

**UNIVERSIDADE TIRADENTES
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MARCUS VINÍCIUS CAMPOS DOS SANTOS SOUZA

**REÚSO DE ÁGUA CINZA EM RESIDÊNCIA: VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO
DO SISTEMA**

ARACAJU/SE

12/2018

UNIVERSIDADE TIRADENTES
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MARCUS VINÍCIUS CAMPOS DOS SANTOS SOUZA

REÚSO DE ÁGUA CINZA EM RESIDÊNCIA: VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO SISTEMA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Tiradentes como um dos pré-requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo Silva Martins

ARACAJU/SE

12/2018

MARCUS VINÍCIUS CAMPOS DOS SANTOS SOUZA

REÚSO DE ÁGUA CINZA EM RESIDÊNCIA
VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO SISTEMA

Relatório final, apresentado a Universidade Tiradentes, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aracaju, 05 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Eduardo Silva Martins
Orientador - UNIT

Prof. Esp. Aislan Silva Primo
Examinador Interno - UNIT

Prof. Me. Rodrigo Mendonça Salgado
Examinador Interno - UNIT

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 A escassez de água no Brasil	13
2.2 O consumo de água	14
2.2.1 O consumo residencial	15
2.4 Métodos de conservação da água	16
3.5 O reuso de água	17
3.6 Água cinza	19
3.6.1 Características físicas	21
3.6.1 Características químicas	22
3.6.2 Características microbiológicas	23
3.7 Tratamento de água cinza	23
3.7.1 Reator UASB	24
3.7.2 Biofiltro anaeróbio	24
3.7.3 Filtro de areia	25
3.7.4 Desinfecção	25
3.7.4 Normas utilizadas para dimensionamento dos sistemas de tratamento e para definir os padrões para reuso	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 Local de estudo	29
4.2 Consumo de água potável <i>Per Capita</i> e para Lavagem do Piso	31
4.3 Produção de Água Cinza	32
4.4 Demanda de Água Cinza	33
4.4 Projeto do Sistema de Reúso	34
4.4.1 Projeto do sistema de coleta	34
4.4.2 Projeto de distribuição de águas cinza	35
4.4.3 Projeto dos sistemas de tratamento de água cinza	37
4.4 Avaliação da Viabilidade Econômica do Projeto	42
5 RESULTADOS E DISCURSÕES	44
5.1 Produção e Consumo de Água Cinza	44
5.2 Projeto do sistema de coleta	46
5.3 Projeto de Distribuição de Água Cinza	46
5.4 Projeto dos sistemas de tratamento de água cinza	47

5.5 Custo de implantação do sistema	47
6.2 Custo de manutenção do sistema.....	50
6.2 Período de retorno.	51
7 CONCLUSÃO.....	52
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXO A	58
ANEXO B	59

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: PORCENTAGEM DE ÁGUA UTILIZADA POR SETOR RESIDENCIAL.	16
FIGURA 2: PARÂMETROS ENCONTRADOS EM ÁGUA CINZA.	21
FIGURA 3: LIMITES ESTABELECIDOS PARA REÚSO EM DESCARGA DE VASOS SANITÁRIOS – NORMA BRASILEIRAS	27
FIGURA 4: LIMITES ESTABELECIDOS PARA REÚSO EM DESCARGA DE VASOS SANITÁRIOS – NORMAS INTERNACIONAIS	28
FIGURA 5: CROQUI COM A PARTE INICIAL DA PLANTA DO LOCAL DE ESTUDO.....	30
FIGURA 6: CROQUI COM A PARTE FINAL DA PLANTA DO LOCAL DE ESTUDO.....	31
FIGURA 7:PORCENTAGEM DE ÁGUA UTILIZADA POR SETOR RESIDENCIAL.....	32
FIGURA 8: PESOS RELATIVOS NOS PONTOS DE UTILIZAÇÃO IDENTIFICADOS EM FUNÇÃO DO APARELHO SANITÁRIO E DA PEÇA DE UTILIZAÇÃO.....	35
FIGURA 9: DIÂMETRO E VASÕES EM FUNÇÃO DOS PESOS.....	36
FIGURA 10: FIGURA ILUSTRATIVA DO SISTEMA REATOR E BIOFILTRO.	40
FIGURA 11: FILTRO DE AREIA.	41
FIGURA 12: QUADRO TARIFÁRIO DA COMPANHIA DESO DO ESTADO DE SERGIPE REFERENTE AO ANO DE 2018.....	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 PORCENTAGEM ADOTADA POR SETOR DA RESIDÊNCIA.	33
TABELA 2: NÚMERO DE UNIDADE DE CONTRIBUIÇÃO HUNTER POR APARELHO.....	34
TABELA 3: VALORES DOS SERVIÇOS E MATERIAIS GASTOS COM RELAÇÃO AO SISTEMA DE COLETA E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA CINZA.	37
TABELA 4:VALORES DOS SERVIÇOS E MATERIAIS RELACIONADOS À CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA.	38
TABELA 5: NÚMERO DE HABITANTES E CONSUMO DE ÁGUA NA RESIDÊNCIA.	44
TABELA 6: CONSUMO DE ÁGUA PARA USOS EM LAVAGEM DE PÁTIOS E GARAGENS	44
TABELA 7:VOLUME DE ÁGUA CINZA GERADO.	44
TABELA 8: CONSUMO MÁXIMO DE ÁGUA CINZA EM UM DIA.	45
TABELA 9:PORCENTAGEM ECONOMIZADA.....	46
TABELA 10: DISTRIBUIÇÃO DOS PESOS	47
TABELA 11: VALORES E QUANTIDADES GASTAS COM RELAÇÃO AO SISTEMA DE COLETA E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA CINZA.	48
TABELA 12:VALORES E QUANTIDADES GASTAS EM RELAÇÃO A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA.	49
TABELA 13: GASTOS MENSAIS COM MANUTENÇÃO DO SISTEMA.	50

LISTA DE SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA – Agência Nacional De Águas
CF – Coliformes fecais
CT – Coliformes totais
Cl – cloro
CMMAD – Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente E Desenvolvimento
CONANA – Conselho Nacional Do Meio Ambiente
DBO – demanda bioquímica de oxigênio
DQO – demanda química de oxigênio
DN – Diâmetro nominal
FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística
PNCDA – Programa Nacional De Combate Ao Desperdício De Água
ONU – Organização Das Nações Unidas
SINAPI – Sistema Nacional De Pesquisa De Custos E Índices Da Construção Civil
SST – sólidos suspensos totais
TJ – Torneira de jardim
UASB – Uperflow Anaerobic Sludge (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo)
UHC – Unidades Hunter De Contribuição
UNICEF – United Nation Children’s Foudation Who – World Health Organization
USP – Universidade De São Paulo
WHO – World Health Organization
SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SINDUSCON - Sindicato da Indústria de Construção Civil do Estado

RESUMO

Atualmente a integração entre crescimento urbano e meio ambiente é foco de vários estudos e pauta de discussão entre os governos das nações mundiais. A utilização correta dos recursos hídricos é um dos mais importantes e o Brasil é um dos países que muito necessita da adoção de medidas para um melhor aproveitamento destes recursos. Por conta do crescimento desordenado dos centros urbanos muitos dos mananciais de água existentes foram poluídos ou estão com o nível abaixo do esperado e o estado do Nordeste é um dos mais afetados. Essa crise nos mananciais gera crises de abastecimento de água em muitos locais e para contornar essa situação, várias alternativas são aplicáveis afim de contornar esse problema. Algumas medidas cabíveis é a adoção de medidas que contenham os gastos desnecessário (uso de equipamentos que controlam a dosagem de água) ou utilização de fontes alternativas (aproveitamento de água da chuva, uso de água subterrânea e reuso de água cinza). O foco deste trabalho é determinar a viabilidade econômica da adoção de um sistema de tratamento de águas cinzas residuárias da máquina de lavar roupa, da pia e do chuveiro com base em referenciais bibliográficos em uma residência de padrão alto com 4 habitantes. O custo para implantar o sistema composto por um reator anaeróbio, um filtro anaeróbio e um filtro de areia seguido por um processo de desinfecção, levando em conta a tubulação de coleta e a distribuição da água cinza bem como os reservatórios para estocagem e todos os componentes empregados foi de 12980,765R\$ e o período de retorno determinado foi de aproximadamente 5 anos.

Palavras Chave: Reúso de água, fontes alternativas, viabilidade econômica, águas cinza.

ABSTRACT

Nowadays, the integration between urban growth and the environment is the focus of several studies and the agenda of discourse among the governments of the world nations. The correct use of water resources is one of the most important and Brazil is one of the countries that needs to adopt measures to better use these resources. Due to the disorderly growth of urban centers, many of the existing water sources have been polluted or are under the expected level and the state of the northeast is one of the most affected. This crisis in the springs generates water supply crises in many locations and to circumvent this situation, several alternatives are applicable in order to circumvent this problem. Some reasonable measures are the adoption of measures that contain unnecessary spending (use of equipment that controls water dosage) or use of alternative sources (rainwater use, groundwater usage and gray water reuse). The focus of this work is to determine the economic viability of adopting a wastewater treatment system of the washing machine, sink and shower based on bibliographical references in a high standard residence with 4 inhabitants. The cost of implanting the system consisting of an anaerobic reactor, an anaerobic filter and a sand filter followed by a disinfection process, taking into account the collection piping and the distribution of the gray water as well as the reservoirs for storage and all Components employed was 12980, 765r \$ and the given return period was approximately 5 years.

Keywords: water reuse, alternative sources, economic viability, grey waters.

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são de fundamental importância para o ser humano pois através deles é possível encontrar vida nos mais distintos lugares do mundo. Até mesmo em regiões com um volume extremamente baixo como na África pode-se encontrar civilizações e ecossistemas que acompanham o seu ciclo.

Apesar do planeta Terra ser ocupado superficialmente por uma imensa quantidade de água, segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2017), estima-se uma proporção de que 97,5% da água existente no mundo seja salgada necessitando de um tratamento eficiente na dessalinização para ser utilizada no consumo, e 2,5% seria de água doce.

Ainda segundo a ANA (2017), 69% desse montante de água doce é de difícil acesso, estando sob a forma sólida e compondo as geleiras. Apenas 1% encontra-se capazes de serem obtidas sem grandes esforços e tecnologia ao longo dos rios e lagos. Os 30% restantes são águas que demandam um maior esforço para serem utilizados pois encontram-se abaixo da superfície como galerias subterrâneas. Já o Brasil possui cerca de 12% de água doce sendo esse distribuído de forma irregular no país. (ANA, 2017).

Apesar da grande quantidade de água presente no Brasil, ainda são visíveis as crises hídricas no país. Segundo ANA (2017), 47,5% dos municípios brasileiros decretaram estar passando por situações críticas referentes a cheias dos rios enquanto cerca de 50% dos municípios passam por dificuldades relacionadas à seca no mesmo período.

Tendo como base esses números e o fato de que a água apesar de ser um recurso renovável ter um limite e relacionando com o fato de que a população aumentou de forma desordenada nos centros urbanos, percebe-se que se elevaram o número de rios contaminados pelos efluentes de esgotos bem como de efluentes industriais. Aliado a isso, tem o fato de que apenas parte da população nacional possui coleta e tratamento de esgoto, realidade bastante visível em países em desenvolvimento.

Essa realidade deixa visível a necessidade da adoção de medidas que amenizem e revertam o problema. Thomaz (2000) enfatiza que justamente essa necessidade de uso racional e sustentável desse bem precioso.

Este trabalho visa então a proposição de um sistema a ser implantado futuramente bem como a viabilidade econômica do projeto capaz de reutilizar águas provenientes do uso residencial afim de minimizar o gasto de um recurso tratado e conseqüentemente o despejo do mesmo no ambiente sem qualquer tipo de tratamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta etapa consiste em apresentar fundamentos da literatura afim de proporcionar ao leitor entendimento total dos mecanismos e métodos utilizados e descritos posteriormente.

2.1 A escassez de água no Brasil

O meio ambiente é foco dos governos em todo o mundo já faz um bom tempo. Entretanto, isso de fato passa a coincidir com a agenda de desenvolvimento das nações com a criação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1983. (GRO HARLEM BRUDTLAND *apud* BARBIERI, 1998).

Com isso, a preservação do meio ambiente passa a ser critério de extrema relevância nas medidas tomadas para o desenvolvimento dos países, tomando como princípio o desenvolvimento sustentável.

Ou seja, os governos desejam um futuro em harmonia entre o avanço das nações com uma manutenção do meio ambiente para que no futuro o uso descontrolado dos recursos naturais não se torne motivo de preocupação.

