



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ASSUCENA GOMES FABRÍCIO

**IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL**

FORTALEZA

2020

ASSUCENA GOMES FABRÍCIO

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Christus, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala
Neto

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F122i Fabrício, Assucena.
 **IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS
CINZAS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL / Assucena Fabrício. -
2020.**
 61 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2020.
 Orientação: Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala Neto.

 1. Reuso. 2. Águas cinzas. I. Título.

CDD 624

ASSUCENA GOMES FABRÍCIO

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Christus, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala
Neto.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala Neto
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Dra. Elayne Valério Carvalho
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Msc. Wescley de Souza Fernandes
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

RESUMO

Com o crescimento da população e conseqüentemente o aumento da demanda por água potável, juntamente com a escassez dos recursos hídricos em regiões do Brasil, tem-se gerado uma preocupação em torno dos recursos hídricos. O reuso de águas cinza nas residências é uma estratégia capaz de reduzir essa escassez. Desta forma, este trabalho objetivou elaborar uma proposta de tratamento de acordo com a demanda do condomínio de estudo, com a finalidade de produção de água de reuso para aproveitamento em vasos sanitários em condomínio residencial. Assim como, avaliar a viabilidade econômica através, da estimativa dos custos de implantação e custos mensal do sistema de tratamento seguido do tempo de retorno do investimento. A metodologia da pesquisa classifica-se como um estudo de caso. No presente trabalho, o modelo de tratamento escolhido foi o Sistema de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC). A ETAC foi dimensionada de acordo com o trabalho proposto por Gonçalves *et al* (2006), tendo em vista que o modelo de tratamento deste trabalho seria viável e eficiente para o condomínio de estudo desta pesquisa. Em relação ao tempo de retorno do investimento, será preciso dezessete meses de funcionamento do sistema para que a redução no consumo de água potável pague o valor investido, indicando um tempo relativamente pequeno em relação a vida útil de qualquer empreendimento desse porte.

Palavras-chave: Águas cinza. Reuso. Sustentabilidade.

ABSTRACT

With the growth of the population and, consequently, the increase in the demand for drinking water, together with the scarcity of water resources in regions of Brazil, there has been a concern about water resources. The reuse of gray water in homes is a strategy capable of reducing this shortage. Thus, this work aimed to elaborate a treatment proposal according to the demand of the study condominium, with the purpose of producing water for reuse for use in toilets in a residential condominium. As well as, evaluate the economic viability by estimating the implantation costs and monthly costs of the treatment system followed by the return on investment. The research methodology is classified as a case study. In the present work, the treatment model chosen was the Gray Water Treatment System (ETAC). ETAC was dimensioned according to the work proposed by Gonçalves et al (2006), considering that the treatment model of this work would be viable and efficient for the study condominium of this research. Regarding the return on investment, it will take seventeen months of operation of the system for the reduction in the consumption of drinking water to pay the amount invested, indicating a relatively short time in relation to the useful life of any project of this size.

