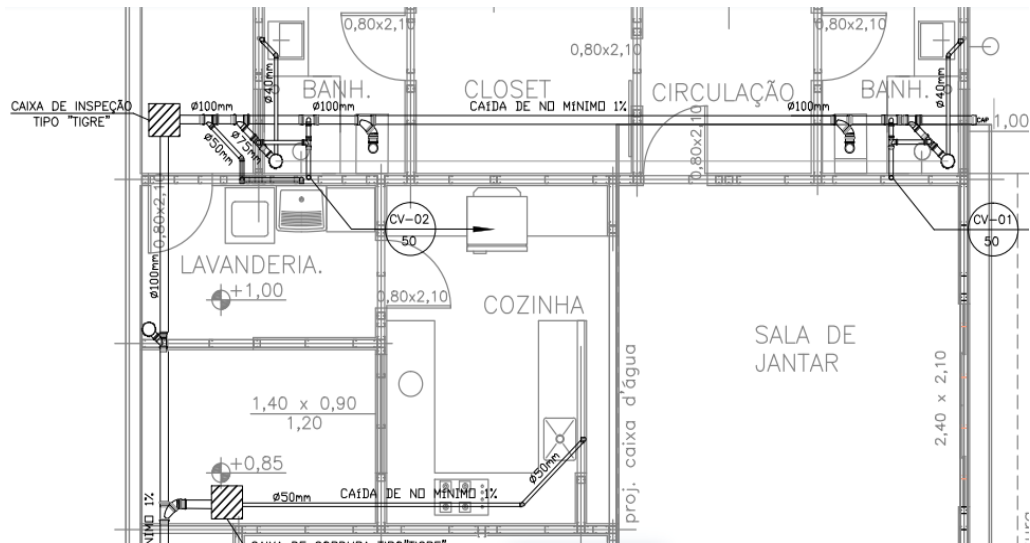
Com a implantação do sistema de reuso de águas cinzas, essa residência economizará $9,7 \text{ m}^3$ de água, o que reduzirá em 51% o volume de consumo mensal, que passará de 19 m^3 para $9,3 \text{ m}^3$ e, como consequência, a tarifa cobrada pelo SAEG será a mínima, ou seja, de R\$ 18,42 mensal, que somada a tarifa de esgoto, de R\$ 14,74, totalizou R\$ 33,16.

Essa redução nas tarifas de água e esgoto cobradas pelo SAEG, gerada pela implantação do sistema de reuso de águas cinzas, resultará em uma economia de R\$ 40,89 mensais e, ao final de um ano, a um montante de R\$ 490,68.

5.4 PROJETO DO SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS

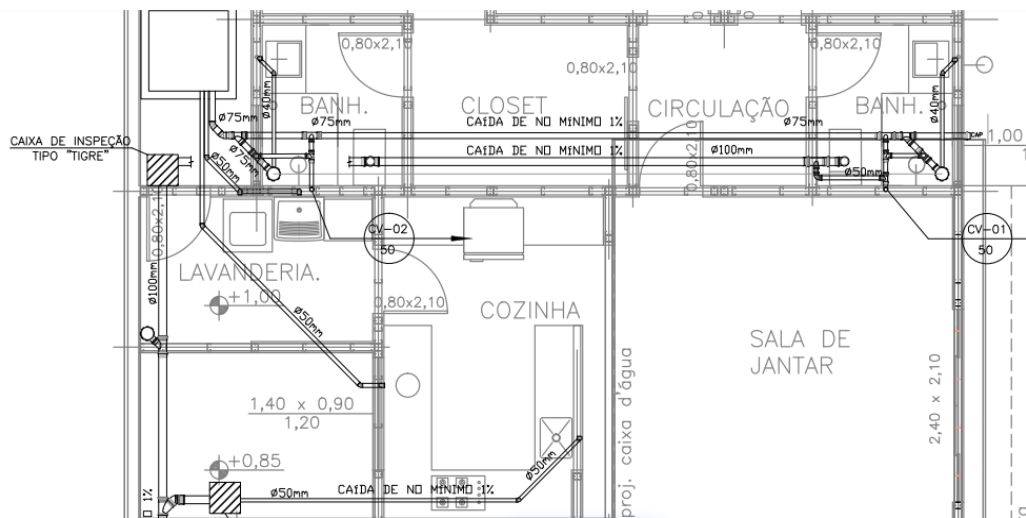
A partir do projeto hidrossanitário tradicional da residência unifamiliar em estudo (Figura 8), foi realizada a adaptação para o sistema de reuso de águas cinzas, que contou com a captação, o tratamento das águas cinzas, a armazenagem e distribuição das águas de reuso para fins não potáveis (Figura 9).