Focando nos recursos hídricos, a Organização das Nações Unidas (ONU) estimou em 1997 (*apud* Borges, 2003) uma utilização de mais da metade da água doce e que até 2025 esse percentual chegue a 70%.

Relacionando com o fato citado pela ANA (2017) de que o volume de água permaneça o mesmo por conta do ciclo hidrológico, o balanço hídrico seria desfavorável. Isto quer dizer que medidas devem ser tomadas para evitar uma calamidade futura.

Além da demanda por água doce ter aumentando, outro fator é de extrema relevância para a distribuição da mesma. As suas localizações geográficas.

Segundo Hespanhol (2002, p. 75), diversos países do oriente médio, com um volume de precipitação extremamente baixo e que dependem de pequenos rios e fontes de água subterrâneas localizadas geralmente nas montanhas. Desenvolveram tecnologias para dessalinizar a água do mar, contudo ainda não é o suficiente para a sua subsistência, tendo eles que importarem alimentos e produtos básicos de outros países.

Não é preciso olhar para tão longe para perceber que a divisão dos recursos hídricos não se dá de forma linear e igualitária em todos os locais.

O Brasil, por possuir terras de dimensões continentais e existir diversos tipos de clima e relevo, os padrões de distribuição das chuvas variam naturalmente. Contudo, segundo a ANA (2017), eventos extremos têm sido recorrentes nos anos que se passaram, aliados a isso como já citado, o balanço hídrico está desfavorável, o que causa crises de abastecimento em partes do país.

A desigualdade na disponibilidade se confirma através do fato de que 47,5% (2.641) dos municípios brasileiros decretaram estar passando por situações extremas por conta das cheias que ocorreram de 2003 a 2016. Sendo que 55% (1.435) desses municípios estão situados nas regiões Sul e Sudeste. (ANA, 2017).

Por outro lado, a seca também é um fato que causa grandes preocupações a nação, ela impossibilita a agricultura bem como a criação de animais além de se firmar presente por mais tempo.

Para confirmar isto, cerca de 50% (2.783) dos municípios brasileiros passam por dificuldades relacionadas à seca no mesmo período. Deste montante, Um total de 83% das pessoas afetadas vive na Região Nordeste. (ANA, 2017)

Observando que a região Nordeste é a mais impactada pela seca, percebe-se a necessidade de um foco maior no desenvolvimento de tecnologias para se obter água.

Outro dado que corrobora esta situação é o resultado da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (2000), divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000 *apud* Borges, 2003). O resultado da pesquisa indica que “87,3% dos domicílios ligados à rede geral tinham disponibilidade diária de água, percentual que era de 66,6% no Nordeste. Desses 66,6%, em 16,3% dos domicílios o abastecimento ocorria de uma a três vezes por semana e em 11,2% dos lares de quatro a seis vezes”.

Através dos dados expostos chega-se à conclusão de que a região nordeste é precária e necessita de um uso extremamente correto da água para que os recursos tão preciosos não sejam desperdiçados.

2.2 O consumo de água

A água é vital para o desenvolvimento e manutenção da vida humana no mundo. Borges (2003, p. 9), cita que ela é utilizada para as atividades humanas de diversos tipos, estes divididos em:

- a) Abastecimento doméstico;
- b) Abastecimento comercial;
- c) Abastecimento industrial;
- d) Abastecimento público;
- e) Irrigação;
- f) Geração de energia elétrica;
- g) Navegação;
- h) Recreação e turismo ecológico;
- i) Dessedentação de animais;
- j) Usos Especiais.

Para uma maior definição dos percentuais utilizados em cada demanda, dados obtidos da ANA (2005), demonstram que a irrigação é a responsável pelo maior consumo com 69% da utilização da água, seguida do uso urbano e consumo animal com 11% ambos e por fim o uso industrial com 7% e o abastecimento rural com 2%.

Levando em conta que a maior parcela da população se encontra nas zonas urbanas, esse uso deve ser principalmente para uso doméstico.

2.2.1 O consumo residencial

Borges (2003, p.9) diz que o consumo de água em uma residência pode variar em função de diversos fatores como o clima, hábitos e nível de vida da população, presença de indústrias, preço da tarifa, perdas de água no sistema, pressão na rede.

Por isso não se deve generalizar dados e observar as regiões e suas devidas peculiaridades para que se tenha um entendimento maior e de como se comportam e consomem cada família em sua determinada região.

Levando em conta o uso em uma casa ou prédio, Bazzarella (2005, p. 31) cita que este pode ser dividido em interno e externo. Estando o primeiro relacionado

principalmente ao uso da água para higiene e limpeza e o segundo ligado ao uso para limpeza de pisos, lavagem de carros e irrigação de jardins.

Com relação à subdivisão do consumo de água em uma edificação residencial, pode-se dividi-la por ambientes e aparelhos que o compõe. Apesar de no Brasil existirem poucos estudos com relação às porcentagens de gasto de água em uma residência alguns estudos serviram como base para este trabalho.

Bazzarella (2005, p.32) fez o comparativo entre dados fornecidos pela DECA (2000), empresa do ramo de peças e aparelhos sanitários; bem como a Universidade de São Paulo (2000); de uma Companhia de Desenvolvimento Habitacional Urbano (1998) e montou a tabela da figura 6 que relaciona as porcentagens utilizadas de água potável e as de produção de água cinza por setor residencial.

Setor da residência	Simulação DECA*		Prédio USP*		CDHU	
	Total	Água cinza	Total	Água cinza	Total	Água cinza
Bacia sanitária	14%		29%		5%	
Banheiro	58%	68%	34%	48%	61%	64%
Pia	12%	14%	6%	8%	7%	7%
Chuveiro	47%	54%	28%	39%	54%	57%
Banheira						
Cozinha	15%	17%	22%	31%	20%	21%
Pia de cozinha	15%	17%	17%	24%	17%	18%
Máq de lavar louça			5%	7%	3%	3%
Área de serviço	13%	16%	15%	21%	14%	15%
Máq de lavar roupa	8%	10%	9%	13%	4%	4%
Tanque			6%	8%	10%	11%
Torneira de uso geral	5%	6%				
Outros						
Outros						
Lavagem de carro						

* Disponível na Homepage da Deca

** Citado em Tomaz (2000)

Figura 1: Porcentagem de água utilizada por setor residencial.
Fonte: BAZZARELLA (2005).

Percebe-se que nos dados da figura 6, o consumo se porta ainda mais elevado com o uso dos chuveiros mostrando o imenso potencial para o reuso de água em uma residência.

2.4 Métodos de conservação da água

Segundo Santos (2002), conservação da água consiste em ações que economizem água dos mananciais, nos sistemas públicos de abastecimento e nos sistemas prediais.

Ou seja, qualquer ação que promova a economia bem como a redução do desperdício seja por falta técnica seja na diminuição dos gastos, afim de reduzir o gasto de água se tornaria uma forma de conservação.

Outra afirmação que corrobora esse conceito seria o de Thomaz (1998) que afirma que toda atividade com o objetivo de reduzir a demanda e as perdas, melhorar o consumo bem como utilizar qualquer prática que economize a água como forma de conservação de água.

Mayok (2009, p. 22) caracteriza as ações de conservação como de uso como convencionais ou não convencionais. Como citado por ela, como definição de convencionais seriam as ações como conserto de vazamentos, mudança nas tarifas e educação pública. Já os não convencionais seriam o reuso de águas cinza, o uso das águas pluviais e dessalinização da água do mar.

Contudo isso não é dividido por todos os autores. Para Bazzarella (2005, p.34), por exemplo, o tipo de ação de conservação de água se divide em uso racional e uso de fontes alternativas.

Essa divisão, também foi adotada por Borges (2003, p.15). Para elas, o uso racional da água consiste no combate ao desperdício por conta de vazamentos; no o uso de aparelhos que economizem água, a exemplo dos vasos sanitários que utilizam sistema misto de acionamento; no uso de sistemas de medição individualizados; no uso de tarifas adequadas e na educação dos consumidores com relação ao uso correto da água.

Já como o próprio nome informa, uso de fontes alternativas consiste na busca por fontes diferentes do sistema de abastecimento público como o uso de águas cinza, o uso de água da chuva bem como o uso de águas subterrâneas.

Tendo como base essas definições, percebe-se que ambas almejam a mesma coisa, a conservação da água, diferindo somente em que tipo de conservação se encaixa cada ação.

3.5 O reuso de água

O conceito de reúso pode ser entendido como o aproveitamento de águas já antes utilizadas, e que passou por algum tipo de tratamento. (COSTA & TELLES 2007).

Essa forma de conservação da água pode ainda ser dividida em tipologias. Segundo definições do World Health Organization (WHO, 1973) e O Manual de reuso e conservação da água em edificações (ANA/Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) & Sindicato da Indústria de Construção Civil do Estado (SINDUSCON/SP, 2005)), o reuso de águas pode ser dividido como:

- Direto: uso planejado de água residuária após algum tratamento, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
- Indireto: uso de água já usadas e descartadas em corpos hídricos, coletadas a jusante de forma diluída.

Contudo esse não é o único tipo de classificação de águas de reuso. Mancuso & Santos (2003), categorizam ainda o reaproveitamento de água pode ser potável e não-potável. O primeiro é passível de caracterização como direto e indireto, o segundo é delimitado de acordo com a sua finalidade a exemplo da adoção para fins agrícolas, industriais, recreacionais, domésticos, aquicultura e recarga de aquíferos.

Levando em conta o reuso urbano, ele geralmente é destinado ao uso não potável dos recursos gerados pelo tratamento dos efluentes. Isso pode ser explicado devido ao fato da presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes disponíveis para reuso o tratamento para fins potáveis seriam extremamente caros. (HESPANHOL, 2002, p.76).

Ou seja, o uso urbano para fins não potáveis, além de mais barato, proporciona menor risco de contaminação aos consumidores implicando na maior adoção por parte dos mesmos dos sistemas de reaproveitamento.

Segundo Yamagata et al. (2002) *apud* Borges (2003, p.25), a utilização de sistemas de reciclagem de água no Japão ocorre desde 1960. O volume reciclado representa 0,8% do consumo doméstico sendo as fontes do sistema de reuso água cinza residuária proveniente de lavatórios e banheiros (tipo A), água cinza da pia de cozinha (tipo B), efluentes de descargas sanitária, água da chuva, entre outras.

Assim, observa-se que as águas cinza são fontes consideráveis de fornecimento para serem utilizadas como recurso para fins não bebíveis.

3.6 Água cinza

Para se entender águas cinza, é preciso definir o termo esgoto. O esgoto pode ser compreendido como os efluentes originados dos amplos usos da água, ou seja, ele pode ser derivado de três principais fontes. A contribuição doméstica, referente ao gasto de água pelo uso na residência como para a higiene pessoal; a infiltração por tubulações com defeito, como no caso de rompimento de tubulações e contaminação da água tratada que extravasa; e a referente aos resíduos industriais, referentes aos despejos de efluentes contaminados das indústrias. (BORGES, 2003, p.26)

Levando em conta então, que todo resíduo gerado pelo uso de água é o esgoto, a água cinza então poderia ser chamada também de esgoto.

Segundo citado por Borges (2003, p.27), diversos autores classificam o esgoto doméstico por cor.

a) Água Negra ou “Blackwater” seriam os resíduos gerados pelo vaso sanitário;

b) Água Cinza ou “Graywater” seria referente aos demais resíduos de uma residência.

Essa divisão é de vital importância para que seja adotado um sistema eficiente de tratamento de efluentes capaz de atender as necessidades dos consumidores.

Uma definição que melhor atende as necessidades deste trabalho, para um eficiente e barato tratamento de águas cinzas, seria a de Gelt (2001), que classifica a água cinza como aquela originada pelo chuveiro, banheira, lavatório e máquina de lavar, desconsiderando a água cinza proveniente da pia de cozinha e máquina de lavar pratos.

Esta definição é a que melhor se enquadra nos termos deste trabalho. Isso pode ser justificado por NSWHEALTH (2000), que define dois motivos para a exclusão da água proveniente da pia de cozinha e da máquina de lavar pratos.

a) Concentração de microrganismos devido à presença de restos de alimentos, óleos e gorduras que favorecem o desenvolvimento microbiano;

b) Do total de água cinza produzida em uma residência, a contribuição da cozinha seria bastante irrelevante devido ao fato das demais serem capazes de suprir o consumo para fins não potáveis;

b) O caráter alcalino da água provocado pela presença de detergentes e produtos de limpeza pode prejudicar as características do solo caso esta seja utilizada para irrigação.