Key words: Gray waters. Reuse. Sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CV_DBO	Carga Volumétrica de DBO
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEC	Decantador Secundário
ETAC	Estação de Tratamento de Águas Cinzas
FBAS	Filtro Biológico Aerado Submerso
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FT	Filtro Terciário
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
NBR	Norma Brasileira
RAC	Reator Anaeróbio Compartimentado
SINDUSCON-SP	Sindicato das Construtoras de São Paulo
SPRAC	Sistemas Prediais de Reciclagem ou de Reutilização das Águas Cinzentas
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TDH	Tempo de Detenção Hidráulica
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição da água doce no mundo	15
Figura 2 – Distribuição regional dos recursos hídricos no Brasil	16
Figura 3 – Média pluviométrica do estado do Ceará entre os anos de 2009 e 2019	17
Figura 4 – Chuva Anual (2019) no estado do Ceará	18
Figura 5 – Situação do saneamento no Brasil	19
Figura 6 – Utilização de água em atividades domiciliares	23
Figura 7 – Esquema de projeto hidrossanitário para reuso residencial.	26
Figura 8 – Filtros de múltiplas camadas.....	29
Figura 9 – Sistema subterrâneo de filtração através de valas	30
Figura 10 – Esquema de sistema de tratamento de águas cinzas, por meio do processo dois estágios.	31
Figura 11 – Exemplo de funcionamento de tanque séptico.....	32
Figura 12 – Fluxograma da Estação de Tratamento de Águas Cinzas	33
Figura 13 – Localização do condomínio escolhido para o referido estudo.	36
Figura 14 – Fluxograma da metodologia da presente pesquisa.....	42
Figura 15 – Reator Anaeróbio Compartimentado.	45
Figura 16 – Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS).....	46
Figura 17 – Decantador secundário.....	47
Figura 18 – Filtro terciário.	48
Figura 19 – Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC).	48
Figura 20 – Planta de situação do condomínio.....	49
Figura 21 – Destaque para a locação da ETAC no condomínio.....	49
Figura 22 – Saldo amortizado da ETAC.	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos tipos de reuso.....	21
Quadro 2 – Demanda dos vasos sanitários.....	37
Quadro 3 – Produção de águas cinzas dos aparelhos considerados.....	38
Quadro 4 – Estimativa da produção de águas cinzas total.....	43
Quadro 5 – Opção 1 (sem Sistema de Reuso).....	50
Quadro 6 – Opção 2 (com Sistema de Reuso).....	50
Quadro 7 – Orçamento do Sistema de Reuso no condomínio.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa de consumo residencial de água potável para o Brasil	24
Tabela 2 – Qualidade da água para uso não potável.....	25
Tabela 3 – Exemplo de estações de tratamento de águas cinzas no Brasil.	27
Tabela 4 – Índices e parâmetros de projeto de uma ETAC.	34
Tabela 5 – Características da edificação.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Objetivos	14
1.1.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	14
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	14
1.2	Estrutura do Trabalho.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Disponibilidade Hídrica no mundo.....	15
2.2	Disponibilidade hídrica no Brasil.....	15
2.3	Saneamento básico no Brasil.....	18
2.3.1	<i>Saneamento no estado do Ceará</i>	19
2.4	Legislação.....	20
2.5	Reuso de Água	20
2.5.1	<i>Tipos de reuso</i>	21
2.6	Águas Cinza	22
2.6.1	<i>Quantidade e qualidade das águas cinzas</i>	23
2.7	Concepção do sistema de águas cinzas	26
2.7.1	<i>Coletores</i>	26
2.7.2	<i>Armazenamento.....</i>	27
2.7.3	<i>Tratamento</i>	27
2.7.4	<i>Distribuidores.....</i>	28
2.7.5	<i>Sistema de sinalização e informação</i>	28
2.7.6	<i>Controle de nível e tubos de ventilação</i>	28
2.8	Aplicações de sistema de tratamento de águas cinza para uso não potável	29
2.8.1	<i>Filtros de múltiplas camadas</i>	29
2.8.2	<i>Septodifusor ou valas de infiltração.....</i>	30
2.8.3	<i>Sistema two-stage system ou simplificado tipo dois estágios.....</i>	31
2.8.4	<i>Tanques sépticos.....</i>	31

2.8.5	<i>ETAC em Edifícios</i>	32
2.9	Avaliação financeira do investimento em reuso de água	34
2.9.1	<i>Payback</i>	34
3	MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1	Avaliação Técnica Preliminar	35
3.2	Avaliação das tecnologias a serem empregadas no tratamento da água	36
3.3	Dimensionamento do sistema de tratamento	36
3.3.1	<i>Cálculo das demandas não potáveis</i>	37
3.3.2	<i>Estimativa da produção de água cinzas</i>	38
3.3.3	<i>Dimensionamento do Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)</i>	39
3.3.4	<i>Dimensionamento Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS)</i>	39
3.3.5	<i>Decantador secundário (DEC)</i>	39
3.3.6	<i>Filtro Terciário (FT)</i>	40
3.3.7	<i>Desinfecção por cloração</i>	40
3.4	Estudo de viabilidade financeira	40
3.4.1	<i>Consumo de energia da ETAC</i>	40
3.4.2	<i>Consumo de água potável do condomínio</i>	41
3.4.3	<i>Payback</i>	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1	Cálculo das demandas não potáveis	43
4.2	Estimativa da produção de águas cinzas	43
4.3	Dimensionamento da estação de tratamento de águas cinzas - ETAC	44
4.3.1	<i>Dimensionamento do Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)</i>	44
4.3.2	<i>Dimensionamento Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS)</i>	45
4.3.3	<i>Decantador secundário (DEC)</i>	46
4.3.4	<i>Filtro Terciário (FT)</i>	47
4.3.5	<i>Locação da ETAC no condomínio de estudo</i>	48
4.3.6	<i>Desinfecção por cloração</i>	49