Figura 8 – Projeto hidrossanitário tradicional da residência unifamiliar



Fonte: Autor (2019).

Figura 9 – Projeto hidrossanitário da residência unifamiliar com sistema de reuso de águas



Fonte: Autor (2019).

A primeira alteração que foi feita no projeto de esgoto convencional foi a separação das águas cinzas, sendo duplicada a tubulação para separar as águas negras das bacias sanitárias dos demais pontos, além de um ramal específico para a torneira de hortaliças e frutas, gerando um acréscimo de custo de R\$ 208,12. O dimensionamento do sistema de reuso de águas cinzas foi realizado com base na norma NBR 8160/1999.

Na Tabela 16 são apresentados os materiais removidos do projeto hidrossanitário tradicional e na Tabela 17 os materiais utilizados no projeto hidrossanitário contendo o sistema de reuso de águas cinzas e seus respectivos valores de mercado.

Tabela 16 – Materiais removidos do projeto hidrossanitário tradicional e respectivos valores.

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Junção 75x100 mm	2	19,65	39,30
Tê Redução 100x50 mm	2	13,80	27,60
Luva 100 mm	5	3,92	19,60
CAP 100 mm	1	4,03	4,03
Junção 100x100 mm	2	11,90	23,80
Junção 50x100 mm	1	8,51	8,51
Anel de borracha 50 mm	3	1,09	3,27
Anel de borracha 75 mm	2	1,36	2,72
Anel de borracha 100 mm	22	1,44	31,68
Total			R\$ 160,51

Fonte: Autor (2019).

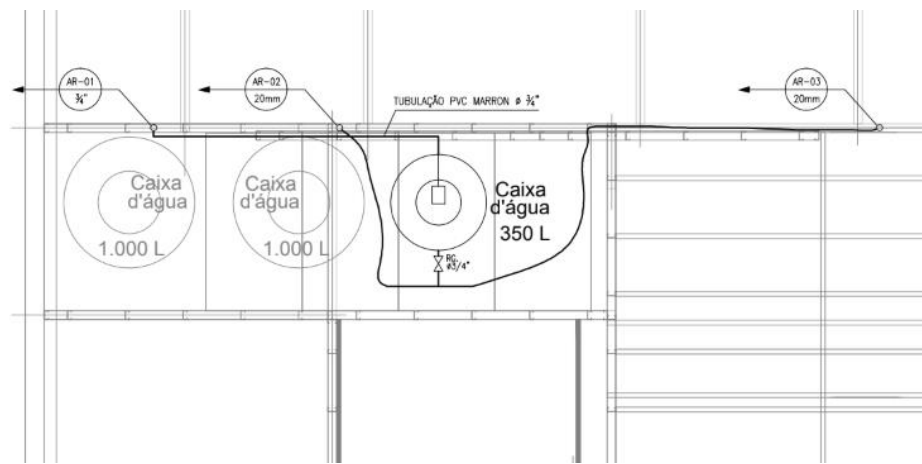
Tabela 17 – Materiais utilizados no sistema de reuso de águas cinzas e respectivos valores.