Atento aos critérios que justificaram a exclusão desses dois contribuintes para a água cinza percebe-se que se os fossem utilizados seria necessário um complexo meio de tratamento para que os resíduos pudessem ser utilizados de forma segura descaracterizando a viabilidade econômica do projeto.

Além disso, existem parâmetros físicos, químicos e biológicos que qualificam a água independente do fim a ser atingido. Em se tratando da água cinza, são adotados os parâmetros: temperatura, cor, turbidez, sólidos suspensos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), carbono orgânico total (COT) e concentração de nutrientes. (ERIKSSON et al., 2002).

Conforme citado por Borges (2003, p.52), esses parâmetros podem ser classificados como:

a) Físicos: temperatura, cor e turbidez e o conteúdo de sólidos suspensos;

b) Químicos: pH, cloro livre e cloro total, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e fósforo total;

c) Biológicos: coliformes fecais e coliformes totais.

Vale ressaltar que apesar de um parâmetro não ser de dois tipos ao mesmo tempo eles se completam e influenciam nas reações dos outros.

A figura 2 foi elaborada com base nos estudos de Slegrist et al. (1976 *apud* Bazzarella, 2005), Christova-Boal et al. (1998 *apud* Bazzarella, 2005) e Almeida et al. (1999 *apud* Bazzarella, 2005), ela contém a relação dos parâmetros encontradas na água cinza e sua fonte originária.

Tipos de água Cinza

Parâmetros	Siegrist et al. (1976) *					Christova-Boal et al. (1998)		Almeida et al. (1999)			
	Chuveiro/ Banheira	Pia de Cozinha	Lava Loucas	Lava Roupas	Enxague de roupa	Banheiro	Lavanderia	Banheira	Lavatório	Chuveiro	Pia de Cozinha
Físicos											
mg/l exceto onde indicado											
Temperatura (°C)	29	27	38	32	28						
Turbidez (NTU)						60 - 240	50 - 210				
ST	250	2410	1500	1340	410						
SST	120	720	440	280	120			54	181	200	235
Químicos											
mg/l exceto onde indicado											
pH						6,4 - 8,1	9,3 - 10				
Condutividade (µS/cm)						82 - 250	190 - 1400				
Alcalinidade						24 - 43	83 - 200				
DBO5	170	1460	1040	380	150	76 - 200	48 - 290				
DQO								210	298	501	644
Oleos e Graxas						37 - 78	8,0 - 35				
Cloreto						9,0 - 18	9,0 - 88				
Nutrientes											
mg/l exceto onde indicado											
N-total	17	74	40	21	6						
NTK						4,6 - 20	1,0 - 40				
NH4-N	2	6	4,5	0,7	0,4	<0,1 - 15	<0,1 - 1,9	1,1	0,3	1,2	0,3
NO3-N	0,4	0,3	0,3	0,6	0,4			4,2	6	6,3	5,8
NO3 & NO2						<0	0,10 - 0,31				
P-total	2	74	68	57	21	0,11 - 1,8	0,062 - 42				
PO4-P	1	31	32	15	4			5,3	13,3	19,2	26
Microbiológicos											
por 100 ml exceto onde indicado											
Coliformes Totais	70-8200			85 - 8,9x10 ²	190 - 1,5x10 ³	500-2,4 x 10 ³	2,3 x 10 ³ -3,3 x 10 ³				
Coliformes Fecais	1-2500			9 - 1,6x10 ²	35 - 7,1x10 ³	170-3,3 x 10 ³	110 -1,09x10 ³				
Criptosporidium						nd	nd				
Salmonela						nd					

* Citado em Eriksson et al. (2002)

Figura 2: Parâmetros encontrados em água cinza.

Fonte BAZZARELLA (2005).

Os dados presentes na figura 2 demonstram que os efluentes provenientes da cozinha são os que mais contém matéria orgânica. Isso fica claro pela quantidade de sólidos suspensos, sólidos suspensos totais e demanda bioquímica de oxigênio a cinco dias estarem elevadas em relação aos demais contribuintes.

3.6.1 Características físicas

As características físicas e químicas das águas cinza dependem de dois fatores. A qualidade da água de abastecimento bem como das condições do sistema de abastecimento. (ERIKSSON et al., 2002).

Vale lembrar que em algumas regiões, podem-se encontrar diversos tipos de sais minerais e de estrutura de abastecimento o que pode mudar a composição

da água de abastecimento conseqüentemente necessitaria de um novo tipo de tratamento para que seja reutilizada.

Observando os critérios físicos mais relevantes para caracterização da água residuária tem-se segundo Bazzarella (2005, p.40) e Borges (2003, p.52) que a temperatura é capaz de impactar as reações químicas que ocorrem na água, como a solubilidade dos gases, e de favorecer o crescimento de microrganismos.

Ainda segundo elas, a turbidez, por se tratar de partículas em suspensão no efluente, pode dar informações sobre possível entupimento das tubulações e instalações de tratamento. Segundo Eriksson et al. (2002), ao reagir os coloides com surfactantes oriundos de detergentes pode-se causar a estabilização da fase sólida.

Além disso, os sólidos suspensos podem servir de abrigo para agentes patogênicos prejudicando a eficiência da desinfecção. (SPERLING, 1996).

Observando esses dados, atenta-se a importância desse parâmetro na adoção de um método qualificado para o tratamento do efluente a ser reaproveitado.

3.6.1 Características químicas

As características químicas presentes nas águas cinza podem ser divididas segundo o tipo de composto presente. (BAZZARELLA, 2005, p.41).

Os compostos orgânicos compreendem os valores de DBO e DQO, que são as demandas de oxigênio necessário para se estabilizar fração degradável da matéria orgânica que é transformada em água, gás carbônico, sulfatos fosfatos e outros. Ou seja, ela irá demonstrar o consumo de oxigênio no processo de degradação da matéria orgânica. (BORGES, 2003, p.53).

Já o PH influencia diretamente nos processos de tratamentos biológicos já que a biomassa se reproduz em ambientes com PH ótimo além de ser um fator a ser observado para evitar o entupimento das tubulações. (BORGES, 2003, p.52).

O cloro residual consiste na parcela de cloro que não reagiu e se encontra na forma geralmente de ácido hipocloroso e pelo íon hipoclorito ou pelas cloraminas no efluente. Esse resíduo deve ser observado para que não ultrapasse os limites impostos pelos órgãos fiscalizadores. (BORGES, 2003, p.53).

Os compostos de nitrogênios e de fosfatos, também conhecidos como nutrientes, estão relacionados a presença de urina e de detergentes sintéticos nos efluentes. A urina é a principal fornecedora dos compostos de nitrogênio o que

ocorre devido ao fato de se urinar durante o banho. Já os compostos de fosfatos são principalmente encontrados nos detergentes e são considerados um dos principais nutrientes para a realização dos processos biológicos da degradação da matéria orgânica. (BORGES, 2003, p.53).

3.6.2 Características microbiológicas

Apesar de não conter os efluentes do vaso sanitário, os coliformes fecais podem facilmente se encontrar nas águas cinza por conta da lavagem das mãos contaminadas, do banho e da lavagem de roupas contaminadas. (OTTSON e STENSTROM, 2003 apud BAZZARELLA, 2005, p.43)

Por conta da gama de microrganismos patogênicos presentes nas águas residuárias cinza e que sua presença se dá de forma intermitente, escolhe-se um organismo como indicador de contaminação, as bactérias do grupo coliforme. Esta escolha se deve à sua fácil detecção, por estarem presentes nos excrementos humanos e por apresentarem resistência bem próxima de outros patogênicos. (BORGES, 2003, p.37).

3.7 Tratamento de água cinza

O reaproveitamento de águas servidas requer tratamento prévio afim de não propagar doenças e tornar a água passível de ser utilizada. A depender das condições do efluente gerado e da finalidade a que será reutilizada, a água cinza demandará um tipo de tratamento afim de torna-la em padrões aceitáveis, sendo inúmeros os tipos de tratamentos possíveis de serem aplicados (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Para o reuso de água cinza segundo a NBR 13969 (1997) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para a água cinza ser reutilizada com a finalidade de classe 2, ou seja; lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos. Seria necessário um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Complementando o tratamento já iniciado no tanque séptico.

Para fins deste trabalho foi adotado um sistema composto por um reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) em detrimento do tanque séptico, seguido por um biofiltro anaeróbio, por um filtro de areia e por fim desinfecção por cloração.

3.7.1 Reator UASB

O reator anaeróbio de fluxo ascendente, em manto de lodo, consiste basicamente de um tanque de fluxo vertical, que contém câmaras onde ocorrem a sedimentação e digestão anaeróbia. O sistema funciona da seguinte forma, a água a ser tratada chega pelo fundo do reator, passa por uma camada de lodo biológico transformando a matéria orgânica em biogás. Esse gás é separado do sistema de tratamento por meio de um decantador e separado das partículas de matéria orgânica por meio de defletores. O lodo que é separado fisicamente no sedimentador é reconduzido ao fundo do reator, passando apenas o efluente tratado. (SOUZA, 1986 apud AISSE et. al., 2000).

O dimensionamento desse equipamento segue os padrões da NBR 13969, 1997. Ademais, segundo Aisse et al. (2000), a eficiência do reator UASB na remoção da DQO, dos ST e SST, representam os valores de 70,0%, 39,3% e 72,6% respectivamente.

3.7.2 Biofiltro anaeróbio

Segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997), o filtro anaeróbio pode ser compreendido como um reator com fluxo ascendente composto por duas câmaras, uma preenchida por meio filtrante e outra vazia. O meio filtrante, geralmente corrugado, é envolto por um biofilme bacteriano responsáveis pelo consumo da carga orgânica do líquido posto em tratamento.

Esse equipamento é utilizado como unidade secundária do tratamento anaeróbio. Nele,

Complementando essa definição, tem-se o filtro como sendo composto pelo distribuidor de fluxo, anéis corrugados (meio filtrante), tubo de sucção, suspiro e tampa de inspeção. O meio filtrante, que também age como meio suporte, é responsável pela retenção e adsorção dos sólidos biológicos nos quais os microrganismos ali aderidos serão responsáveis pela degradação da matéria orgânica. (BAZZARELLA, 2005).

O dimensionamento desse equipamento segue os padrões da NBR 13969 (ABNT, 1997).

3.7.3 Filtro de areia

Uma definição para o filtro de areia seria um tanque onde ocorreria a filtração por meio de camada de areia no qual se processaria tanto o tratamento físico (retenção) como bioquímico (oxidação) sendo o segundo por conta dos microrganismos fixos na superfície dos grãos. A estrutura baseia-se num reservatório com fundo drenante e camada filtrante onde esgoto segue em fluxo descendente. (NBR 13969, ABNT, 1997).

O objetivo dessa filtração pode é reter partículas suspensas e coloidais através do leito filtrante (areia) por ação da gravidade (BAZZARELLA, 2005, p.56).

Alguns pontos devem ser enfatizados com relação a manutenção, dimensionamento e material a ser utilizado como meio filtrante.

A NBR 13969 (ABNT, 1997), além de determinar o padrão de dimensionamento do equipamento, determina que:

- a) O material filtrante deve ser areia, com diâmetro efetivo na faixa de 0,25 mm a 1,2 mm, com coeficiente de uniformidade inferior a 4;
- b) A taxa de aplicação para cálculo da área superficial do filtro de areia deve ser limitada a 100 L/dia x m²;
- c) Para a limpeza do filtro, deve-se proceder à raspagem e remoção do material depositado na superfície, juntamente com uma pequena camada de areia (0,02 m a 0,05 m). A camada removida de areia deve ser repostada imediatamente com areia limpa com características idênticas àquela removida. A eventual vegetação na superfície do filtro deve ser imediatamente removida.

3.7.4 Desinfecção

“Todos os efluentes que tenham como destino final corpos receptores superficiais ou galerias de águas pluviais, além do reuso, devem sofrer desinfecção.” (NBR 13969, ABNT, 1997).

Levando em conta que a desinfecção de esgotos sanitários e das águas por aplicação de cloro é uma técnica amplamente utilizada tanto no Brasil como no

mundo por sua facilidade de aplicação e operação (CAL, 2011, p.9). utilizou-se desse processo como meio de desinfecção dos resíduos tratados pelo sistema proposto.

Porém, Gonçalves (2003 *apud* Cal, 2011, p.9), salienta que, por se tratar de um processo químico, ele gera subprodutos e devem ser analisados com cuidado para que não gerem cuidados a saúde.

Segundo Cal (2011, p.10), o cloro e seus derivados apresentam alto poder oxidante e reagem com vários compostos presentes nos esgotos sendo que algumas dessas reações apresentam produtos com poderes desinfetantes.