4.4	Estudo de viabilidade financeira	50
4.4.1	<i>Consumo de energia da ETAC</i>	50
4.4.2	<i>Consumo de água potável do condomínio</i>	50
4.4.3	<i>Calculo do Payback</i>	52
5	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O Relatório das Nações Unidas, quando debate sobre o desenvolvimento da demanda de água no planeta, garante que se medidas não forem tomadas até 2030, o planeta enfrentará um déficit de água de 40% (UNESCO, 2015). Portanto, a sustentabilidade está na ordem do dia; cada dia mais, a sociedade se mobiliza e, cada vez mais, ações são realizadas para alcançar este objetivo (DE OLIVEIRA; HENKES, 2015). Algumas práticas já são realizadas em alguns países como, por exemplo, a reutilização de água cinza em usos não potáveis, rega de jardins e abastecimento de vasos sanitárias.

Segundo Sousa (2015), embora o Brasil seja considerado um país beneficiado se tratando de disponibilidade de água, a distribuição de água não acompanha os aglomerados populacionais; além do desperdício de água, a má gestão dos recursos hídricos e o elevado crescimento das cidades de forma desordenada. No Brasil, o déficit do setor de saneamento básico é elevado, sobretudo no que se refere ao esgotamento sanitário, com maior carência nas áreas periféricas dos centros urbanos e nas zonas rurais, onde se concentra a população mais pobre (JUNIOR; DE CASTRO; PAGANINI, 2009).

A eficiência hídrica está pautada na gestão (redução de perdas e controle de vazão), reutilização (quando possível) e potabilidade dos sistemas hidráulicos (LOPES; DAGOSTIN; SANTOS, 2019). Estudos realizados por Da Cruz *et al.*(2019) afirmam que, devido à escassez, as famílias nas comunidades rurais de Araçá e Onça, no vale do rio Peruaçu, ajustaram o consumo de água e passaram a reutilizar, principalmente a água dos banhos, para limpeza da casa ou molhar as frutíferas. Em 50% dessas residências pesquisadas, houve readequação da canalização da pia para pés de frutas.

Segundo Brasil (1997), a lei 9.433, em um dos seus parágrafos do Capítulo II objetiva e incentiva o reuso de águas pluviais. Segundo Moraes (2018), alguns municípios e estados brasileiros possuem lei específica que abordam o aproveitamento de águas pluviais ou reuso de águas servidas, como por exemplo, o Espírito Santo. A Lei Estadual do Espírito Santo N° 9.439/10 exige que os postos de combustíveis, lava-jatos, transportadoras, empresas de ônibus e locadoras de veículos instalem equipamentos de tratamento e reutilizem a água usada na lavagem de veículos.

De acordo com May (2009), é necessário realizar pesquisas para o aproveitamento do potencial hídrico nas regiões semiáridas do Brasil. Nos últimos sete anos, os açudes do semiárido enfrentaram situação de colapso na disponibilidade de água em função da demanda social e econômica a qual estão submetidos, principalmente nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte (DANTAS E DA SILVA, 2019).

De acordo com De Oliveira e Henkes (2015), a implantação de medidas sustentáveis nos prédios resulta em uma economia significativa da taxa condominial, trazendo benefícios financeiros ao condomínio e condôminos. Dependendo do empreendimento, como por exemplo um hotel, pode-se reutilizar boa parte da água usada em chuveiros, pias, tanques, máquinas de lavar, entre outros (CARRASQUEIRA *et al*, 2019). De acordo com Gonçalves (2006), os usos não potáveis residenciais mais comuns são descarga de vasos sanitários e irrigação de jardins.

Segundo Silva (2017), a qualidade da água utilizada para vasos sanitários não é regulamentada por lei, mas afirma que deve ser potável ou quase potável. Porém há um padrão de exigências mínimas quanto ao odor e cor da água a ser reutilizada. De acordo com Lopes, Dagostin e Santos (2019) a grande parte do consumo de água potável ocorre nos banheiros das edificações.

Sendo assim, seria interessante a utilização de um sistema de reaproveitamento das águas cinzas após adequado tratamento químico para reutilização em vasos sanitárias. Segundo Miranda (2017), o reuso de água é capaz de minimizar conflitos pelo uso da água e preservar a qualidade e disponibilidade das águas dos mananciais. Uma das metodologias que contribuem com a sustentabilidade, está no reuso de águas cinzas e negras (FERNANDES *et al.*, 2019).