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Junção 75x75 mm	2	9,63	19,26
Tê Redução 75x50 mm	2	8,90	17,80
Luva 75 mm	6	3,58	21,48
CAP 75 mm	1	3,70	3,70
Tê 50 mm	1	5,99	5,99
Luva 50 mm	7	1,69	11,83
Joelho 90° 50 mm	4	1,56	6,24
Tê Redução 100-50 mm	2	8,90	17,80
Joelho 45° 75 mm	2	4,54	9,08
Joelho 45° 50 mm	2	2,05	4,10
Tubo 75 mm (6m)	2	65,90	131,80
Tubo 50 mm (6m)	1	32,60	32,60
Tubo 50 mm (3m)	1	24,29	24,29
Anel de borracha 50 mm	26	1,09	28,34
Anel de borracha 75 mm	21	1,36	28,56
Anel de borracha 100 mm	4	1,44	5,76
Total			R\$ 368,63

Fonte: Autor (2019).

Considerando todos os cálculos necessários, foi elaborado o projeto de distribuição da água de reuso apresentado na Figura 10.

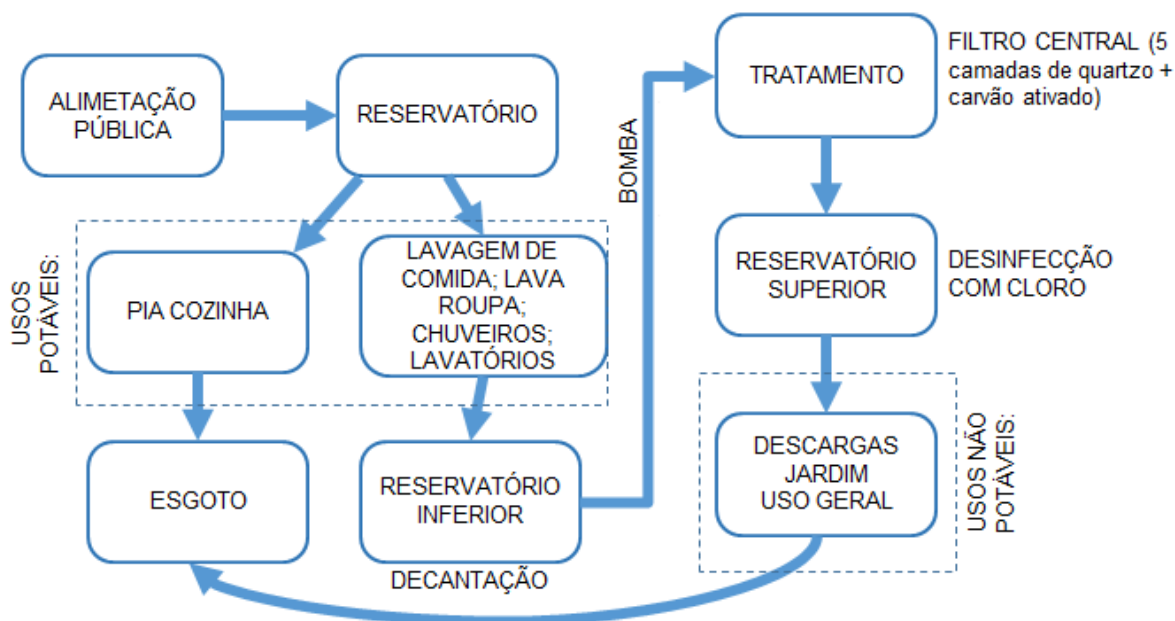
Figura 10 – Projeto de distribuição das águas de reuso para fins não potáveis.



Fonte: Autor (2019).