Segundo Filho (2008), a parcela de cloro livre possui grande poder oxidante e conseqüentemente um maior poder desinfetante. Assim, para fins de reuso, Cal (2011, p.11) indicou o uso de hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio por conta justamente da quantidade de cloro livre presente nessas substâncias bem como pela utilização de baixa concentração requerida para seu uso e pelo tempo de contato com o meio reduzido para uma inativação microbiana.

3.7.4 Normas utilizadas para dimensionamento dos sistemas de tratamento e para definir os padrões para reuso

As normas referentes ao dimensionamento e que tipo de tratamento deve ser utilizado para determinada finalidade seriam a NBR 7229 (ABNT, 1993) referente ao Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Nesse caso não utilizado no projeto.

A NBR 13969 (ABNT, 1997), definiria os tipos de tratamentos necessário para determinado tipo de reuso bem como a forma de se dimensionar os sistemas complementares de tratamento. Ela é titulada como tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.

Para definir os padrões de qualidade da água tratada para determinado fim, é possível recorrer também ao manual da FIESP (ANA, 2005). Segundo ele, ao adotar um sistema de reaproveitamento de água, o usuário deve antes de implantar o sistema tomar cuidados afim de não comprometer a saúde pública.

A figura 3 apresenta os dados segundo o Manual de Conservação e Reúso de água em Edificações FIESP (ANA, 2005), em comparação aos mesmos

dados exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas na NBR 13969 (1997) referentes aos parâmetros exigidos para o uso de água tratada em descarga de vasos sanitários.

Parâmetros	Manual de "Consevação e reúso de água em edificações " Classe 1 (FIESP, 2005)	NBR 13.969/97 item 5.6.4 Classe 3
pH	6,0 - 9,0	-
Cor (UH)	≤ 10	-
Turbidez (NTU)	≤ 2	< 10
Óleos e Graxas (mg/L)	≤ 1	-
DBO (mg/L)	≤ 10	-
Coliformes Fecal (NMP/100mL)	Não detectáveis	< 500
Compostos Orgânicos Voláteis	Ausentes	-
Nitrato (mg/L)	≤ 10	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	≤ 20	-
Nitrito (mg/L)	≤ 1	-
Fósforo Total (mg/L)	≤ 0,1	-
SST (mg/L)	≤ 5	-
SDT (mg/L)	≤ 500	-

Figura 3: Limites estabelecidos para reúso em descarga de vasos sanitários – norma brasileiras

Fonte: BAZZARELLA (2005)

Ao analisar os dados percebe-se que o manual da FIESP (2005) é bastante exigente quanto a qualidade da água reaproveitada a ser utilizada nos vasos sanitários prezando pelo menor risco de contaminação dos usuários do sistema de reúso.

Já a figura 3 apresentam dados citados por Bazzarella (2005) conforme as normas internacionais de vários estados dos Estados Unidos da América bem como de outros países, relacionando níveis de parâmetros aceitáveis para utilização da água tratada e tratamentos requeridos para utilização de água cinza tratada em descarga de vasos sanitários.

	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	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		8 - 9	20	30	1 - 2	500	100	-	-
WHO			-	-	-	-	1000 (m) 200 (g)	-	-	-	
5	Japão		8 - 9	10	-	5	10	10	-	-	
6	Padrões Canadenses propostos		-	30	30	5	200	200	-	> 1	

Figura 4: Limites estabelecidos para reúso em descarga de vasos sanitários – normas internacionais

- 1- EPA (2004)
- 2- NSW health, 2005
- 3- Citado em: KAYAALP (1996)
- 4- Citado em: JEFFERSON (1999)
- 5- Citado em: LAZAROVA (2003)
- 6- Fonte: BAZZARELLA (2005)
- m- mandatory
- g- guideline

comparando os dados da figura 3 e 4, fica claro que as normas do manual da FIESP (2005) no geral são mais exigentes quanto à qualidade final da água tratada.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para conclusão deste trabalho foram seguidas as seguintes etapas:

- a) Delimitação do tema bem como os objetivos da pesquisa;
- b) Pesquisa bibliográfica para embasamento teórico;
- c) Delimitação das características da edificação estudada;
- d) Estimativa do consumo de água potável per capita e para lavagem de pisos na edificação estudada;
- e) Estimativa de produção de água cinza na edificação estudada;
- f) O projeto do sistema de tratamento proposto;
- g) Os resultados obtidos;
- h) A conclusão do trabalho.

4.1 Local de estudo

A residência foco deste trabalho está situada no município de Capela, pertencente ao estado de Sergipe e por consequência a região Nordeste. Foi adotada para fins deste estudo que nela reside uma família composta por quatro adultos.

A edificação possui área total de 6,2m x 65,58m com uma área de aproximadamente 406,6m², composta apenas pelo pavimento térreo. Nele estão presentes como detalhado nas figuras 4 e 5, 2 banheiros, um com 6,13m² de área e o outro com 3,51m²; uma suíte com 18,4m² cujo WC possui 5,79m² e o closet 4,28m²; uma garagem com 32,6m²; três áreas cobertas somando 84,76m²; salas com um total de 41,24m²; cozinha com 14,69m²; quartos que somam 25,52m²; um escritório com 11,21m²; área de ventilação com 3,23m³; passagem descoberta (corredor) com 23,7m²; duas áreas livres descobertas que somam 70,47m²; uma área de serviço com 9,64m² e por fim um depósito com 15,02m².

A figura 4 representa a porção da porção inicial do local de estudo enquanto a figura 5 a porção final.



Figura 5: Croqui com a parte inicial da planta do local de estudo.



Figura 6: Croqui com a parte final da planta do local de estudo.

4.2 Consumo de água potável *Per Capita* e para Lavagem do Piso

Segundo ABNT 7229 (ABNT, 1993), o consumo de água de uma pessoa de classe alta seria de 160L/hab/dia. Contudo, com base no trabalho de Sella (2011), utilizou-se um gasto de 200L/hab/dia. Para o cálculo de consumo mensal, segundo PHILIPPI et al. (2007 apud Sella, 2011), utilizou-se a equação 1.

$$C_m = NTCd$$

(equação 1)

Onde:

C_m é o consumo mensal (L/mês);

N é o número de habitantes;

T é o tempo em dias;

C_d é o consumo em L/hab/dia.

Para a limpeza de pátio foi utilizado como base um consumo de 4L/m²/dia e 3l/m²/dia para rega de jardins, supondo ainda uma estimativa e 8 utilizações no mês (PHILIPPI et al., p. 126 apud Sella, 2011). Assim, multiplicou-se a área que será lavada pelo volume gasto por metro quadrado para se ter a quantidade necessária de água no dia. Já para o mês, multiplicou-se o resultado anterior por 8.

A área estimada para ser lavada envolve as áreas livres cobertas e descobertas, a área de ventilação, a garagem, a área de serviço e o depósito dando um total de aproximadamente 250m².

4.3 Produção de Água Cinza

Foi utilizado para a estimativa da produção de água cinza no local de estudo os dados da figura 1 citada na revisão bibliográfica e repetida abaixo.

Setor da residência	Simulação DECA*		Prédio USP*		CDHU	
	Total	Água cinza	Total	Água cinza	Total	Água cinza
Bacia sanitária	14%		29%		5%	
Banheiro	58%	68%	34%	48%	61%	64%
Pia	12%	14%	6%	8%	7%	7%
Chuveiro	47%	54%	28%	39%	54%	57%
Banheira						
Cozinha	15%	17%	22%	31%	20%	21%
Pia de cozinha	15%	17%	17%	24%	17%	18%
Máq de lavar louça			5%	7%	3%	3%
Área de serviço	13%	16%	15%	21%	14%	15%
Máq de lavar roupa	8%	10%	9%	13%	4%	4%
Tanque			6%	8%	10%	11%
Torneira de uso geral	5%	6%				
Outros						
Outros						
Lavagem de carro						

* Disponível na Homepage da Deca

** Citado em Tomaz (2000)

Figura 7: Porcentagem de água utilizada por setor residencial.
Fonte: BAZZARELLA, 2005.

Contudo, este trabalho utilizou como base os valores da média entre as medidas da simulação da DECA (2000 *apud* Bazzarella, 2005) e da Companhia de Desenvolvimento (1998 *apud* Bazzarella, 2005) para estipular a quantidade gerada de água cinza na pia e no chuveiro e somente as porcentagens da DECA (2000 *apud* Bazzarella, 2005) para bacia sanitária e máquina de lavar roupa. Dados estes descritos na tabela 2.

Tabela 1 Porcentagem adotada por setor da residência.

Aparelho	DECA		CDHU		Média	
	Água potável	Água cinza	Água potável	Água cinza	Água potável	Água cinza
Pia	12	14	7	7	9,5	10,5
Chuveiro	47	54	54	57	50,5	55,5
Bacia sanitária	14					
Máq de lavar roupa	8	10				

Os dados contidos na tabela 1 indicam que o chuveiro é o maior consumidor de água potável e produtor de água cinza enquanto a máquina de lavar roupas é o menor consumidor com apenas 8% do consumo potável.

Para o cálculo do volume de água cinza gerado no local de estudo, foi observado os dados da tabela 1 e multiplicados pelo consumo per capita adotado obtendo o volume diário estimando. Adotou-se 30 dias como sendo um mês, assim, multiplicando o resultado anterior por ele obteve-se o consumo mensal.

4.4 Demanda de Água Cinza

Para o cálculo da demanda de água cinza, foram utilizados os valores relacionados à bacia sanitária e a limpeza de pisos. Com relação a bacia sanitária multiplicou-se o seu percentual de consumo de água potável (tabela 2) pelo consumo de água potável total em um dia e se obteve o valor referente à demanda diária de água cinza na bacia sanitária.

Para a limpeza de pisos, foi utilizado como demanda de água cinza tratada o resultado da demanda de água potável.

Além disso, como citado por Philippi et al. (p. 126 *apud* Sella, 2011), o processo de limpeza ocorre 8 vezes por mês, uma média de aproximadamente 1 vez a cada 3 dias, sendo o dia em que a demanda de água cinza da bacia sanitária

coincide com a demanda para limpeza, o dia com demanda máxima de água cinza tratada. O volume estimado para essa demanda foi a soma do volume esperado para limpeza de piso em L/dia e o do consumido pela bacia sanitária em L/dia.

4.4 Projeto do Sistema de Reúso

O funcionamento do sistema de tratamento segue as seguintes etapas;

- a) Coleta das águas a serem tratadas;
- b) Disposição da água coletada nos reatores;
- c) Passagem da água do reator para filtro anaeróbio;
- d) Filtração final em filtro de área;
- e) Passagem da água filtrada para o reservatório de recalque, onde ocorre a desinfecção com cloro e o bombeamento para o reservatório superior de água tratada.

4.4.1 Projeto do sistema de coleta

O sistema de coleta é o responsável por transportar as águas utilizadas nos ambientes para a estação de tratamento. Ele foi dimensionado conforme a NBR 8160 (ABNT, 1999) baseado no Número de Unidades Hunter de Contribuição de cada aparelho descritos na tabela 2.

Tabela 2: Número de unidade de contribuição Hunter por aparelho.

Aparelho	Número de Unidades Hunter de Contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga
chuveiro	2	40
lavatório	1	40
tanque de lavar roupas	3	40
máq de lavar roupas	3	50

Fonte: NBR 8160, 1999.

A partir dos dados de contribuição por aparelho da tabela 2, foi calculado o diâmetro nominal das caixas sifonadas, dos coletores e subcoletores e dos ramais de ventilação.

4.4.2 Projeto de distribuição de águas cinza

Para o cálculo dos ramais de distribuição, foi utilizado o método do consumo máximo possível, tendo como base a NBR 5626 (ABNT, 1998) e o manual de Instalações de Água Fria e Quente do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI, 2010). Esse método leva em conta os aparelhos que serão utilizados ao mesmo tempo no ramal e seu peso relativo. Os pesos estão relacionados aos aparelhos equivalentes na figura 8.

O ramal foi verificado e nele foi quantificado o número de aparelhos presente, para então somar seus pesos. Após isso, foi determinada a vazão da água no ramal de acordo com a equação 2 citada na NBR 5626 (1998).