Segundo May (2009), as águas cinzas podem ser divididas em, águas cinzas claras e águas cinzas escuras. As águas cinzas claras são provenientes dos efluentes de banheiras, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas, enquanto que as águas cinzas escuras são provenientes da pia de cozinha e máquinas de lavar pratos. Assim, o intuito do tratamento de águas cinzas é eliminar a matéria orgânica e os patógenos presentes nela.

Segundo Fernandes (2017), existem alguns projetos pilotos para condomínios residenciais, em que a água é coletada por tubulações, em seguida, passa por processos de tratamento como, a desinfecção e depuração e, assim, retornam ao consumo não potável do condomínio.

Segundo Gonçalves, Simões e Wanke (2010) as águas cinza são coletadas e encaminhadas para a Estações de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) e as águas negras encaminhadas para o seu destino final de esgoto doméstico. A ETAC é composta por varias etapas de tratamentos de processos biológicos de alta taxa, atingindo eficiência de remoção de matéria orgânica superior a 90%.

Segundo Fernandes (2017), a carência de informação e falta da definição de reuso não potável dificultam o reuso da água nas residências, levando a utilização de medidas

internacionais nas quais não são viáveis economicamente e tecnicamente condizentes com a realidade brasileira. Contudo, é necessário avaliar as ações de implantação de um sistema eficiente no reuso de águas cinza nas residências, avaliando as condições e recursos existentes no Brasil.

Desta forma, a hipótese desta pesquisa é dada pela utilização do reuso de águas cinzas em vasos sanitárias de edifícios residenciais multifamiliares, reduzindo o esgoto gerado pelos edifícios e economizando no uso da água potável e a relação custo benefício seja positiva, gerando sustentabilidade.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de reuso de águas cinzas para uso em descargas de vasos sanitárias aplicado em condomínios residenciais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar a oferta e demanda de águas cinzas no condomínio de estudo;
- ✓ Pesquisar e adotar um tratamento para as águas cinzas que alcance os parâmetros para reuso em fins não potáveis;
- ✓ Dimensionar a estação de tratamento;
- ✓ Orçar os custos para a implantação do sistema e determinar o período de retorno do capital investido.

1.2 Estrutura do Trabalho

Inicialmente este trabalho consta de introdução apresentada na seção um e, posteriormente, revisão bibliográfica, na qual irá abordar os principais componentes envolvidos no sistema de reuso de águas cinzas. Na seção três, constam os materiais e métodos utilizados para realizar a pesquisa. Seguida dos resultados na seção quatro. Finalizada pela conclusão na seção cinco.

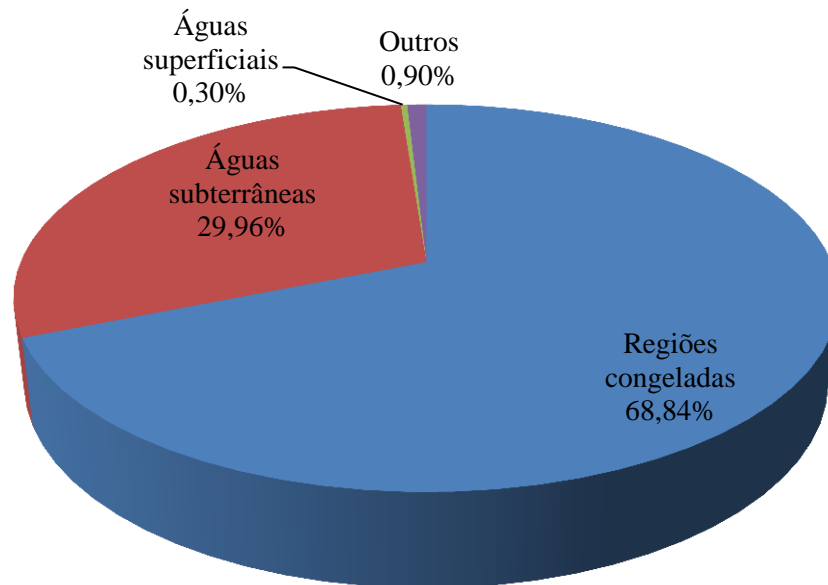
2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo disserta sobre assuntos tomados como base, para o desenvolvimento deste trabalho, a partir de revisão bibliográfica dentro da literatura. Como por exemplo, a descrição dos componentes e características do sistema de tratamento de águas cinzas de edifícios multifamiliares.

