

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GUILHERME BERTUZZO LIMA

**SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS: ESTUDO DE CASO
PARA IMPLANTAÇÃO EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DE
BAIXO PADRÃO EM FASE DE PROJETO**

CAMPO MOURÃO

2018

GUILHERME BERTUZZO LIMA

**SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS: ESTUDO DE CASO
PARA IMPLANTAÇÃO EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DE
BAIXO PADRÃO EM FASE DE PROJETO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof^ª. Dra. Luciane Vieira do Couto

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS: ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO
EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DE BAIXO PADRÃO EM FASE DE PROJETO**

por

Guilherme Bertuzzo Lima

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15h do dia 19 de abril de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof^a. Me. Maria Cristina Rodrigues
Halmeman**
(UTFPR)

Prof. Me. Paula Cristina de Souza
(UTFPR)

Prof^a. Dra. Luciane Vieira do Couto
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil: **Prof. Dr. Ronaldo Rigobello**

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar eu agradeço a vida por me proporcionar todas as experiências e aprendizados que tiveram seu papel importante em minha formação. Em seguida agradeço aos meus pais que incondicionalmente foram minha base para que todo esse processo fosse possível e que sem seu suporte, mesmo até do outro lado do mundo, conseguiram transmitir todo seu apoio sendo imprescindível para o meu sucesso.

À minha orientadora, prof. Luciane que gentilmente me acolheu nesse projeto e deu o seu voto de confiança para que seguíssemos em frente, e que me auxiliou me dando a direção certa.

Agradeço também aos meus amigos dessa jornada universitária que estiveram comigo em todos os momentos, e que mesmo seguindo caminhos diferentes a partir desse momento estarão sempre em minha vida. Em especial agradeço à alguns deles que tiveram contribuição direta no trabalho: Alessandro, Saulo, Hudson, Thiago.

RESUMO

Com o crescimento da população e o desenvolvimento econômico mundial, a demanda por água potável vem crescendo em ritmo exponencial. Como alternativa, o reuso de águas cinzas surge como forma de reduzir esse consumo. Desta forma esse trabalho visa apresentar um estudo de caso de um sistema de reuso de água cinzas em um condomínio residencial de padrão baixo, comuns aos programas de habitação populares como o Minha Casa Minha Vida, elaborando um projeto de dimensionamento de unidades de tratamento de água (tanque séptico e valas de filtração), assim como a estimativa dos custos através da orçamentação e o tempo de retorno do investimento *payback* descontado. O Sistema de reuso de águas cinzas consiste em segregar as águas cinzas da pia do banheiro e da máquina de lavar das unidades residenciais e encaminhá-las as unidades de tratamento para posteriormente serem reutilizadas na descarga dos vasos sanitários. Essas unidades de tratamento são dimensionadas de acordo como as normas NBR7229 ABNT (1997b) e NBR13969 ABNT (1997a) para um condomínio usado como parâmetro de 420 moradores localizado na cidade de Bauru/SP. Paralelo a elaboração dessas etapas, um questionário foi aplicado junto aos moradores desse condomínio a fim de se verificar a aceitação quanto ao uso dessa água. Através disso foi-se possível verificar que esse sistema seria bem aceito entre esses moradores devido a economia gerada. Em relação ao tempo de retorno do investimento, será preciso 15 meses e 7 dias de funcionamento do sistema para que a redução no consumo de água potável da distribuidora pague o valor investido, indicando um tempo relativamente pequeno em relação a vida útil de qualquer empreendimento desse porte, embora esse retorno não necessariamente volte as mãos daqueles que originalmente fizeram o investimento, como é o caso das construtoras.

Palavras-chave: Tratamento de água. Sustentabilidade. Reuso.

ABSTRACT

With the population growth and world economic development, the water demanding is increasing and becoming even higher. As an alternative, the greywater reuse emerges to reduce the consumption. In this way, this paper aims to present a study case of a greywater reuse system in a low standard residential condominium, commonly constructed in the governmental social programs such as the *Minha Casa Minha Vida*, elaborating the design of treatments units (Septic tank and filter trench) as well as the estimate of the costs through the budgeting and the payback. The greywater reuse consists in segregate it from the bathroom sink and the washing machine and canalize it to the treatment units in order to be used for flushing afterwards. These treatment units are designed in accordance with the NBR7229 ABNT (1997b) and NBR13969 ABNT (1997a) standards for a condominium used as a reference, which is located in Bauru, state of Sao Paulo, Brazil. In parallel, a survey has been applied in this condominium in order to verify the residents' acceptance in regard to this greywater usage for flushing. It has been pointed out that the vast majority is favorable, mainly because of the money saving. In regards to the payback, it will take about 15 months and 7 days of the system in operation so that the consumption's reduce pays the amount invested in it, which indicates a relative little time if it be considered in relation to the real estate development lifetime, although this return not necessarily gets back to those hands which originally made the investment, such as the construction companies.

Keywords: Water treatment. Sustentability. Reuse.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Exemplo de funcionamento de tanque séptico.	13
FIGURA 2 – Sistema subterrâneo de filtração através de valas.	14
FIGURA 3 – Corte longitudinal da vala de filtração.	14
FIGURA 4 – Fluxograma das etapas para a elaboração do projeto.	16
FIGURA 5 – Fachada frontal do condomínio referência	17
FIGURA 6 – Esquematização do sistema de tratamento da água cinza.	18
FIGURA 7 – Dispositivos de interrupção automática do fluxo de água nas valas.	21
FIGURA 8 – Clorador desenvolvido para o uso no reservatório.	22
FIGURA 9 – Resultados do questionário aplicado.	28
FIGURA 10 – Tabela de contribuição diária de esgoto contida na norma.	32
FIGURA 11 – Tabela de período de retenção em função da contribuição contida na norma.	33
FIGURA 12 – Tabela de taxa de acumulação total de lodo (K) em dias por faixa de temperatura e período de limpeza.	33
FIGURA 13 – Projeto arquitetônico e cortes do tanque séptico	39
FIGURA 14 – Projeto arquitetônico e cortes da vala de filtração	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Terminologia utilizada no tratamento de efluentes.	7
TABELA 2 – Consumo de água por aparelho hidráulico.	19
TABELA 3 – Fluxo de caixa mensal.	25
TABELA 4 Orçamento detalhado do tanque séptico de acordo com a tabela da SINAPI.	34
TABELA 5 Orçamento detalhado das valas de filtração de acordo com a tabela da SINAPI.	36
Tabela 6 - Orçamento detalhado dos custos gerais de acordo com a tabela da SINAPI.	37

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CEF	Caixa Econômica Federal
ETAC	Estação de Tratamento de águas cinzas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
WHO	World Health Organization
WWC	World Water Council

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVOS.....	5
2.1 OBJETIVO GERAL.....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3 JUSTIFICATIVA.....	6
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
4.1 TERMINOLOGIA UTILIZADA.....	7
4.2 OPERAÇÕES UNITÁRIAS EMPREGADAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES	7
4.3 O REUSO COMO ALTERNATIVA E O SEU USO NO BRASIL E NO MUNDO	9
4.4 ÁGUA CINZA.....	10
4.4.1 Definição e composição	10
4.5 MÉTODOS DE TRATAMENTO UTILIZADOS NA ETAC	11
4.5.1 Tanque séptico.....	12
4.5.2 Valas de filtração.....	13
4.5.3 Desinfecção por cloração.....	14
4.6 AVALIAÇÃO FINANCEIRA DO INVESTIMENTO EM REUSO DE ÁGUA	15
4.6.1 <i>Payback</i>	15
5 METODOLOGIA	16
5.1 O CONDOMÍNIO RESIDENCIAL USADO COMO PARÂMETRO.....	16
5.2 ESCOLHA DOS MÉTODOS DE TRATAMENTO	17
5.3 PROCESSO E OPERAÇÃO DO SISTEMA DA ETAC	18
5.4 DIMENSIONAMENTO DO TANQUE SÉPTICO A PARTIR DA NORMA NBR7229/1992.....	19
5.5 DIMENSIONAMENTO DA VALA DE FILTRAÇÃO A PARTIR DA NBR13969/1997.....	20
5.6 CLORAÇÃO POR CONTATO	21

5.7 QUESTIONÁRIO APLICADO SOBRE A ACEITAÇÃO DO SISTEMA DE REUSO	22
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6.1 VALOR TOTAL DO SISTEMA.....	23
6.2 CÁLCULO DO RETORNO DO INVESTIMENTO	24
6.3 QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO.....	27
REFERÊNCIAS.....	29
APÊNDICE A – TABELAS PARA DIMENSIONAMENTO DO TANQUE SÉPTICO	32
APÊNDICE B – ORÇAMENTO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO.....	34
B.1 TANQUE SÉPTICO.....	34
B.2 VALA DE FILTRAÇÃO	36
B.3 CUSTOS GERAIS	37
APÊNDICE C – PROJETO ARQUITETÔNICO E CORTES.....	39
C.1 TANQUE SÉPTICO.....	39
C.2 VALA DE FILTRAÇÃO	40
APÊNDICE D – MODELO DE QUESTIONÁRIO APLICADO	41

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento econômico e populacional experienciados atualmente em âmbito mundial, a demanda por água doce acompanha esse crescimento pressionando as reservas disponíveis. Embora vive-se em um planeta coberto por dois terços de água, 97,5% são provenientes dos oceanos. Do restante, apenas 0,3% estão dispostas na forma de rios e lagos exploráveis para consumo (SHIKLOMANOV, 1998). O resultado disso é que segundo estimativas, dentro de um período de 25 anos, até dois terços da população enfrentem escassez de água potável (BARLOW; CLARKE, 2003).

Trazendo esse cenário para o Brasil, o qual detém cerca de 13,8% da reserva mundial de água potável (FREITAS; SANTOS, 1999), verifica-se que embora tenha um sistema de controle e legislações avançadas, segundo (CAMPANILI, 2003), o país ainda caminha a passos lentos para atingir uma gestão eficiente dos seus recursos hídricos: Ainda segundo Campanili, o Brasil desperdiça 40% de toda a água tratada e que o consumo médio diário é de aproximadamente 200 L.hab⁻¹.dia⁻¹. A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) sugere o total de 40 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Diante desses dados Barros e Amin (2008) conclui que: o fato de o país deter uma certa abundância de água, motiva um consumo despreocupado com sua escassez. Políticas voltadas ao consumo racional ainda são vistas como desnecessárias, já que há a disponibilidade do recurso.