De acordo com a NBR 5626/1998, serão necessários dois reservatórios de 200 litros cada um, sendo projetado o uso de bombonas, para atender à oferta diária de águas cinzas de 335,37 litros, sendo um reservatório submerso, destinado à captação das águas por gravidade e outro superior, para a distribuição das águas de reuso nos pontos hidráulicos, também por gravidade. Entre um reservatório e outro haverá uma bomba centrífuga periférica de $\frac{1}{2}$ cv, um filtro com membranas filtrantes de quartzo + carvão ativado, um sistema de torneiras boias para regular o nível e acionar a bomba e uma boia de cloro (desinfecção) para o reservatório de superior, de armazenagem, além da tubulação. O fluxograma que explica o sistema de captação das águas cinzas, armazenagem, tratamento e distribuição das águas de reuso é apresentado na Figura 11 e os materiais utilizados são apresentados na Tabela 18.

Figura 11 – Fluxograma do sistema de reuso de águas cinzas



Fonte: Autor (2019).

Tabela 18 – Materiais do sistema de reuso de águas com respectivos valores.

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Bombona 200 L	2	90,00	180,00
Joelho 90° 25 mm	5	0,49	2,45
Tubo 25 mm (6m)	2	11,53	23,06
Adaptador com flange para cx d'água 25 mm	1	12,49	12,49
Torneira boia 25 mm	2	9,90	19,80
Bomba centrífuga periférica ½ cv	1	170,00	170,00
Filtro Central	1	1200,00	1200,00
Cloro	1	32,50	32,50
Total			R\$ 1640,30

Fonte: Autor (2019).

A água armazenada no reservatório superior será destinada as caixas das bacias sanitárias e torneira de uso geral, para uso em rega de jardim, lavagem de pisos e automóveis. Haverá um acréscimo de custo com essa tubulação, como pode ser observado na Tabela 19. O material selecionado foi o polietileno reticulado – PEX, pela facilidade de execução, principalmente, em sistemas light steel frame. A execução pode ser feita em um dia, gerando um custo de R\$ 150,00 (média do valor pago pela mão de obra em Guaratinguetá (SP)).

Tabela 19 – Valores dos materiais utilizados no sistema de distribuição da água de reuso

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Adaptador com registro para cx d'água 32 mm	1	49,40	49,40
Tubo pex monocamada 20 mm (m)	25	4,19	104,75
Tubo pex monocamada 32 mm (m)	1	7,79	7,79
Tê Redução pex 32 - 20 mm	1	28,90	28,90
Tê pex 20 mm	1	14,90	14,90
		Total	R\$ 205,74

Fonte: Autor (2019).

O tubo PEX é mais indicado para estruturas em light steel frame por apresentar um diâmetro relativamente menor do que uma tubulação de PVC convencional. Isto é possível graças a sua flexibilidade, que reduz drasticamente o número de conexões utilizadas na instalação, reduzindo, conseqüentemente, a perda de carga. As paredes de um sistema light steel frame tem uma espessura de 12 cm na maioria dos casos. O espaço útil de alojamento das tubulações, em geral é de 9 cm, tornando necessário o uso de sistemas menos espaçosos.

É importante ressaltar que para cada projeto de reuso de águas cinzas, deve-se fazer um estudo sobre os hábitos dos moradores da residência que contará com o sistema. De acordo com a literatura, a principal porcentagem de consumo de água em uma residência é o chuveiro ou o vaso sanitário (MAY, 2009). No entanto, no presente estudo, a lavadora de roupas foi responsável pela maior quantidade de água consumida por esta residência unifamiliar. Muitos estudos obtiveram resultados bem distintos, evidenciando a importância de estudar cada caso isoladamente. No caso específico do atual projeto, notou-se algumas particularidades, como a presença de equipamentos economizadores em todas as torneiras, o que diminuiu muito a oferta de águas cinzas e a utilização de sistema de tubulação em PEX, por conta da estrutura em steel frame.

Também é preciso atentar ao fato de que a água originada na pia da cozinha pode modificar o tratamento aplicado no sistema, devido à presença de óleos e outros contaminantes. Portanto, o tipo de tratamento de águas cinzas deve se adaptar aos diferentes casos, sempre levando em conta a fonte de águas cinzas e a destinação da água de reuso.