2.1 Disponibilidade Hídrica no mundo

O planeta tem 97,5% de água salgada e apenas 2,5% doce. Desses 2,5% de água, 68,7% encontra-se em áreas congeladas e regiões polares, 29,9% em reservatórios subterrâneos e 0,9% estão presentes na umidade do solo, na biomassa e no vapor da atmosfera e apenas 0,3% aproximadamente do volume total de água doce da terra são de águas superficiais, presentes em rios e lagos, mais acessíveis ao uso humano (SETTI *et al.*, 2001). A partir disto, fora elaborado na Figura 1, o qual apresenta a distribuição de água no mundo.

Figura 1 – Distribuição da água doce no mundo

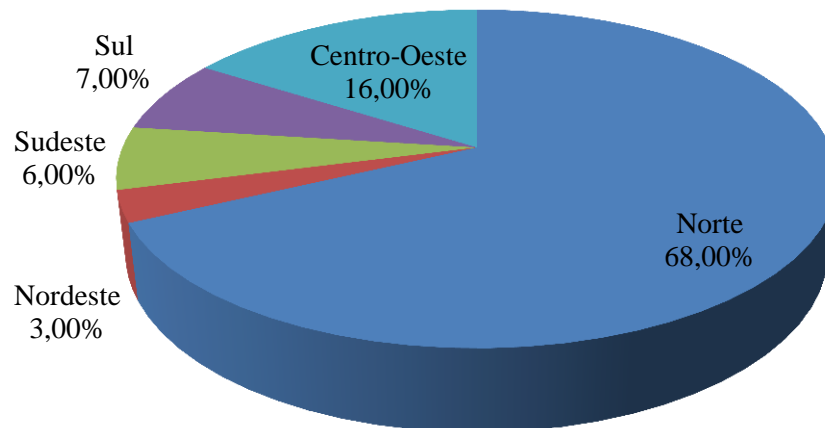


Fonte: Setti *et al.* (2001).

2.2 Disponibilidade hídrica no Brasil

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

Figura 2 – Distribuição regional dos recursos hídricos no Brasil



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

Segundo Cirilo (2015), a região amazônica contém 81% das reservas hídricas do país e 5% da população, já o território semiárido do Nordeste, mesmo abrangendo grande parte da vaso do Rio São Francisco, dispõe apenas de 4% dos recursos hídricos do país e é ocupado por 35% da população brasileira. Segundo Anazawa, Hernández e Carmo (2019) o Sudeste também é uma região marcada pela preocupação com a falta de água para abastecimento, intensificada na estação seca, entre os meses de maio e setembro.

2.2.1 Disponibilidade Hídrica no Ceará

Historicamente, os maiores déficits hídricos do Brasil são registrados no Nordeste, em sua porção semiárida, região ciclicamente submetida à ocorrência de secas. A principal causa da vulnerabilidade do nordeste está na condição climática do semiárido (DA ROCHA *et al*, 2018). O semiárido no Brasil ocupa uma área de 1,03 milhões de km² (12% do território nacional), com uma população de aproximadamente 27 milhões de habitantes (12% da população brasileira).

A região semiárida há uma dificuldade de oferta de água, resultando na construção de diversas obras hídricas que têm o objetivo de amenizar as consequências provocadas pelas limitações da disponibilidade de água (DANTAS e DA SILVA, 2019). De acordo com Schistek (2001), o clima semiárido tem chuvas irregulares e alta taxa de evaporação potencial e que 80% da área geográfica do subsolo do semiárido apresenta formação cristalina, sem lençol freático.

Segundo a Assembleia Legislativa do Estado do Ceará (2007) 86,8% da área do território Cearense está inserida na região do semiárido brasileiro. Ou seja, uma região de solos rasos, rocha matriz que dificulta a infiltração da água, com intensa insolação e alta