É dentro contexto apresentado que o reuso de águas cinzas se torna uma alternativa para o uso racional da água. Por água cinza entende-se toda aquela água residuária que não é proveniente do vaso sanitário, ou seja, são provenientes de lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinhas, mas que não contém efluentes sanitários. (JEFFERSON et al., 2000)

Nesse sentido, já existem ações isoladas como na cidade de Niterói/RJ, por exemplo, que promulgou a Lei No 2630/2009 que obriga novas edificações públicas ou privadas que tenham área impermeabilizada superior a quinhentos metros quadrados que adotem reservatórios de águas pluviais, e posteriormente recebeu uma extensão de obrigações: a Lei N° 2856/2011, que passassem também a reutilizar as águas cinzas após o devido tratamento (NITERÓI, 2009). No mesmo sentido, a cidade de Macaé/RJ aprovou o projeto de Lei No 022/2016 que prevê o uso de águas cinzas em aplicações urbanas que não necessariamente requeiram água potável,

como lavagem de ruas, praças, monumentos, desobstrução e limpeza de galerias de águas pluviais entre outros (MACAÉ, 2016).

Infelizmente, o assunto como citado acima, ainda está em fases iniciais, carecendo inclusive de uma norma e legislação específica que direciona a implantação e uso. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), muito do desconhecimento e não adesão ao sistema se deve a essa falta de regulamentação. Nesse sentido, as pesquisas e aplicações do reuso de águas cinzas têm sido baseadas nas experiências de sucessos nacionais e internacionais e na qualificação das águas geradas em estabelecimentos que já detém o sistema como o caso de Fiori et al. (2008) no qual efetua análises laboratoriais em amostras de água cinza gerada em diferentes edificações, antes e depois de tratamento e comparando-as a padrões estabelecidos de acordo com seu uso final.

Regulamentação e pesquisa laboratorial a parte, há um outro fator muito importante que é preponderante para se difundir a prática do reuso que é a viabilidade econômica e prática da execução de um projeto que contempla a diferenciação da água residuária cinza das demais e posterior tratamento e uso. Portanto é uma área que deve ser explorada também afim de difundir ainda mais a cultura do reuso. É justamente nesse aspecto que o presente trabalho irá se aprofundar, detalhando-o dentro de um planejamento definido o quão exequível o reuso é dentro das edificações, mais especificamente em condomínios residenciais, verificar também quão economicamente viável dentro do mercado da construção civil atual e por fim como ela seria aceita entre o usuário final. Esse último merece uma reflexão. Embora a ideia de se reutilizar e reciclar a água seja teoricamente moderna e progressista, na prática ela ainda encontra certa resistência devido ao fato de que o público em geral tende a confundi-la com o esgoto convencional. Portanto o presente trabalho tem como princípio simular um sistema de reuso de águas cinzas em condomínios residenciais em fase de projeto, além de verificar sua viabilidade financeira e por fim investigar a reação do público em geral quanto ao seu uso.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a viabilidade econômica e técnica de um sistema de reuso de águas cinzas para o uso na descarga de sanitários em novos condomínios residenciais de baixo e médio padrão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar uma estação de tratamento de águas de reuso (ETAC) composta por fossa séptica, valas de filtração e cloração em função da população e demanda de acordo com as normas NBR7229/1992 e NBR13969/1997;
- Elaborar o orçamento do sistema utilizando a planilha do SINAPI a fim de determinar estimativa de custo;
- Encontrar o tempo de retorno do investimento *payback* descontado em função do investimento x economia gerada;
- Avaliar a aceitação do uso da água cinza tratada para descarga do vaso sanitário, por parte da população de um condomínio residencial, através da aplicação de um questionário.

3 JUSTIFICATIVA

Embora haja, como citado na introdução do trabalho, o paradigma de que o Brasil é um país abundante em água e que políticas voltadas ao seu uso racional ainda não encontrem campo necessário para seu florescimento, é importante que literatura a respeito seja criada e esteja disponível para consulta. É importante também e que deva ser levado em consideração quanto a adesão de novas tecnologias, a visão do mercado e seus agentes ao dispender altos investimentos no emprego delas, como nesse caso da reutilização das águas cinzas. Ela, ao ser implantada em um condomínio em fase de construção e venda de unidades, não parece agregar valor de mercado, o qual é o primeiro fator buscado por esses agentes, criando-se um obstáculo. Nesses casos de impasse, o poder público pode intervir e atuar como um moderador sancionando leis e baixando decretos, como citado acima nos casos da cidade de Macaé e Niterói no estado do Rio de Janeiro. Nesse sentido, toda literatura acerca do tema deve ser encarada como alicerce para que a incorporação do sistema, como um processo construtivo, seja natural.

Além da questão ecológica e econômica geral, há também a questão da economia financeira interna dos condomínios residenciais implicitamente ligada ao tema. No condomínio usado como parâmetro para o dimensionamento da ETAC, aproximadamente 15% do custo total mensal de manutenção condominial se deve a conta de água, constante na fatura mensal de manutenção (A conta de água não é individualizada), implicando em ser um assunto constante causador de divergências, e ao se utilizar de um sistema que economiza até cerca de 20% no consumo, a questão se atenua.

Portanto, é desta forma o presente trabalho visa atender a essas duas demandas, trazendo à tona um sistema simples e de fácil operação e que não seja custoso inicialmente para entrar em operação.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao se deparar com estudo do tratamento de efluentes, algumas terminologias são empregadas no que se refere a avaliação quantitativa e qualitativa do mesmo. A tabela 1 refere-se a elas e sua compreensão faz-se necessária para o entendimento do tema.

4.1 TERMINOLOGIA UTILIZADA

Tabela 1. Terminologia utilizada no tratamento de efluentes.

Terminologia		Descrição
Coliformes		Grupo de bactérias que indica presença de contaminação por parasitas intestinais.
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio	Parâmetro que indica a quantidade de oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica na água por parasitas intestinais.
DQO	Demanda química de oxigênio	Parâmetro que mede a matéria orgânica degradável como a não biodegradável que pode ser oxidada por meios químicos.
<i>Escherichia coli</i>		Bactéria da família <i>Enterobacteriaceae</i> que é o indicador mais específico de contaminação fecal e de organismos patogênicos presentes na água.
pH		Concentração hidrogeiônica que determina a alcalinidade, neutralidade ou acidez de uma substância.
Turbidez		Propriedade dos fluidos que indica a presença de sólidos em suspensão que impedem a passagem de luz diminuindo sua transparência.

Fonte: JORDÃO; PESSOA, 1975

4.2 OPERAÇÕES UNITÁRIAS EMPREGADAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

O princípio no tratamento de efluentes é de que o corpo receptor de água não sofra alterações dos parâmetros de qualidade nos quais são fixados para a região de lançamento. Portanto partindo desse princípio, um efluente deverá ser tratado a partir de métodos que satisfaçam esses parâmetros de qualidade (JORDÃO; PESSOA,

1975). Ainda segundo Jordão, métodos esses que podem ser diversos e são formados por uma série de operações unitárias, que removam substâncias indesejadas ou que as transforme em outras que são aceitáveis. Entre essas operações unitárias destaque-se:

Troca de gás: Adição de gás ao corpo para fins diversos, como adição de ar para criar condições aeróbias ou de cloro para a desinfecção.

Gradeamento: É a utilização de grades finas, funcionando como uma peneira para retenção de sólidos mais grossos.

Sedimentação: Operação na qual a capacidade de carreamento e de erosão da água é diminuída a fim de que partículas em suspensão sedimentem para o fundo através da ação da gravidade, facilitando sua remoção posteriormente. A sedimentação da areia é um exemplo dessa operação.

Flotação: A capacidade de carreamento e de erosão é diminuída também, porém com o empuxo da água aumentado, as vezes com agentes flotantes que tornam as partículas mais leves que a água, que sobem à superfície e são removidos.

Coagulação química: Operação na qual são adicionadas substâncias químicas a fim de se juntarem com partículas em suspensão formando flocos que sedimentem melhor, facilitando o processo de remoção.

Precipitação química: Adição de substâncias químicas solúveis que reagem com as substâncias presentes no efluente precipitando-os para a atmosfera.

Filtração: Processo no qual as matérias em suspensão na água são anexadas em filtros como carvão, grãos de areia ou outro material granular, que posteriormente são removidos.

Desinfecção: Processo de inativação de organismos vivos infecciosos, como por exemplo a cloração, adição de ozônio ou o uso de raios ultravioletas sobre o esgoto.

Oxidação biológica: Uso de microrganismos para a decomposição da matéria orgânica contida no efluente, transformando substâncias complexas em outras mais simples.

4.3 O REUSO COMO ALTERNATIVA E O SEU USO NO BRASIL E NO MUNDO

Primeiramente entende-se por reuso como o aproveitamento de águas residuais após determinado tratamento para algum fim específico, podendo ser esses como irrigação e limpeza urbana, irrigação agrícola, resfriamento em processos industriais, etc o que descarta a necessidade do uso de água potável para usos considerados menos nobres. (JEFFERSON et al., 2000).

O reuso da água como alternativa de fornecimento para determinadas atividades vem sendo utilizada desde o início do século passado na Europa e Estados Unidos principalmente na agricultura e ao longo do tempo diversos projetos floresceram em diversas partes do mundo. Em 1926 todo o sistema de descarga de vasos sanitários do parque nacional do Grand Canyon nos Estados Unidos passou a ser feita a partir de água de reuso tratada. Outro grande potencial dessa água é o reabastecimento de lençóis freáticos, principalmente em regiões mais secas como é o caso da cidade de El Paso no Texas (região conhecida como árida e desértica) que em 1985 passou a utilizar a água de reuso para abastecer seus aquíferos, principal fonte de água da região (EDDY et al., 2003).

É nesse âmbito que a cultura do reuso de água pode ser incorporado, pois o efeito que a falta de água em grandes metrópoles pode provocar é violento, como ocorreu em Nova Delhi, Índia em 1993. A partir desse aspecto tem-se o conceito da “substituição de fontes” que reserva a água de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico e o consequente consumo humano. Em 1985 o Conselho Econômico e Social da ONU estabeleceu políticas de gestão hídrica em regiões carentes com base nesse conceito “A não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior”.