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

Q é a vazão em L/s;

P é o peso das peças de utilização;

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto (L/s)	Peso relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
	Válvula de descarga	1,70	32
Banheira	Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro	Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou roupas	Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório	Torneira ou Misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico Com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
Mictório cerâmico Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou Registro de pressão	0,15 /m de calha	0,3
Pia	Torneira ou Misturador (água fria)	0,25	0,7
	Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque	Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou Lavagem em geral	Torneira	0,20	0,4

Figura 8: Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

Fonte: NBR 5626 (ABNT, 1998)

Com esses dados calculados foi feita a consulta ao ábaco do método do consumo máximo possível (SENAI, 2010), na figura 9. O processo consistiu em pegar o valor da somatória dos pesos do ramal de distribuição, ir ao ábaco e traçar uma reta correspondente ao valor a vazão calculada. O valor adotado foi aquele onde a projeção desta reta interceptou a reta que indicou o diâmetro a ser utilizado.

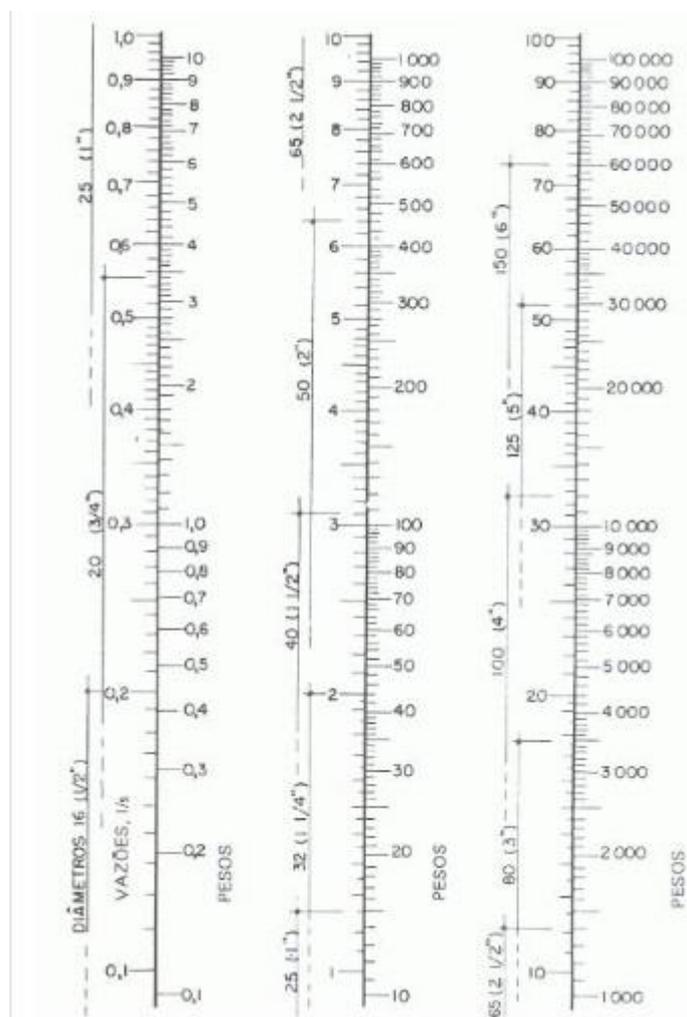


Figura 9: Diâmetro e vazões em função dos pesos.
Fonte: INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA E QUENTE, SENAI (2010)

Já a tubulação de recalque, composta pela tubulação de sucção que vai do reservatório de água cinza tratada a bomba e pela tubulação de recalque que transporta a água da bomba até o reservatório superior de água cinza tratada foi calculada com relação as especificações da bomba utilizada.

A bomba utilizada para dimensionamento deste trabalho foi a dancor CAM-2, que segundo especificações do fabricante, possui altura máxima de recalque de 11,8m e pode atingir uma vazão máxima de 3,06m³/h (DANCOR SA INDÚSTRIA MECÂNICA, 2018).

4.4.3 Projeto dos sistemas de tratamento de água cinza

O sistema de tratamento adotado consiste em um reator anaeróbio em substituição do tanque séptico, um filtro anaeróbio seguido por um filtro de areia e por fim o reservatório inferior de água cinza tratada onde ocorre a desinfecção com pastilhas de cloro.

Para o orçamento dos processos citados, foram levados em conta as composições de cada serviço, como utilização de servente, o fornecimento e assentamento de matérias necessários e colocados em forma de um único custo por composição completa do serviço, que compõe as tabelas 3 e 4. Os valores dos serviços foram obtidos através do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI do mês de outubro de 2018 referentes ao estado de Sergipe, cidade de Aracaju e de consulta a Casas Bahia Comercial e Ltda, 2018. A consulta foi feita através de download das tabelas no site da Caixa Econômica Federal (2018) e do site das Casas Bahia.

Tabela 3: Valores dos serviços e materiais gastos com relação ao sistema de coleta e distribuição da água cinza.

Item	Unid.	Preço unitario R\$
Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 40 mm, fornecido e instalado	m	12,7
Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 mm, fornecido e instalado	m	18,72
Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, fornecido e instalado	m	35,91
Tubo pvc, soldável, água fria dn 25 mm, fornecido e instalado incluso conexões, cortes e fixações	m	28,77
Tubo pvc, soldável, água fria dn 20 mm, fornecido e instalado incluso conexões, cortes e fixações	m	29,13
Caixa sifonada, pvc, dn 100 x 100 x 50 mm, fornecida e instalada	un	16,64
Caixa de inspeção em concreto pré-moldado dn 60cm com tampa h= 60cm	un	165,1
Caixa d'agua fibra de vidro para 1000 litros, com tampa	un	259,75
Caixa d'agua fibra de vidro para 1500 litros, com tampa	un	421,44

Registro de gaveta bruto de latão ½", inclusive conexões, roscável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação.	un	37,63
Registro de gaveta bruto, latão, roscável, 1", fornecimento e instalação	un	63,8
Bomba centrífuga dancor c/ motor elétrico monofásico, dancor serie cam-2	un	327,27
Chave de boia automática superior 10a/250v - fornecimento e instalação	un	71,75
Válvula de retenção vertical ø 20mm (3/4") - fornecimento e instalação	un	48,82

Dados obtidos em CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (2018)
 Dados obtidos em CASAS BAHIA COMERCIAL E LTDA (2018)

Foram adotadas duas bombas pois uma delas irá bombear a água do filtro de areia para o reservatório inferior de água tratada e a outra do reservatório inferior para o superior de água tratada.

Tabela 4: Valores dos serviços e materiais relacionados à construção do sistema de tratamento de águas cinza.

Item	Un	Preço unitario R\$
Escavação manual de cava	m ³	24,22
Regularizacao e compactacao mecânica de solo	m ²	2,05
Lastro de concreto magro, aplicado em pisos ou radiers, espessura de 5cm	m ²	21,29
Fornecimento e assentamento de brita 2 e= 5cm	m ²	83,55
Reaterro manual a cada 25cm, apiloado com soquete.	m ²	31,66
Impermeabilização de estruturas enterradas, com tinta asfáltica, duas demãos.	m ²	8,32
Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, espessura 5cm	m ²	35,35
Alvenaria em tijolo cerâmico maciço 5x10x20cm 1/2 vez (espessura 10cm), assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia)	m ²	44,96
Chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto internas, com rolo para textura acrílica. Argamassa traço 1:4 e emulsão polimérica (adesivo) com preparo manual	m ²	3,99
impermeabilização de piso com argamassa de cimento e areia, com aditivo e = 2cm	m ²	33,43
Impermeabilização de paredes com argamassa de cimento e areia, com aditivo impermeabilizante, e = 2cm.	m ²	28,37
Execução de dreno com tubos de pvc corrugado flexível perfurado - dn 100mm	m	27,74

Camada horizontal drenante c/ pedra britada 1 e 2	m ³	115,98
Leito filtrante – fornec. e enchimento c/ brita no. 4	m ³	153,56
Camada drenante com areia media	m ³	125,84
Conjunto reator + filtro anaeróbio	un	1950
Clorador flutuante sondramar	un	39

Dados obtidos em CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (2018)
 Dados obtidos em CASAS BAHIA COMERCIAL E LTDA (2018)

4.4.3.1 Preparo da área onde o sistema será instalado

Para a execução do sistema de tratamento foi necessário preparar as instalações, esse processo ocorreu de acordo com as seguintes etapas:

- a) Escavação da vala para o reator e filtro anaeróbios e para o filtro de areia conforme especificações do fabricante. Ressaltando que o filtro está com um nível 15cm abaixo do reator;
- b) Compactação e regularização do solo onde foi instalado o sistema até mesmo o fundo da vala;
- c) Assentamento de camada de brita 2 na vala onde serão colocados o filtro e reator anaeróbio e onde estará o filtro de área;
- d) Assentamento de um lastro de concreto onde o sistema será instalado, inclusive onde estará o reservatório inferior de água cinza tratada;
- e) Instalação de contra piso na área onde o sistema será instalado, inclusive onde estará o reservatório inferior de água cinza tratada;
- f) Impermeabilização de áreas enterradas do contrapiso da vala do filtro e reator anaeróbios;
- g) Impermeabilização do contrapiso e das faces internas das paredes do filtro de areia.

4.4.3.1 O conjunto reator filtro

O sistema de reator e filtro anaeróbios adotado foi um sistema já pronto devido a sua facilidade de aplicação e manutenção. Ele é descrito na figura 8 e sua composição é de material estanque plástico reforçado em fibra de vidro com capacidade para uma demanda de 600L/dia.

Esse sistema deve atender algumas especificações do fabricante (BAKOF, 2018) para sua instalação que seguem em anexo. Contudo algumas delas

foram utilizadas para determinar o custo do sistema a exemplo de ser necessária uma vala com profundidade de 1,50m com uma largura de 2,2m e uma espessura de 0,88m, utilização de brita 4 como material filtrante no filtro anaeróbico e por fim o reaterro da vala com compactação a cada 25cm utilizando a areia peneirada retirada peneirada.

Com relação a manutenção, o fabricante (BAKOF, 2018) indica que a limpeza do reator seja feita através de caminhão limpa fossa a cada 12 meses ou quando necessário. Já para limpeza do filtro, a NBR 13969 (ABNT, 1997) diz deve ser lançada água sobre a superfície do leito filtrante, drenando-a novamente. Não deve ser feita a “lavagem” completa do filtro, pois retarda a partida da operação após a limpeza. Sendo esse processo executado com a própria água cinza tratada que após lavagem é redirecionada ao reator para iniciar o processo de tratamento outra vez.

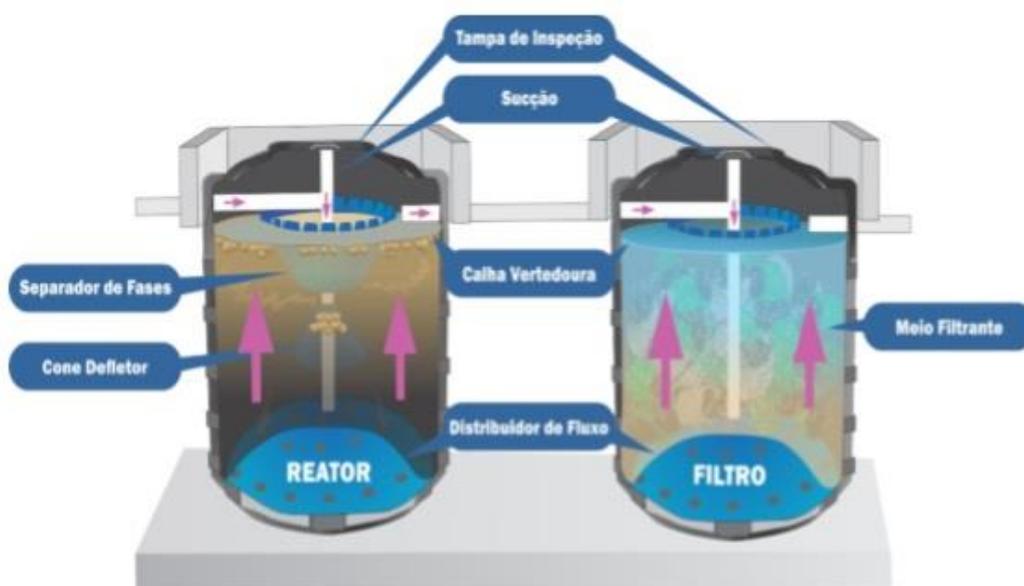


Figura 10: Figura ilustrativa do sistema reator e biofiltro.
Fonte: BAKOF INDÚSTRIS E COMÉRCIO DE FIBERGLASS LTDA (2018).