5.5 TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

O custo total do sistema de reuso, considerando material de construção e mão de obra foi de R\$ 2.204,16. O sistema mostrou-se viável economicamente, pois representou uma parcela insignificante da obra, utilizando materiais acessíveis e fáceis de encontrar no mercado, obtendo um *payback* relativamente baixo se analisarmos todos os benefícios que um sistema desse proporciona aos usuários e ao meio ambiente. Considerando que a economia mensal com a conta de água foi de R\$ 40,89, tem-se um *payback* de 54 meses ou, aproximadamente, 4,5 anos.

O sistema de reuso de águas cinzas, se utilizados em larga escala, podem gerar grandes benefícios para os usuários e ao meio ambiente. O primeiro benefício ao usuário é a redução do consumo de água e, por consequência, economia de custos. Neste projeto houve uma redução de 51% do volume total de água consumida, o que resultou em economia de 55% da tarifa de água e esgoto paga para o serviço de saneamento básico do município de Guaratinguetá.

No contexto ambiental, esta economia significa uma notável redução de consumo dos recursos naturais, diminuição das águas residuais, da poluição ambiental e de doenças de veiculação hídrica, causada pelo lançamento de esgoto nas redes hídricas. Além disso, se os sistemas de reuso de águas cinzas fossem incentivados pelas políticas públicas, haveria uma notável economia de recursos financeiros pelas estações de tratamento de esgoto.

6 CONCLUSÕES

Neste projeto, utilizando equipamentos economizadores de água, a geração diária de águas cinzas pela lavadora de roupas foi de 185,7 litros, pelo chuveiro foi de 105 litros, lavatório foi de 9 litros, pia de cozinha para lavagem de hortaliças e frutas 22,5 litros, que somados resultou em um volume de 322,2 litros diários e um volume total mensal de 9.666 litros ou 9,7 m³ de águas de reuso.

Com a implantação do sistema de reuso de águas cinzas, essa residência economizará 9,7 m³ de água, o que reduzirá em 51% o volume de consumo mensal, que passará de 19 m³ para 9,3 m³ e, como consequência, a tarifa cobrada pelo serviço de saneamento municipal de Guaratinguetá será reduzida em 55%, passando de R\$ R\$74,05 para R\$33,16.

O sistema de reuso de águas cinzas proposto para uma residência unifamiliar com três usuários, com consumo médio mensal de 19 m³ de água, foi orçado em R\$2.204,16, contando com equipamentos e materiais de baixo custo e disponíveis no mercado, com tempo de retorno do investimento estimado em 54 meses, aproximadamente, 4,5 anos.

O projeto gera informações que podem auxiliar no dimensionamento de novos sistemas de reuso de águas cinzas em residências unifamiliares de médio padrão nos meios urbanos como Guaratinguetá.

Além dos benefícios econômicos, a adoção de sistemas de reuso de águas cinzas poderá gerar muitos benefícios ambientais e à saúde pública, em consequência da diminuição do lançamento de águas residuárias nas redes de esgoto.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos**: relatório pleno. 2017. Brasília: ANA, 2017. 169 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Risco de falta de água em 55% dos municípios**. 2011. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/risco-de-falta-de-a-gua-em-55-dos-municipios.2019-03-15.1734794843>. Acesso em: 28 set. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13969**: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626**: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 41 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8160**: sistemas prediais de esgoto sanitário: projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. 74 p.
- BORGHETTI, J. R.; SILVA, W. L. C.; NOCKO, H. R.; LOYOLA, L. N.; CHIANCA, G. K. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil**: identificação de áreas prioritárias. Brasília: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), 2017. 243 p.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **população residente segundo as unidades da federação e municípios**. 2018. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=55&data=29/08/2018>. Acesso em: 20 ago. 2019.
- BRITO, D. **A água no Brasil**: da abundância à escassez. Agência Brasil, Brasília, 25 out. 2018. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-10/agua-no-brasil-da-abundancia-escassez>. Acesso em: 29 set. 2019.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Equipamentos economizadores**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145> Acesso em: 04 maio 2019.
- COMPANHIA DE SERVIÇO DE ÁGUA, ESGOTO E RESÍDUOS DE GUARATINGUETÁ – SAEG. **Tarifas cobradas para a categoria II - residencial**. Disponível em: <https://saeg.net.br/tarifas/>. Acesso em: 22 jun. 2019.
- CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº 54**: de 28 de novembro de 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 27 set. 2019.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357**: 17 mar. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 23 set. 2019.
- DEMANBORO, A. C.; MARIOTONI, C. A. O conceito de escala e o desenvolvimento sustentável: implicações sobre os recursos energéticos e hídricos. **Revista Brasileira de**