Atualmente o reuso de água continua sendo mais comumente utilizado em regiões secas, sendo por exemplo nos Estados Unidos os principais empregos da água de reuso em ordem de quantidade: a irrigação na agricultura (a Califórnia corresponde por 22% do total utilizado no país, estado conhecido como seco), seguida da irrigação urbana e fins paisagísticos, o uso em processos industriais, a recarga de aquíferos e usos não-potáveis em geral como descarga de vasos sanitários, reserva de combate a incêndio e etc (ANGELAKIS; SNYDER, 2015).

Infelizmente no Brasil não se verifica a mesma política adotada no qual é possível verificar em países desenvolvidos. Segundo Salati et al. (1999), isso se deve talvez por desconhecimento dessa tecnologia e por motivos socioculturais. Pode-se acrescentar ainda, segundo Barros e Amin (2008) que devido a mentalidade do brasileiro de que o país é abundante em água o uso racional de água ainda não é visto como preponderante. Entretanto, já existem casos de atividades de reuso isolados para fins agrícolas, porém estes são exercidos de forma informal e sem cuidados ambientais e de saúde (TELLES; COSTA, 2007). Há de se destacar ainda que o setor ainda não é devidamente regulamentado no país. Isso se faz necessário também para que a prática seja cada vez mais adotada adequando-o assim para o contexto brasileiro (TELLES; COSTA, 2007).

4.4 ÁGUA CINZA

4.4.1 Definição e composição

Segundo Jefferson et al. (2000) águas cinzas são aquelas águas residuárias provenientes de pias, chuveiros, máquinas de lavar, pias de cozinha entre outras que não seja de vasos sanitários, bidês e urinol. Por se tratar de efluente heterogêneo (que pode ser composto de diversos tipos de fontes), suas características são diversas e podem ser influenciadas pela água do abastecimento, pela rede de distribuição, uso de produtos, local coletado, faixa etária, classe social, etc. (RAMPELOTTO et al., 2014).

4.4.1.1 Características físicas

Entre as características físicas podemos destacar a presença de areia, cabelo, fibras de roupas entre os mais comuns (MAY, 2009). Esses materiais sólidos podem causar o entupimento do sistema, portanto sua remoção é um ponto a ser considerado antes mesmo do tratamento em geral. Ainda segundo May (2009), os efluentes provenientes da pia de cozinha e de máquinas de lavar louça são os que apresentam maior concentração de sólidos suspensos totais, já os provenientes de máquinas de lavar possuem a maior concentração de sólidos dissolvidos.

4.4.1.2 Características químicas

No caso do pH do efluente, ele depende de alguns fatores como o ponto de coleta e também o próprio pH da água potável de abastecimento, no entanto, o pH das águas cinzas tendem para uma sensível alcalinidade devido aos produtos químicos como o sabão. Em relação a óleos e graxas, estes estão presentes na variação de $8,0 \text{ mg.L}^{-1}$ a até 78 mg.L^{-1} e são provenientes principalmente de óleos e gorduras no preparo de alimentos e resíduos do corpo humano provenientes da transpiração. Em relação a fosfatos, concentrações de 23 a 80 mg.L^{-1} podem ser encontrados provenientes principalmente de detergentes. (MAY, 2009) Em relação a DBO e a DQO os valores encontrados na pesquisa feita por Burnat e Mahmoud (2004), oscilaram entre 222 e 375 mg.L^{-1} e 600 a 850 mg.L^{-1} respectivamente.

4.4.1.3 Características microbiológicas

Embora não haja contribuição dos vasos sanitários, principal fonte de microrganismos patogênicos, atividades como lavagem de mãos, de roupas ou banho podem ser possíveis fontes desses microrganismos. Dessa forma, de uma forma geral, segundo a WHO as águas cinzas contém coliformes termo tolerantes e outras bactérias que inviabilizariam o uso para a descarga de vasos sanitários, já que poderia haver o contato humano direto, requisitando dessa forma a desinfecção (ORGANIZATION et al., 1973).

4.5 MÉTODOS DE TRATAMENTO UTILIZADOS NA ETAC

Assim como no princípio do tratamento de efluente citado acima, que dita que a remoção de poluentes deverá ser de acordo com os parâmetros exigidos para a região do corpo receptor, a NBR 13969/97 sugere quais métodos de tratamento devem ser utilizados para a disposição final dos efluentes do esgoto, e em caso de reuso o faz dividindo os usos em classes de acordo com a exigência de pureza:

- Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos

totais inferior a 200 mg.L⁻¹; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg.L⁻¹ e 1,5 mg.L⁻¹. Nesse nível, serão geralmente necessários tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante;

- Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes: turbidez inferior a cinco, coli forme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg.L⁻¹. Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;

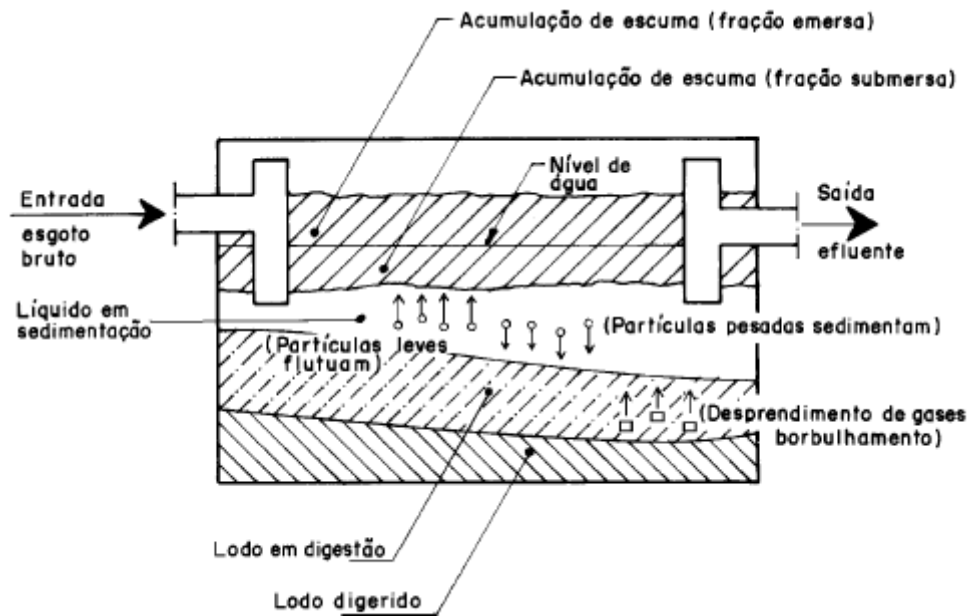
- Classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;

- Classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg.L⁻¹. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

4.5.1 Tanque séptico

Inventada em 1860 por Jean Louis Mouras na França que consiste em um dispositivo de tratamento de água residuárias primária composta por uma câmara que retém o esgoto sanitário por um tempo permitindo a sedimentação dos sólidos e a retenção do material graxo, transformado através de microrganismos anaeróbios em substâncias mais simples e estáveis. Desta forma, em uma fossa séptica ocorrem várias operações unitárias de tratamento simultaneamente como a decantação e a oxidação biológica (JORDÃO; PESSÔA, 1975). Para seu dimensionamento e operação, no Brasil existe a NBR 7229 (ABNT, 1997) que define os parâmetros necessários, inclusive o tempo de detenção citado acima. A figura 1 ilustra o funcionamento de um tanque séptico geral.

Figura 1 – Exemplo de funcionamento de tanque séptico.

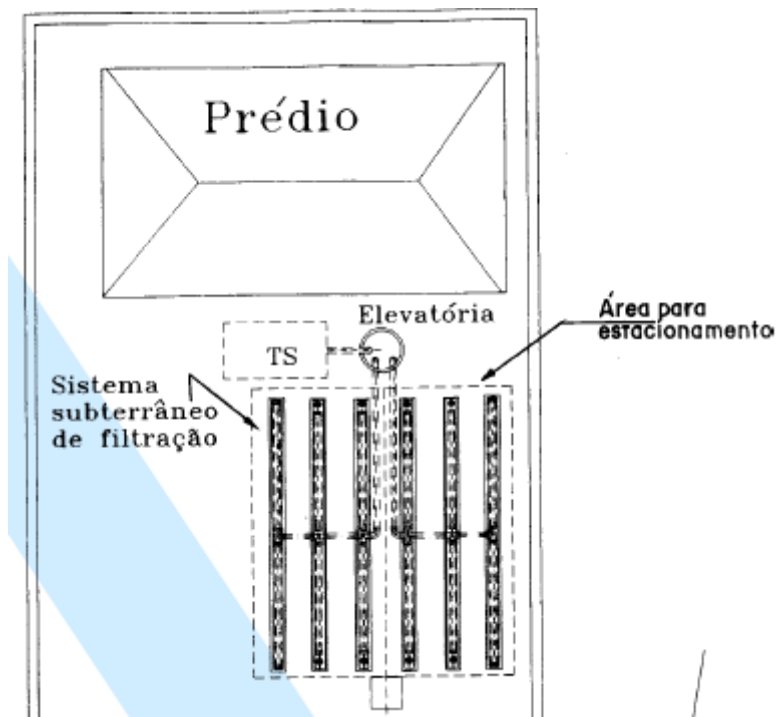


Fonte: NBR7229 (ABNT, 1992)

4.5.2 Valas de filtração

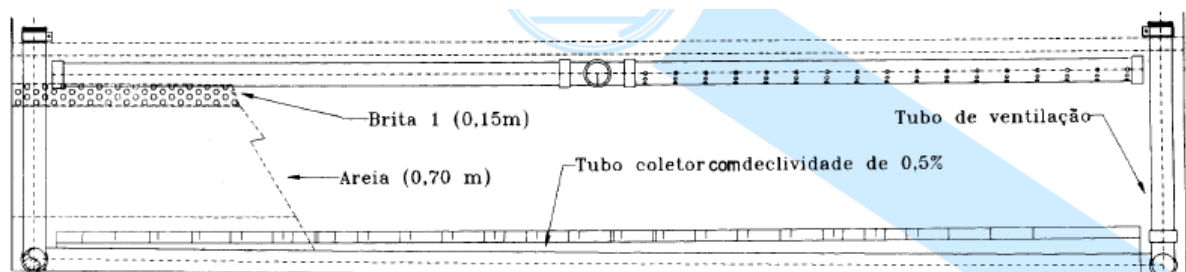
As valas de filtração são dispositivos compostos por canalizações superpostas entre si (canalização de entrada e saída) havendo entre elas a camada filtrante que é constituída de areia e brita. É um método de tratamento que gera efluente de alta qualidade e que remove elevada quantidade de poluentes, mas que é relativamente dispendiosa por requerer altas quantidades de área superficial, no entanto podem ser feitas subterraneamente, eliminando um problema comum que é a falta de espaço (JORDÃO; PESSÔA, 1975). As figuras 2 e 3 ilustram uma vala típica.