4.4.3.1 Filtro de areia

O filtro de areia foi dimensionado com uma altura de 1,3m para uma vazão um pouco acima do que se produz, foi adotada então uma vazão de 600L/dia para o cálculo da sua estrutura e conforme a NBR 13969 (1997) indica foi utilizada uma taxa de aplicação de 100L/diaxm² afim de obter a área superficial necessária para filtrar o volume esperado. Através da taxa de aplicação (NBR 13969, 1997) e

da vazão adotada, foi deduzida a equação 3 para o cálculo da área superficial necessária ao filtro.

$$As = \frac{Q}{Ta} \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

As é a área superficial;

Q é a vazão;

Ta é a taxa de aplicação;

O formato de filtro de área adotado foi o retangular e ele se encontra em uma vala de 1,5m para que a sua tubulação de coleta coincida com a tubulação de saída do filtro anaeróbio submerso. A figura 9 demonstra um exemplo de filtro circular e retangular, bem como algumas dos materiais exigidos e sua localização (NBR 13969, 1997).

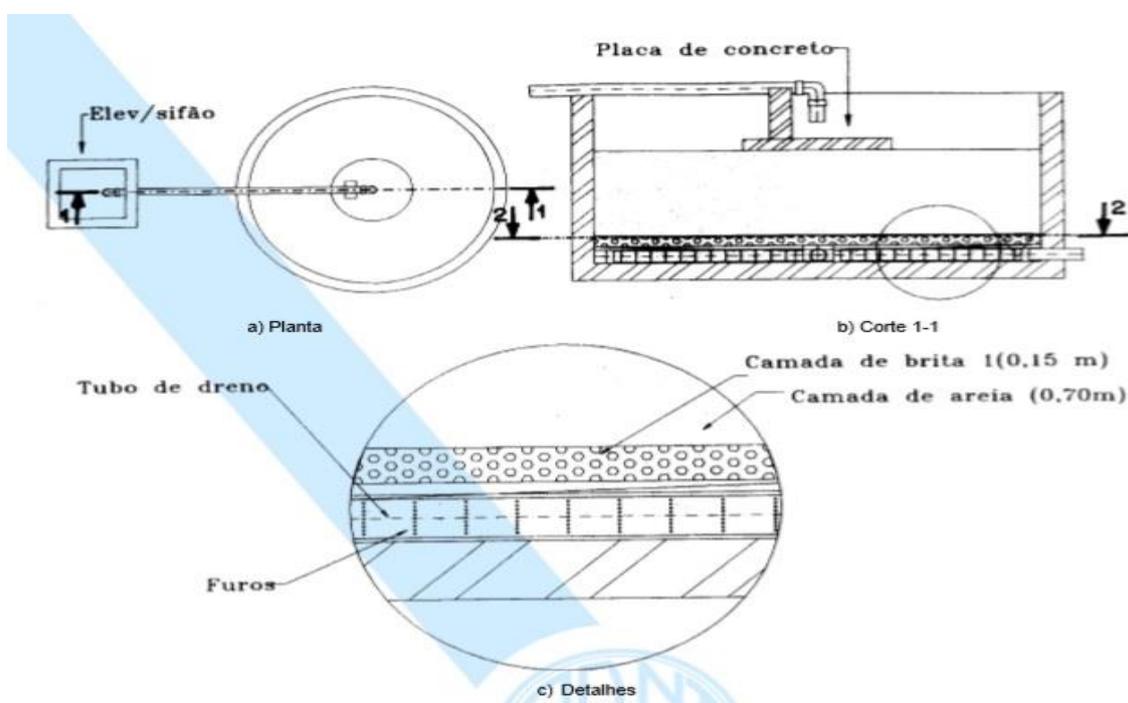


Figura 11: Filtro de areia.
Fonte: NBR 13969 (ABNT, 1997).

Com relação a construção do filtro, foi utilizada alvenaria de bloco cerâmico revestido de forma a impermeabilizar o ambiente interno, afim de evitar vazamentos e contaminações. Como indica a NBR 13969 (1997), foi utilizada uma

camada de 70cm de área areia média com diâmetros entre 0,42mm e 1,2mm seguida por uma camada de brita 1 de 15cm e no leito do filtro foi colocado um tubo de 100 mm com perfurações afim de drenar a água filtrada. Este tubo deve ter inclinação de 1% (NBR 13969, 1997).

Para a manutenção do filtro de areia, foi levada em conta a retirada da camada contaminada de aproximadamente 5cm de área a cada 12 meses e substituição por nova camada (NBR 13969, 1997).

4.4.3.1 Reservatórios de água tratada e desinfecção por cloração

O reservatório inferior, onde é tratada a água com cloro e de lá bombeada para o sistema superior, utilizado é de fibra de vidro e possui capacidade para manter o consumo volume diário de água tratada. Já o reservatório de água cinza tratada superior possui capacidade apesar de ser do mesmo material, possui capacidade volumétrica para a demanda máxima de água cinza tratada no dia.

O sistema adotado para a desinfecção da água filtrada, baseou-se nos trabalhos de Bazzarella (2005), que utilizou pastilhas de cloro em um flutuador com grelha dosadora afim de tratar os efluentes do filtro terciário. Contudo, ela por se tratar de uma demanda de 200L/dia, utilizou uma pastilha de 200g na concentração de 99% de cloro ativo e 1% de água e hidróxido de cálcio ocorrendo a sua dosagem gradativa e reposição de pastilha a cada dois meses e neste trabalho foi utilizado uma pastilha por mês sendo necessária a visita semanal para conferir o processo.

4.4 Avaliação da Viabilidade Econômica do Projeto

Para a avaliação econômica da aplicação do projeto foi levado em conta o valor do investimento inicial necessário a implantação do projeto e o montante economizado todo mês com a aplicação do mesmo.

Para calcular o montante economizado todo mês com a aplicação do projeto, foi feita a relação do consumo de água potável no local de estudo com e sem aplicação do sistema de reuso, com base nas tarifas aplicadas pela companhia DESO-SE (2018) e subtraiu desse valor os gastos com a manutenção do sistema obtendo o montante economizado a cada mês na conta de água.

A valor gasto com manutenção do sistema apesar de conter serviços anuais, teve esse valor diluído em meses para uma melhor compreensão dos valores economizados. Neles estão presentes o custo com a limpeza do reator, com o funcionamento das bombas centrífugas determinado com base nas tarifas da concessionária local (ERNERGISA, 2018), com a compra das as pastilhas de cloro e com a substituição da camada de areia do filtro de areia.

Já para a composição dos custos de investimento inicial, levou-se em conta os serviços e materiais necessários para implantar o projeto e seus custos que no final somados revelando investimento inicial necessário.

O tempo de retorno do investimento foi calculado dividindo o valor inicial investido pelo valor economizado todo mês para assim obter o número de meses necessários para que o sistema se pagasse e começasse a dar lucro.

5 RESULTADOS E DISCURSÕES

5.1 Produção e Consumo de Água Cinza

Com base no consumo de água potável per capita (Sella, 2011) e do consumo de água para limpeza dos pisos (Philippi et al., p. 126 apud Sella, 2011), foi elaborada as tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Número de habitantes e consumo de água na residência.

Número de habitantes	4
Consumo utilizado (L/Hab/dia)	200
Consumo total (L/dia)	800
Consumo total (L/mês)	24000

Tabela 6: Consumo de água para usos em lavagem de pátios e garagens

Área de lavagem (m ²)	250
consumo (L/m ² /dia)	4
consumo total (L/mês)	8000

Através dos dados das tabelas 6 e 7, nota-se que o consumo mensal de água potável na residência equivale a de 32m³.

Os valores correspondentes à produção de água cinza levando em conta a porcentagem que a pia, o chuveiro e a máquina de lavar roupa (tabela 1) contribuem em relação ao consumo per capita de água potável está descrito na tabela 7.

Tabela 7: Volume de água cinza gerado.

Setor da residência	% Consumida	Volume gerado (L/mês)	Volume gerado (L/dia)
Pia	9,5	2280	76
Chuveiro	50,5	12120	404
Máq de lavar roupa	8	1920	64
Total		16320	544

Nota-se que o maior volume gerado é o do chuveiro sendo esse responsável por aproximadamente 74,3% da produção de água cinza enquanto a máquina de lavar é responsável por aproximadamente 12%.

Já a demanda máxima em um dia de água cinza tratada que tem como influência o consumo da bacia sanitária e a limpeza de pisos, está correlacionada na tabela 8 conforme os dados das tabelas 1 e 7.

Tabela 8: Consumo máximo de água cinza em um dia.

Setor da residência	Volume consumido (L/mês)	Volume consumido (L/dia)
Pisos	8000	1000
Bacia sanitária	3360	112
Total	11360	1112

Os dados da tabela 9 possibilitam estimar a economia gerada através da redução de 11360L/mês na conta de água, para isso, utilizou-se o quadro tarifário da companhia de saneamento DESO-SE (2018) na figura 11 e então foi feita a tabela 9.

01 – LIGAÇÕES DE ÁGUA: MEDIDAS			
CATEGORIAS	FAIXAS DE CONSUMO	TARIFAS (R\$)	
	m ³	MINÍMA	R\$/m ³
RESIDENCIAL	até 10	35,64	
	11 a 20		7,97
	21 a 30		12,12
	31 a 50		16,99
	51 a 100		23,63
	>100		30,29
COMERCIAL	até 10	82,35	-
	>10		14,54
INDUSTRIAL	até 30	348,07	-
	>30		18,21
PÚBLICA	até 10	156,83	-
	>10		23,97
02 – LIGAÇÕES DE ÁGUA: NÃO MEDIDAS			
CATEGORIAS	ÁREA DO IMÓVEL	CONSUMO	VALOR DA FATURA
	m ²	ESTIMADO (m ³)	R\$
RESIDENCIAL	até 30	20	115,35
	31 a 60	24	163,83
	61 a 100	28	212,31
	101 a 180	44	474,30
	>180	60	812,45
	COMERCIAL	até 100	30
101 a 250		60	809,02
>250		120	1.681,02
INDUSTRIAL	Qualquer área	300	5.264,00
PÚBLICA	Qualquer área	300	7.108,71

Figura 12: Quadro tarifário da companhia DESO do estado de Sergipe referente ao ano de 2018.
Fonte: DESO, COMPANHIA DE SANEAMENTO DE SERGIPE (2018).

Tabela 9: Porcentagem economizada.

	Sistema sem reúso	Sistema com reúso
Volume utilizado	32	20,64
Valor gasto com água tratada	543,68	250,17
Valor economizado	0	293,51
% de água economizada	0	35,5
% de dinheiro economizado	0	53,99

Analisando os dados da tabela 9, percebe-se que o valor economizado chega a 53,99%. Isto se deve ao fato de que ao cair de categoria de gasto de 31m³ a 50m³ para 21m³ a 30m³, houve uma redução da tarifa de 16,99 R\$ por m³ gasto para 12,12 R\$ por m³ gasto.

5.2 Projeto do sistema de coleta

A partir dos dados de contribuição por cada aparelho da tabela 2, foi calculado o diâmetro nominal das caixas sifonadas. Todas as caixas sifonadas não apresentaram número significantes de UHC, sendo assim, foram dimensionadas para 100mm x 100mm x 50mm.

Já os coletores e subcoletores foram dimensionados com um diâmetro de 100mm como indica a NBR 8160 (1999), pois mesmo possuindo um número baixo de NUHC, a norma indica o uso do diâmetro mínimo de 100mm e inclinação de 1%.

Os ramais de ventilação adotados, possuem diâmetro de 50mm pois estes estão ligados aos coletores. A norma indica que ao se ligar tubos de ventilação a ramais de esgoto com diâmetro de 100mm e com NUHC máximo de 43, estes deveram possuir diâmetro mínimo de 50mm.

5.3 Projeto de Distribuição de Água Cinza

Para dimensionamento do ramal de distribuição foi utilizado como base os dados da figura 8 e o fato do ramal possuir 4 torneiras de jardim e 3 vasos sanitários elaborando assim a tabela 10.

Tabela 10: Distribuição dos pesos

Aparelho	Quantidade	Peso	Peso total
Torneira	4	0,3	1,2
Vaso sanitário	3	0,4	1,2
		Total	2,4

Utilizando 2,4 como o total dos pesos aplicou-se a equação 2 (NBR 5626, 1998) e foi obtido uma vazão de aproximadamente 0,47L/s. a partir do cálculo da vazão, foi feita uma consulta no ábaco (SENAI, 2010) da figura 9 para então um diâmetro de 25mm para a tubulação de distribuição de água fria.

Por conta da bomba utilizada, a tubulação de sucção e recalque possuem as mesmas dimensões, 20mm.

5.4 Projeto dos sistemas de tratamento de água cinza

O reator e o filtro anaeróbios foram orçados na Bakof (2018) para uma capacidade de 600L por dia, já o filtro de área foi dimensionado segundo a equação 3 para uma vazão de 600L/dia obtendo a necessidade de uma área superficial de 6m² estando essa dividida em 2m x 3m além de uma altura de 1,3m.