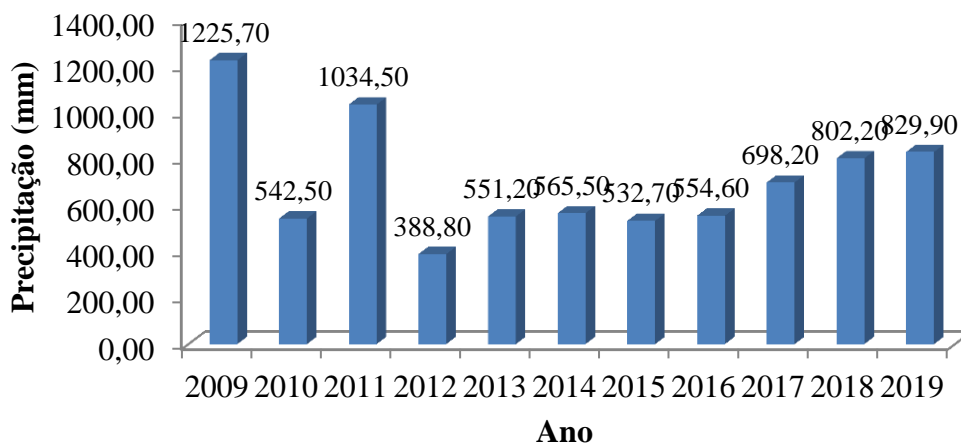
evaporação. A evaporação é tão alta que enquanto chovem 800 mm/ano a água evaporada pode chegar a 1.200 mm/ano.

Segundo os dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) (2016), o Ceará vem sofrendo uma crise hídrica, no final de 2016 havia 135 açudes com volumes inferiores a 30%. As bacias hidrográficas mais atingidas (Acará, Baixo Jaguaribe, Banabuiú, Curu, Médio Jaguaribe, Salgado e Sertão do Crateús), todas com menos de 9% da capacidade máxima armazenável.

Observa-se na Figura 3 que o estado do Ceará no ano de 2012 foi acometido por um período de baixa pluviosidade, ficando abaixo da média. Segundo a COGERH (2017), com essa situação, os maiores reservatórios do estado foram secando, agravado pelo alto índice de evaporação, frente a grandes demandas, quando o volume de água armazenado nos reservatórios do Ceará passou de 68% em 2009 para 12,1% em 2015.

A Figura 3 apresenta a média pluviométrica para o estado do Ceará, no período de 2009 a 2019. De modo geral, pode-se inferir uma média de 702,35 mm precipitados no estado do Ceará, na década analisada. Até o momento, para o ano de 2019, houve precipitação média de um valor aproximado a 829,90 mm.

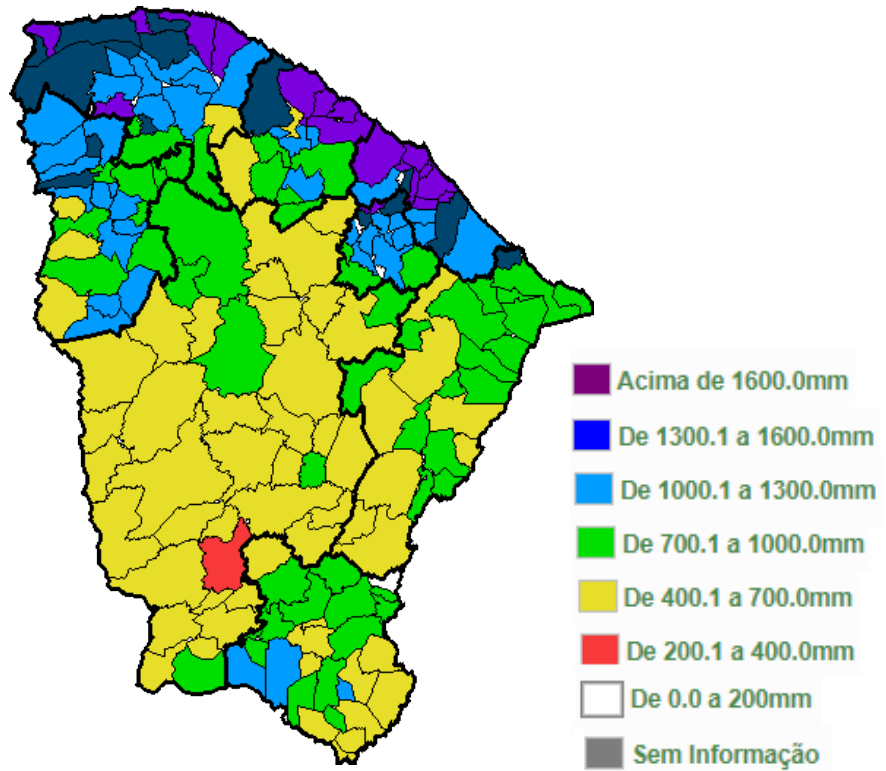
Figura 3 – Média pluviométrica do estado do Ceará entre os anos de 2009 e 2019



Fonte: FUNCEME (2019).