Figura 2 – Sistema subterrâneo de filtração através de valas.



Fonte: NBR13969 (ABNT, 1997)

Figura 3 - Corte longitudinal da vala de filtração.



Fonte: NBR13969 (ABNT, 1997)

4.5.3 Desinfecção por cloração

O processo de desinfecção se refere a parcial destruição de organismos vivos que são causadores de doenças, microrganismos esses que são classificados em quatro categorias: bactérias, protozoários, helmintos e vírus. Há diversos tipos de processos de desinfecção e entre eles a cloração. A desinfecção usando clorina é um dos métodos mais utilizados ao longo do mundo por ser um método que satisfaz grande parte dos requisitos necessários como segurança no uso e manuseio, homogeneidade, capacidade de destruição de microrganismos, preço no mercado

entre outros apresentando resultados satisfatórios na desinfecção (EDDY et al., 2003) e justamente por esse motivo será utilizado na ETAC.

4.6 AVALIAÇÃO FINANCEIRA DO INVESTIMENTO EM REUSO DE ÁGUA

Ao se deparar em uma situação de dispendir capital para se fazer um investimento em qualquer área é necessário efetivar um estudo econômico que analisa a viabilidade financeira de tal projeto. A engenharia econômica é o estudo que lida e objetiva a análise econômica de decisões sobre investimentos (FILHO; KOPITTKÉ, 2011). Existem diversos métodos de análise, e entre eles o método do prazo de retorno, também chamado de prazo de recuperação do investimento ou simplesmente *payback*.

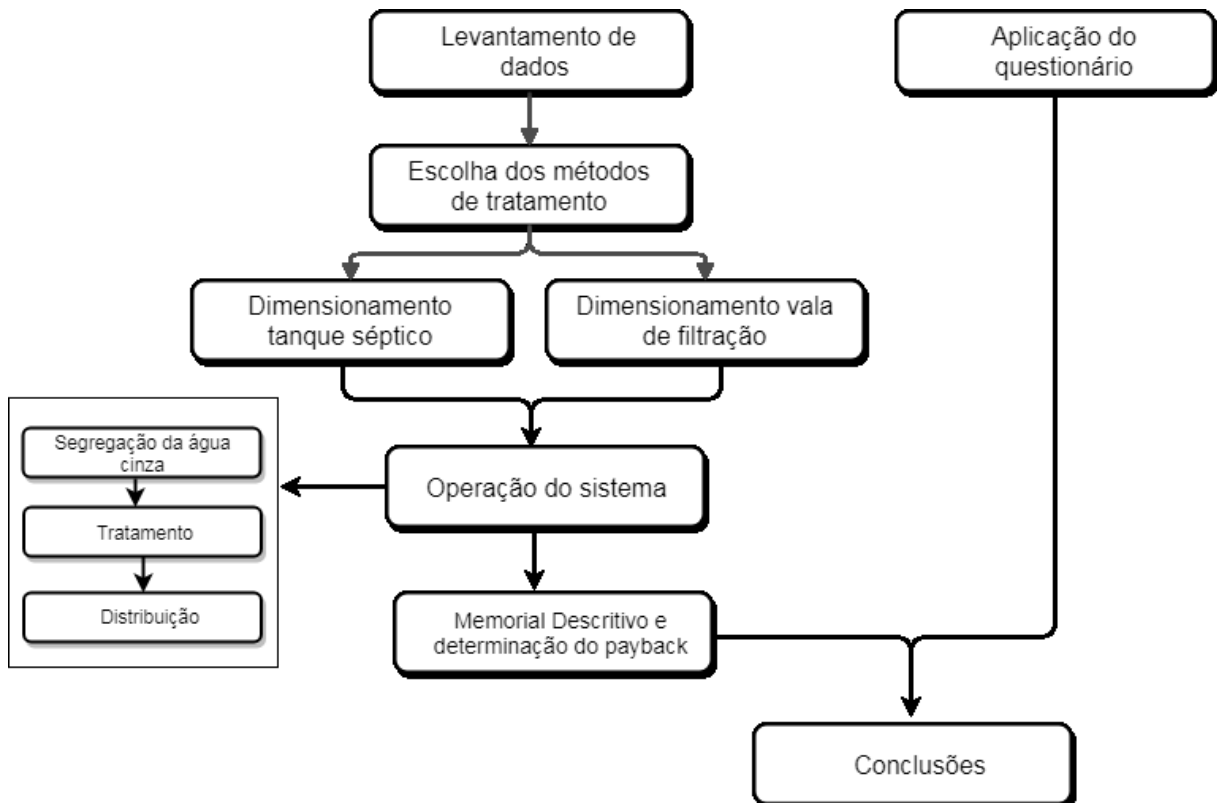
4.6.1 *Payback*

O "*Payback*" é o termo designado ao tempo transcorrido no qual um projeto paga seu investimento inicial. (HIRSCHFELD, 2009). Nesta modalidade de avaliação de investimento há duas formas de análise: O *Payback* simples que trata da recuperação do investimento sem considerar o valor temporal do mesmo, como por exemplo o efeito da inflação e juros e o *payback* descontado que leva esses fatores em consideração. No presente trabalho, será considerado o *payback* descontado por se aproximar mais da realidade e por ser um bom parâmetro de análise.

5 METODOLOGIA

Para a elaboração do trabalho, uma linha do tempo foi seguida. Desde o levantamento dos dados necessários para o dimensionamento das unidades de tratamento até a determinação do *payback* após a determinação do custo pelo orçamento. O fluxograma da figura 4 ilustra todas as etapas seguidas.

Figura 4 – Fluxograma das etapas para a elaboração do projeto.



Fonte: Autoria Própria.

5.1 O CONDOMÍNIO RESIDENCIAL USADO COMO PARÂMETRO

Para o desenvolvimento do projeto, um condomínio residencial localizado na cidade de Bauru/SP foi utilizado como parâmetro. Este condomínio possui uma área de 100x100m com 9 blocos de 16 unidades residenciais cada, totalizando 140 apartamentos. Atualmente 15% deles estão vazios, não sendo possível obter o consumo médio diário exato de água no momento da pesquisa no caso de todas unidades estarem ocupadas, no entanto através do consumo percapita que é encontrado dividindo-se o consumo atual (55,8m³) pela quantidade de residentes

(360) obtém-se o valor de $155 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$. Estendendo esse valor para a quantidade de moradores máxima (140 apartamentos x 3 moradores cada) chega-se ao valor de 65m^3 diários, valor referência que será utilizado nos dimensionamentos. Cabe também ressaltar que nesse condomínio a conta de água não é individualizada, sendo então o consumo total rateado entre todos os moradores. Fato esse que acaba estimulando o seu uso não racional, segundo esses moradores, pelo fato de não punir financeiramente aqueles quem cometem excessos de consumo.

Figura 5 – Fachada frontal do condomínio referência.



Fonte: Autoria Própria.

5.2 ESCOLHA DOS MÉTODOS DE TRATAMENTO

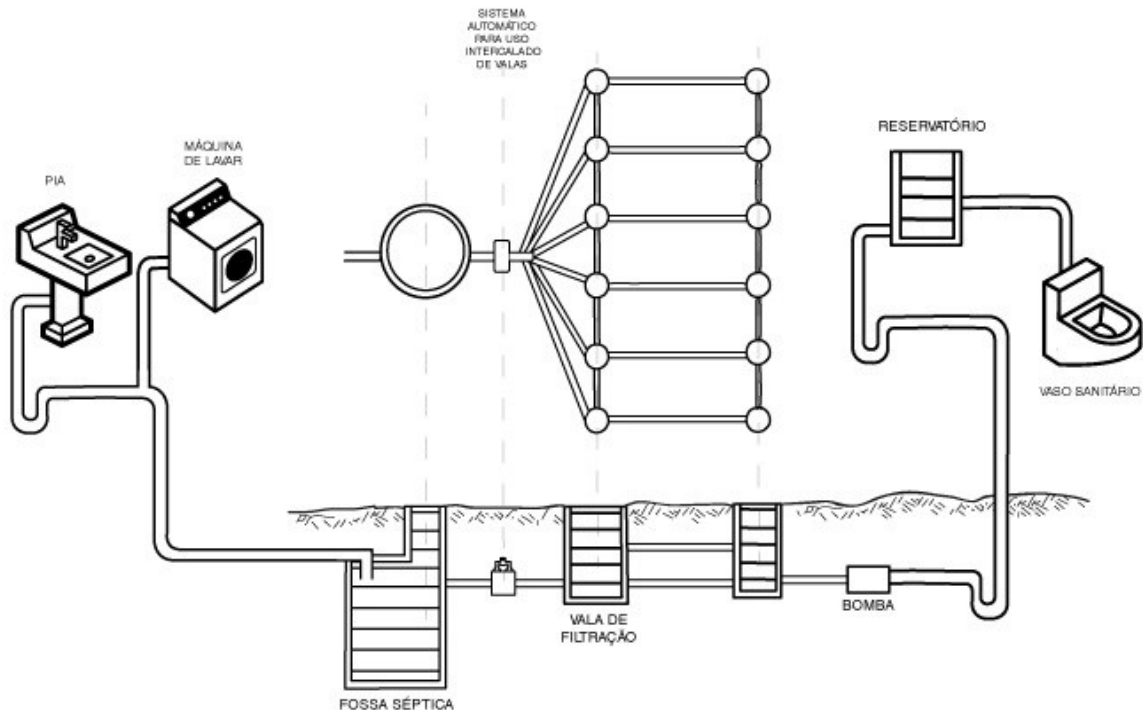
O sistema de tratamento das águas cinzas será composto pelo tanque séptico, mais a vala de filtração e posteriormente a cloração por contato. Essa escolha se deu pela simplicidade de operação e construção, além do investimento a ser disponibilizado combinados com a eficiência na remoção de poluentes. Segundo a

ABNT NBR13969 a remoção de DBO e DQO ultrapassam os 60% e a remoção de coliformes fecais em mais de 99,5%.