Além disso, para os reservatórios de água tratada inferior e superior possuem capacidade para volume de 1000L e 1500L por falta de um com volume compatível com a produção de água cinza por dia no mercado no material utilizado, bem como o superior. O reservatório superior possui maior capacidade pois neste a água se acumulará para que a cada 3 dias seja feito o uso da demanda máxima por dia de água cinza tratada.

5.5 Custo de implantação do sistema

Os custos de implantação consistem no orçamento dos equipamentos de tubulação e acessórios como juntas e joelhos, os reservatórios, o reator e o filtro anaeróbios, a construção do filtro de área, o clorador, a bomba hidráulica, e os serviços de implantação dos mesmos. A tabela 11 relaciona os custos por unidade do serviço a quantidade utilizada e o valor total do projeto de coleta e distribuição da água cinza.

As plantas com o sistema de tratamento seguem em anexo para um melhor entendimento do projeto.

Tabela 11: Valores e quantidades gastas com relação ao sistema de coleta e distribuição da água cinza.

Item	Unid.	Quat.	Preço unitario R\$	Total R\$
Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 40 mm, fornecido e instalado	m	9,91	12,7	125,857
Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 mm, fornecido e instalado	m	3,9	18,72	73,008
Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, fornecido e instalado	m	47	35,91	1687,77
Tubo pvc, soldável, água fria dn 25 mm, fornecido e instalado incluso conexões, cortes e fixações	m	22,58	28,77	649,6266
Tubo pvc, soldável, água fria dn 20 mm, fornecido e instalado incluso conexões, cortes e fixações	m	67,16	29,13	1956,371
Caixa sifonada, pvc, dn 100 x 100 x 50 mm, fornecida e instalada	un	4	16,64	66,56
Caixa de inspeção em concreto pré-moldado dn 60cm com tampa h= 60cm	un	3	165,1	495,3
Caixa d'agua fibra de vidro para 1000 litros, com tampa	un	1	259,75	259,75
Caixa d'agua fibra de vidro para 1500 litros, com tampa	un	1	421,44	421,44
Registro de gaveta bruto de latão ½", inclusive conexões, roscável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação.	un	1	37,63	37,63
Registro de gaveta bruto, latão, roscável, 1", fornecimento e instalação	un	2	63,8	127,6
Bomba centrífuga dancor c/ motor elétrico monofásico, dancor serie cam-2	un	2	327,27	654,54
Chave de boia automática superior 10a/250v - fornecimento e instalação	un	2	71,75	143,5
Válvula de retenção vertical ø 20mm (3/4") - fornecimento e instalação	un	1	48,82	48,82
			TOAL	6747,772

Dados obtidos em CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (2018)

Dados obtidos em CASAS BAHIA COMERCIAL E LTDA (2018)

Os dados da tabela 12 demonstram que os gastos com tubos de distribuição de água tratada são os mais altos, sendo responsável por aproximadamente 29% do custo com a implantação dos sistemas de coleta e distribuição de água cinza.

A tabela 12 relaciona os valores das composições dos serviços e quantidades utilizadas para a implantação do sistema de tratamento de água cinza.

Tabela 12: Valores e quantidades gastas em relação a construção do sistema de tratamento de águas cinza.

Item	Un	Quant.	Preço unitario R\$	Total R\$
Escavação manual de cava	m ³	13,0627	24,22	316,3786
Regularizacao e compactacao mecânica de solo	m ²	19,64	2,05	40,262
Lastro de concreto magro, aplicado em pisos ou radiers, espessura de 5cm	m ²	19,64	21,29	418,1356
Fornecimento e assentamento de brita 2 e= 5cm	m ²	7,936	83,55	663,0528
Reaterro manual a cada 25cm, apiloado com soquete.	m ²	1,21	31,66	38,3086
Impermeabilização de estruturas enterradas, com tinta asfáltica, duas demãos.	m ²	1,936	8,32	16,10752
Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, espessura 5cm	m ²	19,64	35,35	694,274
Alvenaria em tijolo cerâmico maciço 5x10x20cm 1/2 vez (espessura 10cm), assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia)	m ²	13,78	44,96	619,5488
Chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto internas, com rolo para textura acrílica. Argamassa traço 1:4 e emulsão polimérica (adesivo) com preparo manual	m ²	13,78	3,99	54,9822
impermeabilização de piso com argamassa de cimento e areia, com aditivo e = 2cm	m ²	6	33,43	200,58
Impermeabilização de paredes com argamassa de cimento e areia, com aditivo impermeabilizante, e = 2cm.	m ²	13,78	28,37	390,9386
Execução de dreno com tubos de pvc corrugado flexível perfurado - dn 100mm	m	3,5	27,74	97,09
Camada horizontal drenante c/ pedra britada 1 e 2	m ³	0,9	115,98	104,382
Leito filtrante – fornec. e enchimento c/ brita no. 4	m ³	0,4	153,56	61,424
Camada drenante com areia media	m ³	4,2	125,84	528,528
Conjunto reator + filtro anaeróbio	un	1	1950	1950
Clorador flutuante sondramar	un	1	39	39
			TOTAL	6232,993

Dados obtidos em CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (2018)

Dados obtidos em CASAS BAHIA COMERCIAL E LTDA (2018)

Observa-se comparando os dados das tabelas 11 e 12 que o custo do sistema de tratamento é bem próximo do gasto o sistema hidráulico. O primeiro com

um custo equivalente a 48% do total para implantar todo o projeto e o segundo 52% do mesmo. O custo para implantar o projeto é 12980,765R\$.

6.2 Custo de manutenção do sistema

Em relação a manutenção, segundo o fabricante do reator (Bakof, 2018), indica apenas a retirada do lodo a cada 6 ou 12 meses feito através dos caminhões limpa fossa cujo valor é de 350R\$ por ano (Limpa Fossa e Desentupidora Veloz, 2018). O filtro anaeróbio não apresenta custo em sua manutenção, pois o mesmo só necessita de lavagem com a própria água de reúso tratada (NBR 13969, 1997).

Com relação ao filtro de área, ele necessita da substituição da camada contaminada de aproximadamente 5cm a cada 12 meses (NBR 13969, 1997). Levando em conta o valor de 125,84 por m³ (Sinapi, 2018), o gasto com a areia diluído mensalmente será de 31,46R\$. Já as pastilhas de cloro são responsáveis pelo gasto de 12R\$ mensais (Casas Bahia, 2018) equivalente ao uso de uma pastilha de 200g a cada mês.

Com relação ao uso de energia elétrica, a bomba dancor CAM-2 1/10 cv 2018, consome em torno de 0,07KWh e recalca a uma vazão de 2,34m³/h ela levaria em torno de 0,23 horas funcionando para elevar todo os 544L de água tratada no dia. Além disso, ela recalca também do filtro de areia para o reservatório inferior de água tratada o que daria 0,46 horas de funcionamento total somando as duas bombas.

Segundo a companhia responsável pelo fornecimento de energia, a ENERGISA (2018), a tarifa para um consumo residencial em 2018, na faixa entre 101 a 220 KWh é de 0,44R\$ por KWh. Tem-se assim um gasto mensal de 6,07R\$.

A tabela 13 apresenta os gastos com manutenção do sistema mensalmente.

Tabela 13: Gastos mensais com manutenção do sistema.

item	gasto mensal R\$
filtro de areia	31,46
pastilha de cloro	12
bomba de recalque	6,07
Limpeza do reator	29,17
Total	78,7

Percebe-se que o gasto com areia e com a limpeza do reator são os mais relevantes. O primeiro equivalendo a 39,97% dos gastos com a manutenção e o segundo a 37,06%.

6.2 Período de retorno.

A soma dos dados das tabelas 11 e 12, implica em um investimento de capital inicial de 12980,765R\$ para implantar o sistema de tratamento de água cinza, cujo custo mensal é de 78,7R\$ como descrito na tabela 13.

A economia gerada pelo sistema, referente a subtração dos valores economizados na conta de água pelo valor gasto com manutenção foi de 214,81R\$ por mês. Levando em conta o capital inicial necessário, tem-se então um período de retorno de aproximadamente 60 meses ou 5 anos. Período até que razoável por conta do padrão social adotado.

7 CONCLUSÃO

Através deste trabalho buscou-se enfatizar o uso das águas cinzas como fonte alternativa de água para uso não potável em uma residência. O sistema a ser implantado demonstra facilidade de instalação e execução além de um período relativamente curto de retorno do investimento inicial.

O investimento inicial necessário ao projeto pode parecer alto para algumas pessoas, mas como o padrão da residência adotada era alto, até pela área da casa, o valor é sim aceitável e pode levar a grandes economias futuras. Além disso, percebeu-se também que quanto maior o volume de água a ser tratado, maior a porcentagem de retorno do sistema de tratamento.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília- DF. 2017. Disponível em: <www.ana.com.br>. Acesso em 10 outubro 2018.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conservação e Reuso da Água em Edificações. Prol Editora Gráfica. São Paulo, 2005.

AISSE, M. M. et al. I-110 - Estudo Comparativo do Reator UASB e do Reator Anaeróbio Compartimentado Sequencial no Tratamento de Esgoto Sanitário. ABES. 2000. Disponível em: <http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_3688.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

ANDRADE NETO, C. O.; ALÉM SOBRINHO, P.; MELO, H. N. S.; AISSE, M. M. Decanto-Digestores. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999^a. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Disponível em: <<https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosabcamposfinal.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

BAKOF INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE FIBERGLASS LTDA. Manual de instalação. Frederico Westphalen, RS. 2011. Disponível em: <<http://www.bakof.com.br/site/files/produtos/reator-e-filtro/manual-de-instalacao-fossa-e-b.pdf>>. Acesso em 30 outubro 2018.

BARBIERI, J. C. Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21. 2.ed. Petropolis: Vozes, 1998.

BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações. 2005. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6573_Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acesso em 10 outubro 2018.

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reúso de água. São Paulo: Manole, 2003. p. 125-174.

BORGES, L. Z. Caracterização da Água Cinza para Promoção da Sustentabilidade dos Recursos Hídricos. 2003. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal Paraná, Curitiba. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/2172/dissertaçãofinal.pdf;sequen ce=1>>. Acesso em 10 outubro 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Conservação e reúso de água em edificações. São Paulo: Prol, 2005. Disponível em: <<http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2014/08/conservacao-e-reuso-de-aguas-2005.pdf>>. Acesso em 13 outubro 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Custos e Composições não Desonerados: Aracaju. Out, 2018. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_663>. Acesso em 1 novembro 2018.

CAL, R. F. Desinfecção de Águas Cinzas por Aplicação de Hipoclorito de Cálcio para Fins de Reuso Não Potável. 2011. 53f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/124539/261.pdf;seque nce=1>>. Acesso em 10 outubro 2018.

CASAS BAHIA COMERCIAL e LTDA. 2018. Disponível em: <<https://www.casasbahia.com.br/>>. Acesso em: 1 novembro 2018.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.20 de 18 de junho de 1986. Classificação das águas doces. Diário Oficial da República Federal do Brasil, Brasília, 30 de julho de 1986.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Agenda 21, 1992. Curitiba, 2001. Ipardes.

COSTA, R. H. P. G., TELLES, D. D. Reuso de Água: Conceitos, Teorias e Práticas. São Paulo: Editora Blucher, 2007

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte, DESA/UFMG, 1997. 246p.

CHRISTOVA-BOAL, D. et al. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. Desalination, v. 106, p. 391–397, 1996. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em 21 jun. 2002.

DANCOR SA INDÚSTRIA MECÂNICA. Centrífuga de Aplicações Múltiplas. CAM-2. 2018. Disponível em: <<http://www.dancor.com.br/dancor-site-novo/public/produtos/CAM-2>>. Acesso em: 1 novembro 2018.

DESO – COMPANHIA DE SANEAMENTO DE SERGIPE. Quadro tarifário. Sergipe. 2018. Disponível em: <<https://www.deso-se.com.br/v2/index.php/clientes/quadro-tarifario>>. Acesso em: 1 novembro 2018.

ENERGISA – Concessionária de Energia de Sergipe. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/>> Acesso em 1 novembro 2018.

EPA – Environmental Protection Agency. Guidelines for reuse. Technology Transfer Manual, EPA/625/R-92/004, Washington D. C. setembro, 1992.

ERIKSSON, E. et al. Characteristics of grey wastewater. Urban Water, v. 4, issue 1, p. 85– 104, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em 21 jun. 2002.

FILHO, S. S. F. Comportamento cinético do cloro livre em meio aquoso e formação de subprodutos de desinfecção. São Paulo: 2008. Pgs 198 - 206.