Energia, Campinas, v.7, p. 55-68, 1999. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/131/114>. Acesso em: 23 set. 2019.

DOCOL. **Características técnicas do arejador STD M24 spray**. Disponível em: <https://www.docol.com.br/pt/produto/arejador-std-m24-spray>. Acesso em: 14 out. 2019.

DOCOL. **Características técnicas do arejador TJ-5 LPM**. Disponível em: <https://www.docol.com.br/pt/produto/arejador-tj-5-lpm>. Acesso em: 14 out. 2019.

ECORACIONAL. **Reuso de águas cinza traz economia de até 70%**. AECweb. 2014. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/reuso-de-aguas-cinzas-traz-economia-de-ate-70_22358_5926. Acesso em: 20 ago. 2019.

FERNANDES, V. M. C. **Padrões para reuso de águas residuárias em ambientes urbanos**. Universidade de Passo Fundo, Tecnologia ambiental em recursos hídricos, 2006. Disponível em: www.upf.br/coaju/index.php/informacoes/downloads/artigos?download. Acesso em: 20 out. 2019.

GONÇALVES, R. F. *et. al.* **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico/ ABES, 2006. 352 p.

LENCI, L. **Potencial de captação de águas pluviais na UNESP: aproveitamento na moradia estudantil do campus de Guaratinguetá**. 2018. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2018.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Planaltina: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); Agência Nacional de Águas (ANA), 2001.

LORENZETTI. **Informações técnicas do chuveiro Top Jet Lorenzetti**. Disponível em: http://www.lorenzetti.com.br/pt/Detalhes_Produto.aspx?id=1066. Acesso em: 23 maio 2019.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Rede Brasil do pacto global participa de debate sobre água e saneamento em SP**. 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/rede-brasil-do-pacto-global-participa-de-debate-sobre-agua-e-saneamento-em-sp/>. Acesso em: 18 ago. 2019.

OLIVEIRA, I. R. H.; SANTOS, C. R. B.; RODRIGUES, M. A. L. desenvolvimento de um aplicativo android para monitoramento microcontrolado do nível de um reservatório de água residencial em tempo real. *In: CEEL - CONFERÊNCIA DE ESTUDOS EM ENGENHARIA ELÉTRICA*, 12., 2014. Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia, 2014.

RAMPELOTTO, G. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reuso doméstico**. 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. especial, p. 341-345, 2003.

SAUTCHUK, C. *et. al.* **Conservação e reuso da água em edificações**: manual: ANA/FIESP/SINDUSCON. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 152 p.

SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources**. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1998. 37 p.

SILVA, P. G. **Dimensionamento de um sistema hidráulico predial para reuso de águas cinzas em uma edificação residencial**. 2017. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINDUSCON. **Conservação e reuso de águas em edificações**. São Paulo: Gráfica, 2005.

TOMAZ, P. Água de chuva: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007. Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte, 2007.

YOSHIMOTO, M. K.; TRANNIN, I. C. B. Diagnóstico e proposição de medidas para o controle das perdas de água no sistema de abastecimento de Guaratinguetá (SP). **Revista Sodebras**, Vitória, v. 14, n.159, p.186-191, 2019. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N159.pdf>. Acesso em: 23 set. 2019.