5.3 PROCESSO E OPERAÇÃO DO SISTEMA DA ETAC

Dentro desse contexto residencial, o propósito do sistema de reuso é tratar e viabilizar a água cinza para que possa ser utilizada na descarga do vaso sanitário. Esse processo de tratamento envolve a coleta da água cinza (geradas a partir do efluente da máquina de lavar e lavatório), e sua disposição no tanque séptico dimensionado a partir da norma NBR7229 ABNT (1997b) para detenção. Após a detenção o afluente é encaminhado ao tratamento complementar que é composto por valas de filtração que são dimensionadas a partir da NBR13969 ABNT (1997a). Por se tratarem de grandes volumes de afluente, a área superficial demandada pelo tanque e valas seriam altas, desta forma elas serão dimensionadas subterrâneas, não inviabilizando qualquer área útil do condomínio. Por fim, após a passagem pela filtração na vala, o efluente será disposto em reservatórios o qual será submetido a cloração por pastilhas acopladas no sistema hidráulico.

Figura 6 – Esquemática do sistema de tratamento de água cinza.



Fonte: Autoria Própria

5.4 DIMENSIONAMENTO DO TANQUE SÉPTICO A PARTIR DA NORMA NBR7229/1992

Para o dimensionamento da fossa alguns parâmetros iniciais precisam ser definidos. Como mencionado acima, a água cinza será utilizada no vaso sanitário. Segundo May (2009), em seu trabalho de caracterização de águas cinzas, cita que a descarga do vaso, que é composta por caixa acoplada econômica, consome 14% de água potável de uma residência, portanto dos 65m³ consumidos diariamente no condomínio, aplicando-se uma margem de segurança de 2%, 10,4m³ de água cinza deverão ser geradas e tratadas diariamente. A tabela 2 traz os valores de consumo de água por aparelho hidráulico em uma residência de acordo com três instituições diferentes: A USP, o IPT/PNCDA e a empresa de materiais hidráulicos DECA.

Tabela 2 – Consumo de água por aparelho hidráulico.

Consumo residencial de água potável	Porcentagem de consumo		
	USP	IPT/PNCDA	DECA
Vaso Sanitário	29%	5%	14%
Chuveiros	28%	54%	46,7%
Lavatório	6%	7%	11,7%
Pia de cozinha	17%	17%	14,6%
Tanque	6%	10%	4,9%
Máquina de lavar roupas	5%	4%	8,1%
Máquina de lavar louças	9%	3%	-
TOTAL	100%	100%	100%

Fonte: May (2009).

Os valores disponibilizados pela pesquisa da DECA, empresa que é líder no mercado de louças sanitárias (ANFACER, 2018), se assemelham aos valores que May (2009) encontrou em seu trabalho de caracterização de águas cinzas, e que tratam de vasos sanitários que possuem a caixa acoplada econômica, o mesmo que é utilizado nos apartamentos desse condomínio. Para manter a coerência, os valores de consumo por aparelho usados nos dimensionamentos foram os dessa pesquisa. Portanto, é possível gerar a água cinza necessária para atender o consumo segregando apenas o efluente da máquina de lavar roupas e do lavatório, o que resulta num total de 19,1% do consumo doméstico. Portanto dos 65m³ consumidos diariamente, será gerado um volume de 12,4m³ de água cinza para o tratamento.

A partir daí a norma diz que o volume útil do tanque se dá por:

$$V = 1000 + N(CT + KLf) \quad (1)$$

Em que:

V = Volume útil, em litros.

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição.

C = contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (Figura 10, apêndice A)

T = período de detenção, em dias (Figura 11, apêndice A).

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (Figura 12, apêndice A).

Lf = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (Figura 10, apêndice A).

N = 12400/159,76, N = 81, C = 130 Pessoa padrão médio, T = 0,5 Contribuição mais que 9000 L, K = 185 Período de limpeza 4 anos e temperatura ambiente entre 10 e 20 C, Lf = 1 Ocupantes permanentes.

Aplicando-se esses parâmetros, têm-se um tanque de 21.250L ou 21,25m³ de formato prismático, por facilidade de execução de 2,5m de profundidade por 4,20mx2,10m de comprimento e largura respectivamente, construída em alvenaria estrutural dimensionadas a partir da norma NBR8798 e lajes superiores e inferiores de concreto armado de acordo com a NBR6118 ABNT (2014). O projeto arquitetônico e especificações do tanque se encontram no apêndice.

5.5 DIMENSIONAMENTO DA VALA DE FILTRAÇÃO A PARTIR DA NBR13969/1997

Para o dimensionamento da vala segundo a NBR13696 dois critérios devem ser atendidos: A taxa de aplicação do efluente para filtragem seja de 100L.dia⁻¹.m⁻² e que as aplicações sejam intercaladas em períodos máximos de 6 horas. Referente a taxa de aplicação, a área necessária filtrante será 12400/100 = 124m², divididos em 6 valas de 20,7mx1m. Para atender o critério de intercalação, utilizou-se um sistema composto por duas válvulas solenoides controlados por um timer que interrompem o fluxo do efluente para a vala, desta forma três valas estarão em operação e três permanecem inativas ao mesmo tempo por 6 horas, invertendo-se nas 6 horas

subsequentes e assim por diante. A figura 7 ilustra os dispositivos que serão utilizados para controlar o sistema de valas. O projeto arquitetônico e as especificações da vala se encontram no apêndice do trabalho.

Figura 7 – Dispositivos de interrupção automática do fluxo de água nas valas.

ESP-RZX

Controladores



PEB e PESB

Válvulas elétricas 1, 1 1/2, 2 (26/34, 40/49, 50/60)

Válvulas



Fonte: O fabricante (RAINBIRD, 2018)

5.6 CLORAÇÃO POR CONTATO

Para efetuar a desinfecção da água, será utilizada a cloração por contato através de pastilhas compostas de cloro estabilizado acopladas a um clorador desenvolvido pela EMBRAPA e aperfeiçoada pela EMATER-MG para o uso dentro do reservatório. Cada pastilha tem a capacidade de desinfetar 15.000L de água por um período de 30 dias de acordo com o fabricante. (PACE, 2018)

Figura 8 – Clorador desenvolvido para o uso no reservatório.



Fonte: Emater-MG (2014)

5.7 QUESTIONÁRIO APLICADO SOBRE A ACEITAÇÃO DO SISTEMA DE REUSO

Durante a elaboração de todas as etapas do trabalho, um questionário foi aplicado para os moradores desse condomínio a fim de verificar a posição geral a respeito de se usar esse sistema. O questionário foi aplicado individualmente para os condôminos em uma reunião ordinária que ocorre mensalmente e em uma assembleia de deliberação de pautas, onde havia maior quórum. O modelo do questionário encontra-se no apêndice D.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a determinação do investimento financeiro foi-se necessário elaborar o orçamento das estruturas através das planilhas do SINAPI. O SINAPI consiste em planilhas criadas em conjunto pela CEF e pelo IBGE na qual o primeiro é responsável pela elaboração de composições de serviços, especificação de insumos e toda a base técnica, ao passo que o IBGE é o responsável pela pesquisa mensal do preço de cada composição. Na junção desses tópicos, a SINAPI serve como referência de preços para serviços contratados (FEDERAL, 2018). Desta forma, para elaborar o orçamento das unidades de tratamento, basta consultar as etapas construtivas das mesmas em suas respectivas composições, pegar os valores unitários e multiplicar pela quantidade utilizada. Por exemplo, para se construir o tanque séptico, é necessário executar previamente a escavação de solo do volume correspondente (21,25m³), encontrar a composição adequada na planilha, assim como o preço por m³ escavado e multiplicar por esse volume correspondente. Efetua-se esse procedimento para a etapa seguinte e assim por diante.

6.1 VALOR TOTAL DO SISTEMA

Utilizando-se então o sistema SINAPI para elaboração do orçamento, chegou-se no valor total do empreendimento de **R\$58.344,31**, usando-se como referência as planilhas do SINAPI do mês de janeiro de 2018. O orçamento detalhado das duas unidades de tratamento encontra-se no apêndice.

A este valor encontrado deve-se incluir o BDI, que simboliza o total de Benefícios e Despesas Indiretas, que é um índice que contabiliza todas as despesas que não estão contabilizadas diretamente nos valores de insumos e serviços. Para o trabalho, utilizou-se o índice de 22,12% sobre o valor total da obra. Esse índice é o valor recomendado pelo Acórdão 2622/2013 do Tribunal de Contas da União (TCU, 2013).

Portanto, o valor considerado para efeito de tempo de retorno é:

$$58.344,31 * 1,2212 = 71.250,07$$

(2)

6.2 CÁLCULO DO RETORNO DO INVESTIMENTO

Para o efeito do cálculo do retorno do investimento, o *payback* descontado se dá:

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1+i)^j}; 1 \leq t \leq n \quad (3)$$

Onde:

FCC(t) é o valor atual do capital, ou seja, o fluxo de caixa descontado (para o valor presente) cumulativo até o instante t;

I é o investimento inicial (em módulo), ou seja, -I é valor algébrico do investimento, localizado no instante 0 (início do primeiro período);

R_j é a receita proveniente do ano j;

C_j é o custo proveniente do ano j; e

i é a taxa de juros empregada.

j é um índice genérico que representa os períodos j=1 a t.

Verifica-se pela fórmula que o tempo do retorno é simplesmente o tempo t em que o valor atual do capital (FCC) é maior que zero. Nos primeiros meses, a partir do ponto que o investimento inicial I é muito maior que a somatória dos fluxos de caixa positivos que serão mostrados na Tabela 3 depois da aplicação da taxa de juros que neste caso compreende a meta da taxa SELIC para 2018 de 0,52% ao mês FEDERAL (2018).

Para o cálculo do *payback*, portanto, faz-se necessário a elaboração do “fluxo de caixa” mensal onde o montante economizado é determinado. Para montar o fluxo de caixa é preciso elencar todas as despesas e a receita. Como despesas têm-se o consumo de energia elétrica pela bomba e controladores no valor de R\$15,00 e a reposição de pastilhas de cloro no valor de R\$14,30. Como receita, tem-se a economia de água, o qual faz-se necessário verificar junto a empresa distribuidora de água os valores exatos economizados, que são calculados através da fórmula (4) abaixo:

$$T = 9,92 * C + 0,60 * 9,92 * C + 0,40 * 9,92 * C \quad (4)$$

Onde;

T = Valor total da conta de água em R\$.