FINK, D. R.; SANTOS, H. F. A legislação de reuso de água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003. p. 261–290.

GELT, J. et al. Water in the Tucson area: seeking sustainability. Arizona, 2001.

HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídrico, Volume 7, n.4 Out - Dez 2002, p. 75-95.

KIBERT, C.J; KONE, D.L. Guidelines for the use of reclaimed water in the state of Florida. University of Florida, 1992. LAVRADOR FO, J. Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. São Paulo, 1987, 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Hidráulica, Escola Politécnica da USP.

LIMPA FOSSA e DESENTUPIDORA VELOZ. 2018. Disponível em: (79) 3276-1343. Consulta em: 1 novembro 2018.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. A escassez e o reuso de água em âmbito mundial. São Paulo: Manole, 2003.

MAY, Simone. Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. 2009. 223f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/en.php>>. Acesso em 10 outubro 2018.

NARDOCCI, A. D. Avaliação de riscos em reuso de água. In: MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H.F. Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003. p. 403–432.

NSWHEALTH. Greywater reuse in sewerred single domestic premises. Disponível em: <<https://www.health.nsw.gov.au/environment/domesticwastewater/Documents/greywater-reuse-policy.pdf>> Acesso em 20 out, 2018.

OLIVEIRA, L. H de. Metodologia para a implementação de programa de uso racional da água em edifícios. São Paulo, 1999, 344f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP.

_____. O mundo. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, n. 14, p. 6-10, abr-jun, 2000.

ROCHA, S. Ladrão das águas. Revista de Tecnologia da Construção, São Paulo, p.16-20, nov-dez, 1996.

ROSE, J. B. et al. Microbial quality and persistence of enteric pathogens in greywater from various household sources. *Water Research, Britain*, v. 25, n.1, p. 37–42, 1991.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. *Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. Porto Alegre: Antac, v. 2, n.4, out - dez, 2002.

SANTOS, D. C.; SAUNITTI, R. M.; BUSATO, R. O recurso água: promovendo a sustentabilidade do manancial através do uso de bacias sanitárias economizadoras de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL –ABES, n.21, 2001, João Pessoa – PB. CD-ROM. STANDART. *Methods for the examination of water and wastewater*. 200 ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 1998.

SELLA, M. B. Reúso de Águas Cinzas. Avaliação da Implantação do Sistema em Residências. 2011. 87f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/34521/000789725.pdf>>. Acesso em 10 outubro 2018.

SENAI - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Instalações de água fria e quente. Sergipe, 2010.

SPERLING, M.V. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996.

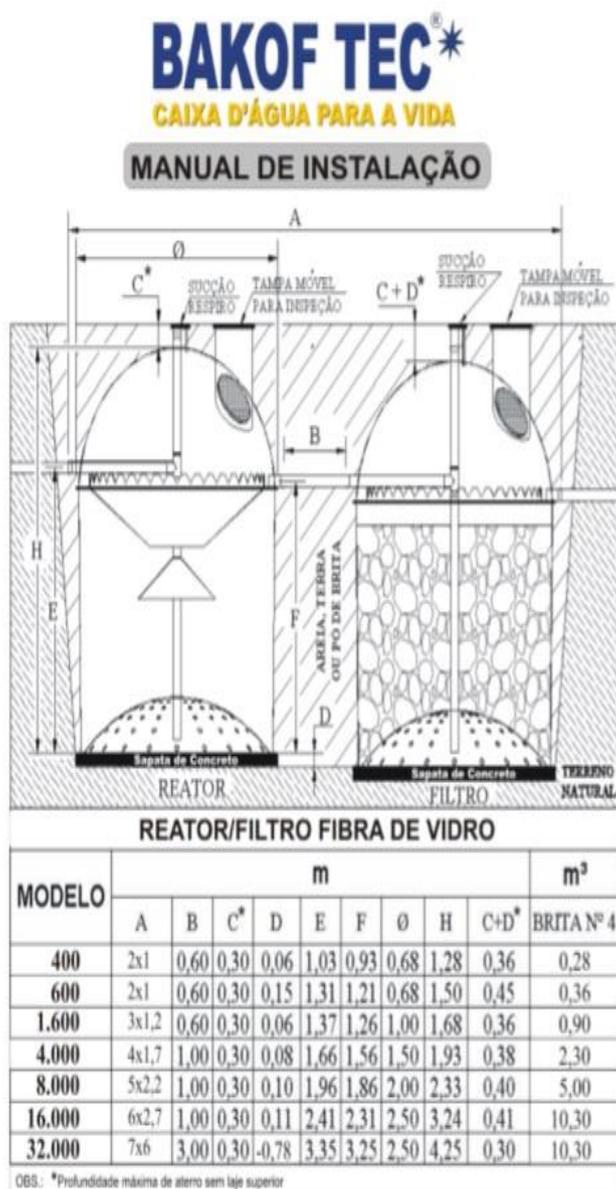
TOMAZ, P. Previsão do consumo de água. Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar, 2000.

TOMAZ, P. Conservação da água.1 ed. São Paulo: Parma, 1998.

WHO & UNICEF. The global water supply and sanitation assessment, 2000. Disponível em:http://www.who.int/water_sanitation_health/globassessment/global.toc.htm >Acesso em 20 out. 2018.

ANEXO A

MANUAL DE INSTALAÇÃO DO REATOR E FILTRO ANAERÓBIO BAKOF

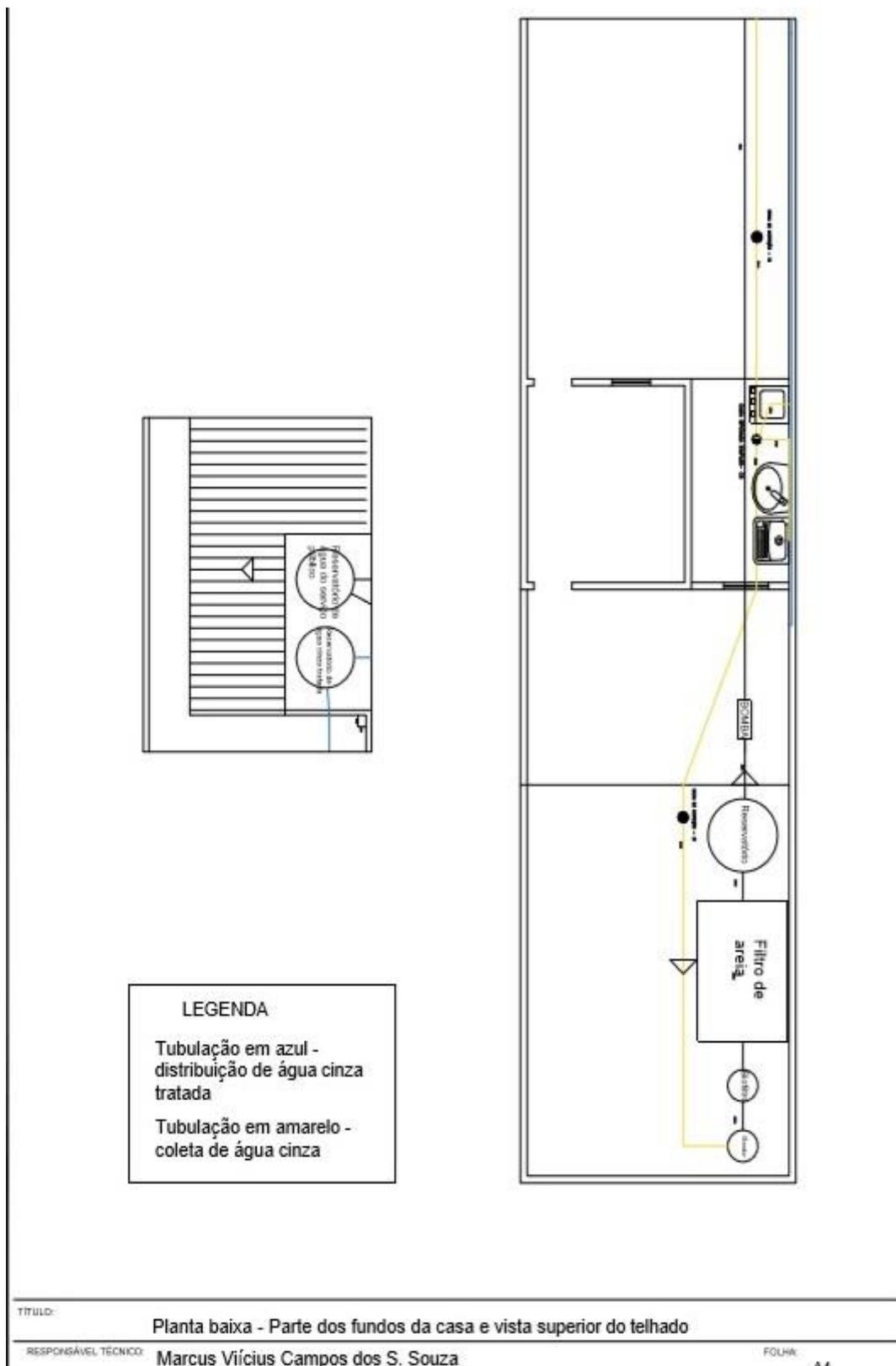
**IMPORTANTE****Reator e Filtro:**

- 1) Escavar o local de instalação e nivelar a terra na base (cuja dimensão deve ser 10 cm maior que cada lado que a base do produto)
- 2) Construir uma **sapata nivelada** em concreto armado que servirá como base para o Reator/Filtro Bakof
- 3) **Realizar as conexões** utilizando anéis de vedação
- 4) **Encher** o Reator e o Filtro Bakof com água; no Filtro preencher com elemento filtrante (brita nº4/condute corrugado em pedaços) até o limite superior de 10 cm abaixo da saída do mesmo
- 5) Deixar o Sistema em **repouso por no mínimo 24h** para assegurar que a estanqueidade foi preservada durante a movimentação, instalação e conexões
- 6) Utilizar **terra peneirada** (livre de pedras ou objetos pontiagudos), **areia ou pó de brita** e efetuar a compactação a cada 25 cm. O aterramento pode ainda ser efetuado em concreto
- 7) Preservar fácil **acesso à tampa de inspeção** para manutenção e limpeza, cuja periodicidade deve ser a cada 12 meses, ou inferior conforme necessidade. Os resíduos devem ser removidos por profissional capacitado e conduzidos a destino licenciado
- 8) Em terrenos arenosos/moedidos/de lençol freático superficial, além de sapata, **realizar a ancoragem** do Sistema
- 9) Caso o Sistema Reator/Filtro Bakof esteja instalado em local de **intensa circulação ou circulação de veículos**, deve ser construída uma laje que não esteja apoiada sobre o produto
- 10) Em caso de dúvidas relativas às características do **solo, lençol freático e especificação civil**, contate um técnico/responsável pela instalação/obra
- 11) Em caso de dúvidas relativas ao produto e instalação, contate a Área Técnica Bakof

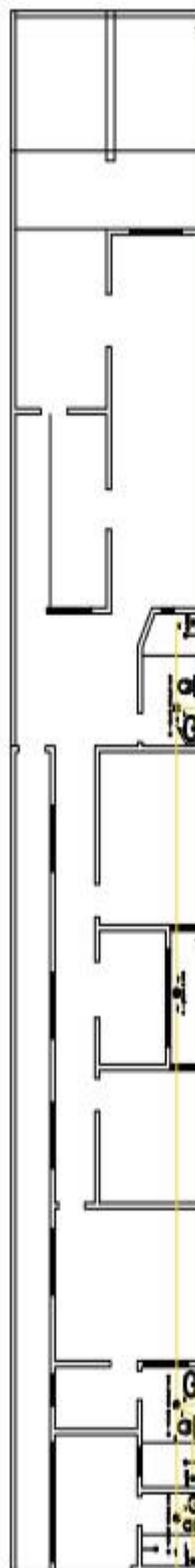
SAC

SISTEMA DE ATENDIMENTO AO CLIENTE
BAKOF INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE FIBERGLASS LTDA.
BR 386 - Km 35 - Frederico Westphalen/RS
CNPJ: 91.967.067/0001-55 - Fone: (55) 3744-3232
bakof@bakof.com.br - www.bakof.com.br

ANEXO B

PLANTA BAIXA CONTENDO O SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA
CINZA

LEGENDA
Tubulação em azul - distribuição de água cinza tratada
Tubulação em amarelo - coleta de água cinza



TÍTULO:

Planta baixa - Parte da frente

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Marcus Vícius Campos dos S. Souza

FOLHA:

A4

ALTA