C = Consumo mensal de água em m³.

A primeira parcela da equação refere-se ao consumo de água em si, a segunda parcela a coleta de esgoto e a terceira a um fundo para custear uma estação de tratamento de esgoto na cidade (DAE, 2018)

Portanto, com o consumo mensal de 1.950m³ sem o sistema de reuso e um consumo estimado de 14% menos com o sistema tem-se uma economia mensal de R\$5.237,76. A Tabela 3 abaixo sumariza o fluxo de caixa.

Tabela 3 – Fluxo de caixa mensal.

Fluxo de Caixa	Valor
Despesas	
Consumo de energia elétrica	(15,00)
Reposição de pastilhas	(14,30)
Receitas	
Economia de água	5.237,76
Total	5.194,16

Fonte: **Autoria Própria**

Ao aplicar o fluxo de caixa, a taxa de juros da meta da SELIC de 0,52% a.m. e o valor do investimento inicial, tem-se o tempo de retorno do investimento *payback* de **15 meses e 7 dias.**

Nesse ponto do trabalho, pode-se comparar a um estudo semelhante (GONÇALVES et al., 2011) que verifica sobre o reuso de águas cinzas em um edifício residencial na cidade de Vitória/ES (Edifício Royal Blue) e paralelamente a um hotel na cidade de Macaé/RJ (Hotel Confort Suites). Um dos parâmetros analisados nesse estudo, dentre outros, foi exatamente o tempo de retorno do investimento. No edifício Royal Blue (Vitória/ES) o tempo determinado foi de 4,5 anos a 8,5 anos. No hotel Confort Suites em Macaé o tempo estimado pelo estudo foi de 50 meses. É uma diferença significativa em relação a este trabalho. Isso se deve, embora sem precisão, muito provavelmente a dois fatos: Muito embora o artigo não deixe claro os dois edifícios tiveram de passar por reformas para adaptar a rede hidráulica e segregar a

água cinza, encarecendo muito o processo, pois toda uma rede estabelecida deve ser alterada antes da implantação do sistema, e o segundo motivo, embora menos impactante é a utilização de métodos de tratamento mais avançados como os reatores anaeróbios e filtros biológicos. Esses métodos de tratamento, geralmente instalados por empresas especializadas no ramo, demandam uma área de instalação muito pequena, ponto crítico nesses dois edifícios por se tratarem de edificações verticais com pouca área livre. Problema esse que não precisa ser enfrentando em condomínios residenciais fechados que possuem área comum relativamente grande e que pode se utilizar de área subterrânea, como é o caso aqui proposto.

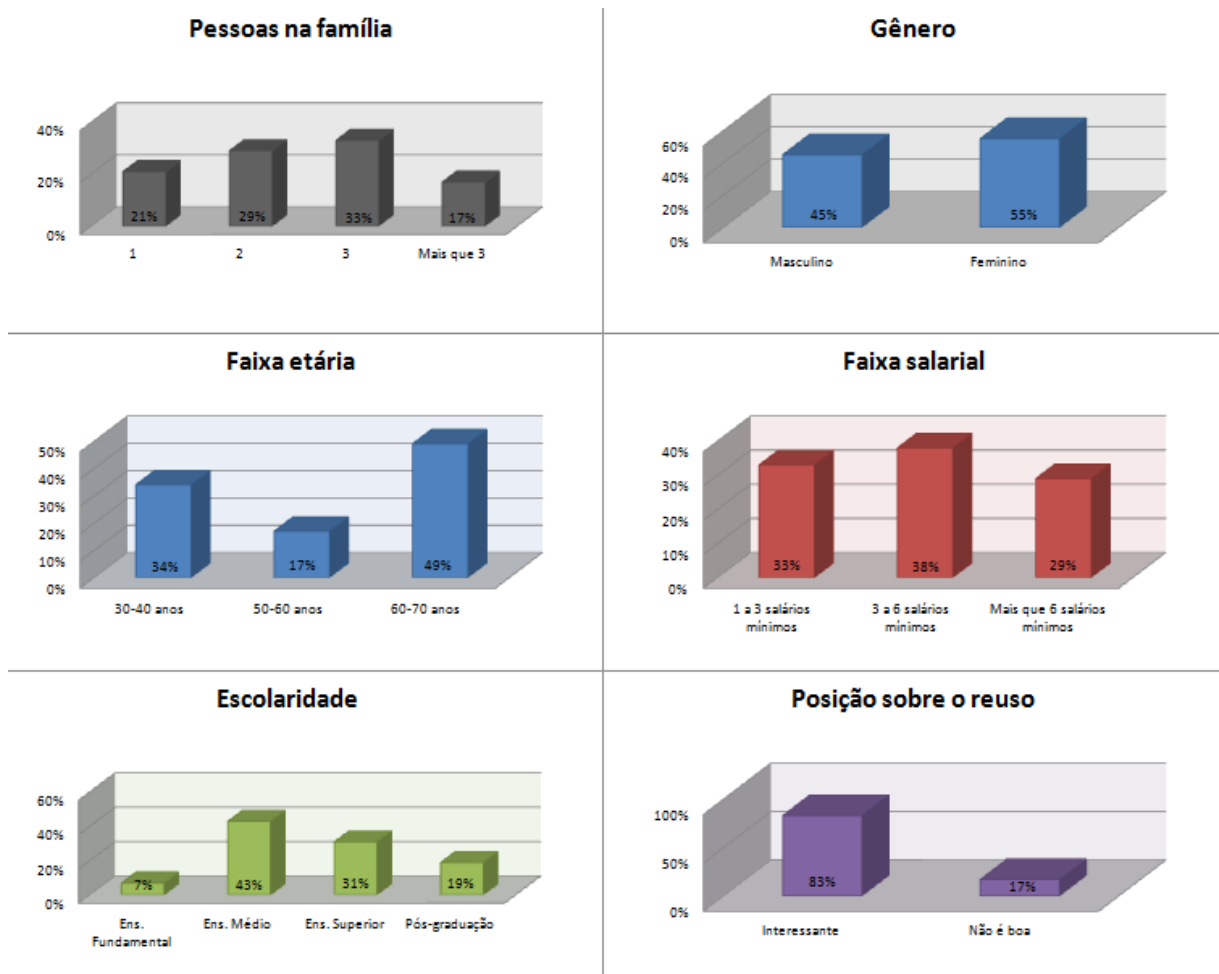
Um outro ponto a se destacar é em relação ao interesse das construtoras. Como demonstrado, o sistema de reuso é um sistema simples e relativamente viável sua adoção. No entanto, o sistema não agregaria valor de revenda imediato do empreendimento o que não as favorece. Quando o sistema se paga, muito provavelmente as unidades residenciais já estão em posse dos proprietários o que não garante o valor investido em suas mãos. Desta forma, seria improvável que ele seja adotado, a não ser por força maior como é o caso das leis citadas anteriormente na cidade de Macaé e Niterói. Entretanto, a tendência seria justamente essa. Casos de seca como o que aconteceu em São Paulo no sistema Cantareira em 2014 (BBC, 2014) tendem a mobilizar o poder público a buscar soluções nesse sentido.

Outro ponto importante é: durante a finalização desse trabalho, entre os dias 18 a 23 de março foi realizado o fórum mundial da água na cidade de Brasília, evento anual organizado pela WWC, e em resposta às discussões propostas o senado aprovou no dia 20 de março a PLS 252/2014 que trata de incentivos fiscais para imóveis com eficiência energética e hidráulica. O texto dispõe ainda que essas medidas deverão ser incluídas no Estatuto das cidades e prevê que os prédios da União deverão adotá-las se comprovada sua eficiência e viabilidade econômica (SENADO, 2018).

6.3 QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Nos dias 11 de janeiro e 29 de março de 2018, o questionário (anexo 2) foi aplicado para os condôminos presentes na reunião e assembleia. Desta forma o assunto foi introduzido quase que em uma pauta condominial, o que gerou no entrevistado um panorama do sistema de reuso em seu dia a dia, em caso de adoção. Nesses dois dias, 42 pessoas foram entrevistadas no total e através dos dados coletados, foi possível traçar um perfil dos moradores. A idade destes variou principalmente em duas faixas: dos 30 a 40 anos e dos 60 a 70 anos. Isso indicou que em sua maioria, os moradores compreendem em jovens adquirindo seu primeiro imóvel e iniciando suas famílias e idosos que residem principalmente sozinhos. O sexo dividiu-se quase que igualmente. A escolaridade dos moradores manteve-se principalmente entre os níveis médio e superior, salvo pequenas exceções, do ensino fundamental e da pós-graduação. A grande maioria mora em 3 ou mais pessoas no apartamento. Dentre os que moram sozinhos, estão os idosos da faixa dos 60 a 70 anos como citado acima. A faixa salarial variou igualmente entre os que ganham de 1 a 3 salários mínimos, de 3 a 6 e os que ganham de mais de 6, indicando certa heterogeneidade na condição financeira. Quanto a adoção do sistema de reuso, a posição geral foi amplamente favorável. Isso, provavelmente se deve ao fato da economia na conta de água gerada, algo muito pautado nessas reuniões e que pode ter influenciado o resultado final. Dos votos contrários a adesão ao sistema, uma pessoa se disse favorável se amostras dessa água fossem coletadas, analisadas e comprovadas sua segurança quanto ao uso. A Figura 9 contém gráficos que ilustram o perfil descrito acima.

Figura 9 – Resultados do questionário aplicado.



Fonte: Autoria Própria

REFERÊNCIAS

ABNT, N. 13969. **Tanques sépticos-Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos-Projeto, construção e operação**, 1997.

ABNT, N. 7229: **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT, N. 6118 (2014). **Design of concrete structures—Procedure, Brazilian Technical Standards Association**, Rio de Janeiro, 2014.

ANFACER. **The Brazilian Ceramic Is The Highlight, For The Second Consecutive Year, Of The Largest Design Festival Of The World. 2018**. Disponível em: <<http://www.exporevestir.com.br/the-brazilian-ceramic-is-the-highlight-for-the-second-consecutive-year-of-the-largest-design-festival-of-the-world1>>. Acesso em: 24/05/2018

ANGELAKIS, A. N.; SNYDER, S. **A.Wastewater treatment and reuse: Past, present, and future**. [S.l.]: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2015.

BARLOW, M.; CLARKE, T. **Ouro azul**. São Paulo: M. Books, 2003.

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. **Água: um bem econômico de valor para o brasil e o mundo**. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 4, n. 1, 2008.

BBC. **Maior crise hídrica de São Paulo expõe lentidão do governo e sistema frágil**. 2014. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/03/140321secasaopaulorb>>. Acesso em: 18/03/2018.

BURNAT, J.; MAHMOUD, N. **Evaluation of on-site grey wastewater treatment plants performance in bilien and biet-diko villages, palestine**. In: **Bridging the Gap Conference**. [S.l.: s.n.], 2004.

CAMPANILI, M. **No brasil, há déficit em meio à abundância**. São Paulo: Agência Estado, Caderno Ciência, 2003.

DAE. **Calcule sua conta de água**. 2018. Disponível em: <<http://www.daebauru.com.br/2014/tarifas/tarifas.php?pagina=1>>. Acesso em: 12/03/2018.

EDDY, M. . et al. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. [S.l.]: McGraw Hill, 2003.

EMATER-MG. **Tratamento de Água clorador de pastilhas**. Belo Horizonte, 2014.

FEDERAL, C. E. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. [S.l.], Janeiro 2018.

FEDERAL, R. **Taxa de juros Selic**. 2018. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-eparcelamentos/taxa-de-juros-selic>>. Acesso em: 12/03/2018.

FILHO, N. C.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. [S.l.]: Atlas, 2011.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações**. CEP, v. 99001, p. 970, 2008.

FREITAS, M. A. V. d.; SANTOS, A. H. M. **Importância da água e da informação hidrológica**. (ed.). o estado das águas no brasil; perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. 1999.

GONÇALVES, R. F.; SIMÕES, G. Martinelli da S.; WANKE, R. **Reuso de águas cinzas em edificações urbanas estudo de caso em vitória (es) e macaé (rj)**. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, v. 3, n. 1, p. 120–131, 2011.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 2009.

JEFFERSON, B. et al. **Technologies for domestic wastewater recycling**. *Urban water*, Elsevier, v. 1, n. 4, p. 285–292, 2000.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. [S.l.]: Cetesb, 1975.

MACAÉ, C. M. D. **Câmara aprova reuso da água pelo governo municipal**. 2016. Disponível em: <<http://www.cmmacae.rj.gov.br/camara-aprova-reuso-da-agua-pelogoverno-municipal/>>. Acesso em: 09/11/2017.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2009.

NITERÓI. LEI No 2630, DE 07/01/2009. Niterói, RJ: **Câmara Municipal de Niterói**, 2009.

ORGANIZATION, W. H. et al. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards, report of a who meeting of experts [meeting held in Geneva from 30 november to 6 december 1971]**. Geneva: World Health Organization, 1973.

PACE. **Pace tripla ação (tablete) - como usar**. 2018. Disponível em: <<https://www.cloropace.com.br/?product=pace-tripla-acao-tablete>>. Acesso em: 07/03/2018.

RAINBIRD. **Rainbird - Válvulas.** 2018. Disponível em: <<https://www.rainbird.com.br/>>. Acesso em: 19/03/2018.

RAMPELOTTO, G. et al. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reuso doméstico.** Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

SALATI, E.; LEMOS, H. d.; SALATI, E. **Água e o desenvolvimento sustentável. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**, v. 2, p. 39–64, 1999.

SENADO. **Senado aprova incentivo a construções ambientalmente sustentáveis.** 2018. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2018/03/20/senado-aprovaincentivo-a-construcoes-ambientalmente-sustentaveis>>. Acesso em: 01/04/2018.

SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century: a summary of the monograph world water resources.** Unesco, 1998.

TELLES, D. D.; COSTA, R. **Reúso da água: Conceitos, teorias e práticas.** [S.l.: s.n.], 2007.

APÊNDICE A – TABELAS PARA DIMENSIONAMENTO DO TANQUE SÉPTICO

Figura 10 - Tabela de contribuição diária de esgoto contida na norma.

Unid.: L

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência			
padrão alto	pessoa	160	1
padrão médio	pessoa	130	1
padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos ^(A)	bacia sanitária	480	4,0

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Fonte: NBR7229 (ABNT, 1992)

Figura 11 - Tabela de período de detenção em função da contribuição contida na norma.

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

Fonte: NBR7229 (ABNT, 1992)

Figura 12 - Tabela de taxa de acumulação total de lodo (K) em dias por faixa de temperatura e período de limpeza.

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

Fonte: NBR7229 (ABNT, 1992)

APÊNDICE B – ORÇAMENTO DAS UNIDADES DE TRATAMENTO

B.1 TANQUE SÉPTICO

Tabela 4 – Orçamento detalhado do tanque séptico de acordo com a tabela da SINAPI.

Item	Código SINAPI	Descrição	Un.	Qtde.	Custo	Total
1. Serviços preliminares						
1.1 Limpeza do Terreno	73859/002	CAPINA E LIMPEZA MANUAL DE TERRENO	m	17,00	R\$1,56	R\$26,52
1.2 Escavação	83338	ESCAVACAO MECANICA, A CEU ABERTO, EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA, COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA, CAPACIDADE DE 0,78 M3	m ³	40,30	R\$2,54	R\$102,56
2. Fundações						
2.1 Lastro	94962	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	m ³	0,50	R\$240,18	R\$120,09
2.2 Lançamento	92874	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	m ³	0,50	R\$32,44	R\$15,22
2.3 Fabricação fôrmas	92271	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM. AF_12/2015	m ²	1,26	R\$26,11	R\$32,90
2.4 Montagem fôrmas	92481	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA COM ÁREA MÉDIA MENOR OU IGUAL A 20 M, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_12/2015	m ²	1,26	R\$170,02	R\$214,23
2.5 Armação	92785	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. 12/2015	Kg	115,00	R\$8,26	R\$949,90
2.6 Concretagem	92725	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015 (CONCRETO FCK=25)	m ³	0,88	R\$314,93	R\$277,77
3. Infraestrutura						

3.1 Alvenaria Estrutural	89454	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM, (ESPESSURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M, SEM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA. AF_12/2014	m ²	31,50	R\$51,99	R\$1637,69
3.2 Armação 10mm	89996	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_01/2015	kg	210,00	R\$6,09	R\$1278,90
3.3 Armação 12mm	89997	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 12,5 MM. AF_01/2	kg	125,00	R\$5,10	R\$637,50
3.4 Grauteamento	89993	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	m ³	2,50	R\$626,59	R\$1566,48
4 Superestrutura						
4.1 Armação	92785	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. 12/2015	kg	115,00	R\$8,26	R\$949,90
4.2 Fabricação de fôrmas	92271	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM. AF_12/2015	m ²	8,82	R\$26,11	R\$230,29
4.3 Montagem fôrmas	92481	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA COM ÁREA MÉDIA MENOR OU IGUAL A 20 M, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_12/2015	m ²	8,82	R\$170,02	R\$1149,59
4.4 Concretagem	92725	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015 (CONCRETO FCK=25)	m ³	0,88	R\$304,37	R\$268,45
5 Hidráulica						
5.1 Tubos e conexões	89849	TUBO PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 150 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM SUBCOLETOR AÉREO DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014	m	5,00	R\$42,02	R\$216,75
6 Impermeabilização						
6.1 Impermeabilização	5968	IMPERMEABILIZACAO DE SUPERFICIE COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA (MEDIA), TRACO 1:3, COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, E=2CM	m ²	31,50	R\$42,02	R\$1323,63
					TOTAL	R\$11.349,15

Fonte: Autoria Própria

B.2 VALA DE FILTRAÇÃO

Tabela 5 - Orçamento detalhado das valas de filtração de acordo com a tabela da SINAPI.

Item	Código SINAPI	Descrição	Un.	Qtde.	Custo	Total
7. Serviços preliminares						
7.1 Limpeza do Terreno	73859/002	CAPINA E LIMPEZA MANUAL DE TERRENO	m	125,00	R\$1,56	R\$195,00
7.2 Escavação	83338	ESCAVACAO MECANICA, A CEU ABERTO, EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA, COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA, CAPACIDADE DE 0,78 M3	m ³	177,00	R\$2,54	R\$449,58
8. Fundações						
8.1 Lastro	94962	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	m ³	6,92	R\$240,18	R\$1662,05
8.2 Lançamento	92874	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	m ³	6,92	R\$32,44	R\$224,48
9. Infraestrutura						
9.1 Alvenaria de vedação	87477	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA VERTICAL DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m ²	287,00	R\$34,33	R\$9852,71
9.2 Descarga areia	72844	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE AREIA, BRITA, PEDRA DE MAO E SOLOS COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3 (DESCARGA LIVRE) + AREIA GROSSA	m ³	87,00	R\$66,10	R\$5.750,70
9.3 Descarga brita	72844	CARGA, MANOBRAS E DESCARGA DE AREIA, BRITA, PEDRA DE MAO E SOLOS COM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3 (DESCARGA LIVRE) + BRITA 1	m ³	18,64	R\$46,60	R\$868,62
10 Hidráulica						
10.1 Tubos e conexões	89712	TUBO PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014	m	250,00	R\$25,01	R\$6.252,60
11 Impermeabilização						

11.1 Impermeabilização	5968	IMPERMEABILIZACAO DE SUPERFICIE COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA (MEDIA), TRACO 1:3, COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, E=2CM.	m ²	287,00	R\$42,02	R\$12.059,74
12 Pisos						
12.1 Pisos	73991/001	PISO CIMENTADO TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA) COM ACABAMENTO LISO ESPESSURA 1,5CM, PREPARO MANUAL DA ARGAMASSA INCLUSO ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	m ²	125,00	R\$45,11	R\$5.638,75
					TOTAL	R\$42.954,13

Fonte: Autoria Própria.

B.3 CUSTOS GERAIS

Tabela 6 - Orçamento detalhado dos custos gerais de acordo com a tabela da SINAPI.

Item	Código SINAPI	Descrição	Un.	Qtde.	Custo	Total
13. Hidráulica						
13.1 Tubos e conexões	89714	TUBO PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO. AF_12/2014	m	20,00	R\$47,51	R\$950,00
13.2 Válvulas	73795/15	VÁLVULA DE RETENÇÃO HORIZONTAL Ø 100MM (4") – FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	Un.	2,00	R\$645,82	R\$1291,64
13.3 Clorador	94652	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 60 MM, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2016	m	2,00	R\$153,10	R\$306,20
13.4 Bomba	73834/1	INSTALACAO DE CONJ.MOTO BOMBA SUBMERSIVEL ATE 10 CV + BOMBA 1/2 CV	Un.	1,00	R\$814,00	R\$814,00
14. Instalações elétricas						
14.1 Ponto de energia	91924	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 1,5 MM, ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015	m	5,00	R\$1,81	R\$9,05
15. Equipamentos						
15.1 Timer			Un.	2,00	R\$300,00	R\$600,00

15.2 Pastilhas cloro

Un.

10,00

R\$6,99

R\$69,94

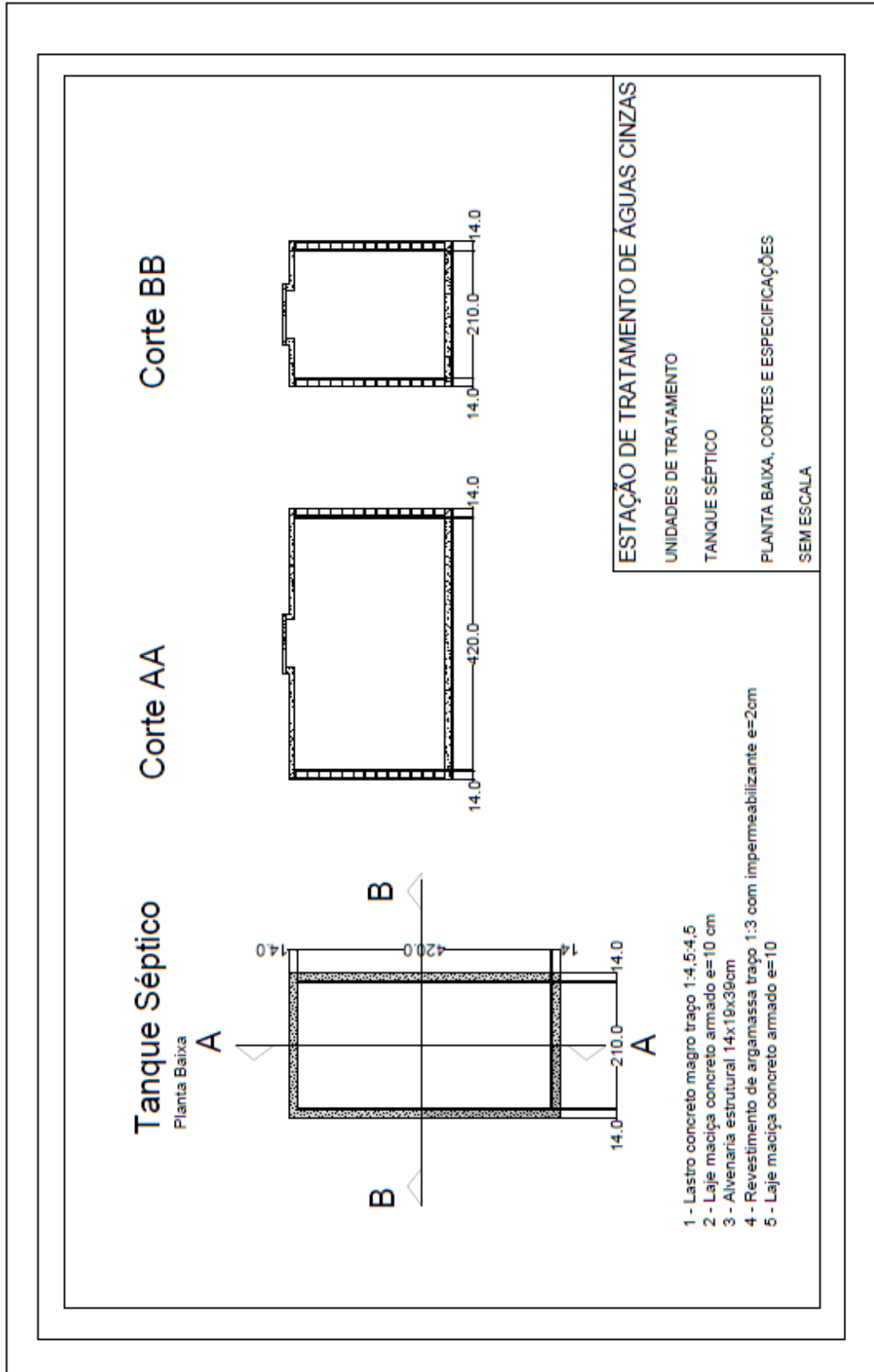
TOTAL**R\$4.041,03**

Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE C – PROJETO ARQUITETÔNICO E CORTES

C.1 TANQUE SÉPTICO

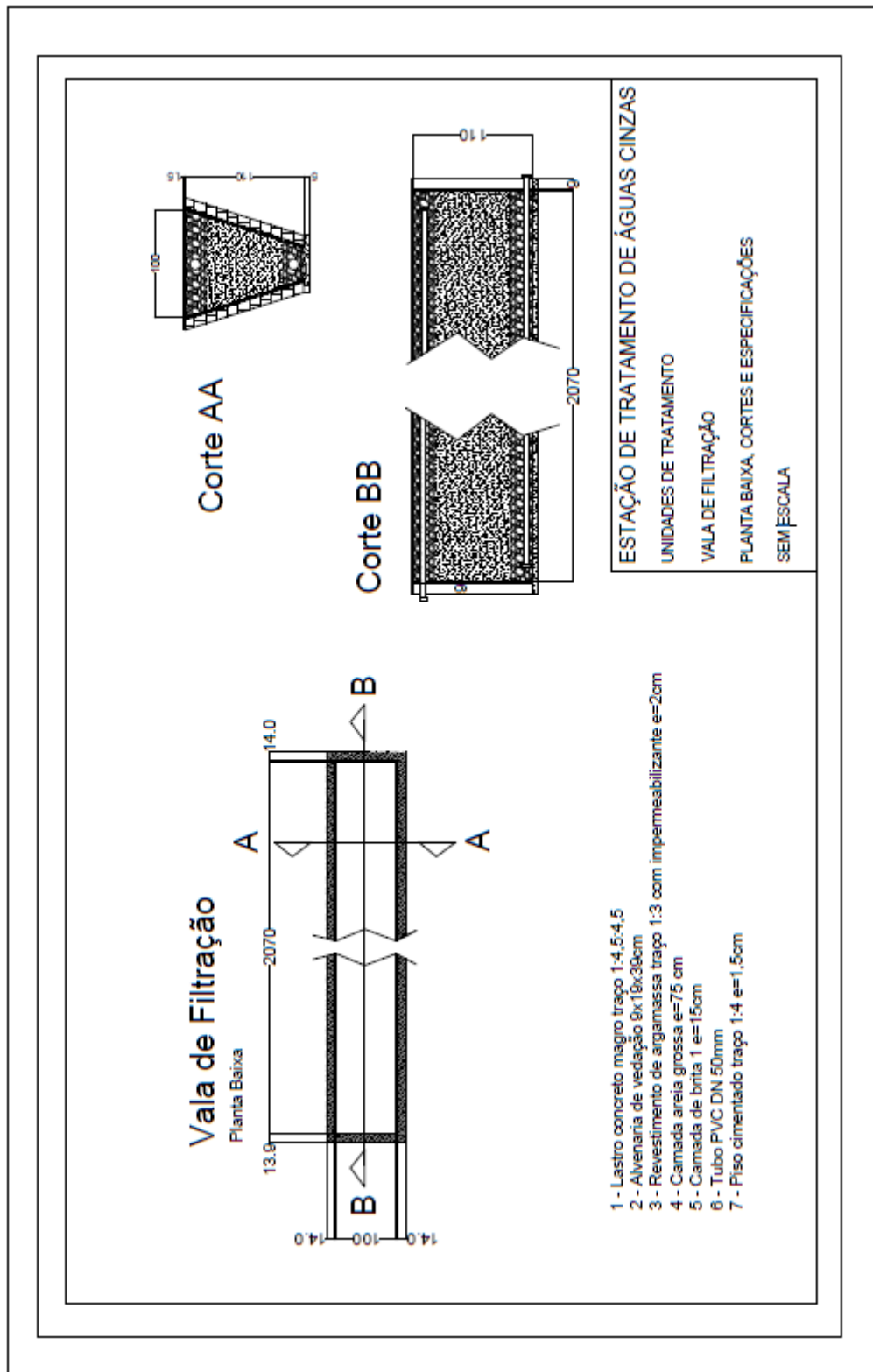
Figura 13 – Projeto arquitetônico e cortes do tanque séptico.



Fonte: Autoria Própria

C.2 VALA DE FILTRAÇÃO

Figura 14 – Projeto arquitetônico e cortes da vala de filtração.



Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE D – MODELO DE QUESTIONÁRIO APLICADO

Questionário de avaliação sobre o reuso de água

Considerando o atual consumo de água e despesa, soluções como o reuso de águas cinzas claras em usos não potáveis, como por exemplo nos vasos sanitários, podem ser adotadas para reduzir o custo. Água cinza clara é aquela que é proveniente da máquina de lavar, lavatórios e chuveiro. Esse efluente passa por um tratamento direcionado para o seu posterior uso (nas descargas sanitárias dos apartamentos, lavagem dos pisos da área comum, rega de plantas etc. Pesquisas da área apontam que o vaso sanitário consome 37% da água de uma residência.

Idade: _____ anos Sexo: Masculino Feminino

Escolaridade:

- Ensino Fundamental
- Ensino médio
- Ensino Superior
- Pós-Graduação

Pessoas na família _____

Faixa salarial da família

- 1 até 3 salários mínimos
- 3 até 6 salários mínimos
- Mais de 6 salários mínimos

O que você acha da ideia de utilizar água de reuso na descarga do banheiro de seu apartamento?

- Interessante, além da economia de água e financeira, ela é sustentável.
- Não é boa, pois me preocupo com a qualidade dessa água, já que é quase esgoto mesmo após tratamento.
- Outro

Qual seria o valor mensal máximo que você aceitaria dispensar para implementar esse sistema no condomínio, sabendo que após certo tempo a economia feita por ele pagaria o esse investimento em si (tempo médio de 2 a 5 anos).

R\$ _____

BAURU, ___ de _____ de 2018.