Contudo também deve ser levada em consideração a ocorrência de tal parâmetro hidrológico, em cada município. Para tanto, é exposto a Figura 4, de modo a ilustrar tal abordagem.

Figura 4 – Chuva Anual (2019) no estado do Ceará



Fonte: FUNCEME (2019).

Tendo um valor para a capital Fortaleza, para este ano, de 2.275,6 mm, cerca de 2,74 vezes maior do que o da média anual do estado. Assim, devem ser observados também, aqueles valores em amarelo, em grande maioria no sertão, onde em média, encontram-se valores menores que a metade da média anual, implicando na questão da crise hídrica regional.

2.3 Saneamento básico no Brasil

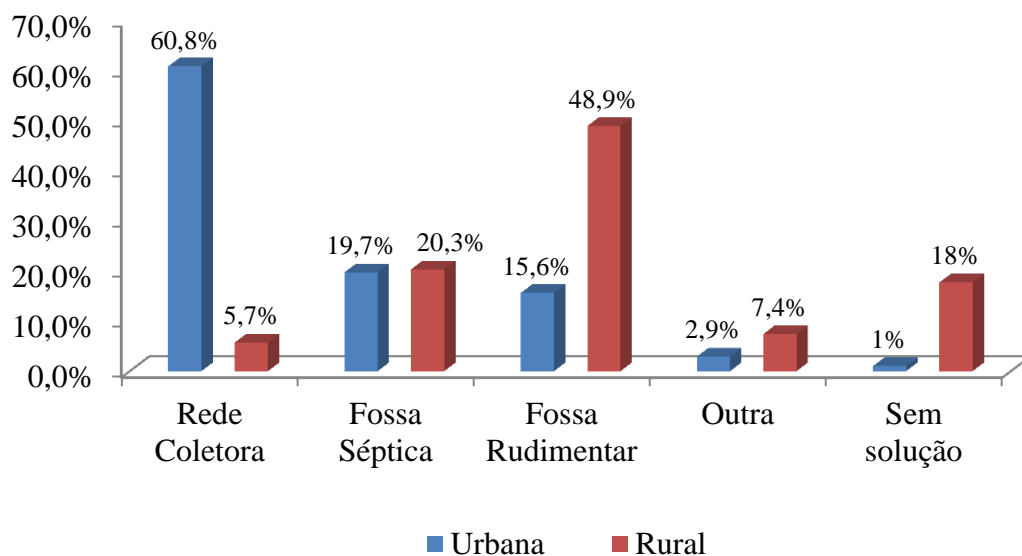
O saneamento é visto como sendo os serviços de acesso à água potável, à coleta e ao tratamento dos esgotos, o que justifica o termo “básico” (FERREIRA; GARCIA, 2017). Segundo Cardoso, Melo e Delfavo (2015), o saneamento básico no Brasil se deu de forma gradual através da criação e implementação de políticas públicas a partir de 1971, com a criação do Plano Nacional de Água e Saneamento – PLANASA. A PNSB (2007) diz que o saneamento básico agrega o abastecimento de água potável, compreendido desde a captação até as ligações prediais. Abrangendo assim as infraestruturas e instalações pertinentes ao abastecimento público de água potável.

O investimento no saneamento básico é crucial na sociedade, já que cada R\$ 1 investido em saneamento equivale a uma economia de R\$ 4 na área de saúde, isto é, o saneamento básico representa medidas de prevenção. De acordo com números do Sistema

Nacional de Informações sobre Saneamento 2010 (SNIS), divulgado em Junho de 2012, a distribuição de água potável chega a 81,1% da população (CNBB, 2015).

No Brasil, uma grande porcentagem dos municípios não tem sequer rede coletora de esgoto, diluindo dejetos diretamente nos corpos hídricos, causando um sério dano à sua qualidade das águas (DA ROCHA *et al*, 2018). A Figura 5 apresenta a realidade do esgotamento sanitário no Brasil, em que, apenas 5,7% dos domicílios estão ligados à rede de coleta de esgotos, 20,3% utilizam a fossa séptica e 74% dos domicílios depositam os dejetos em “fossas rudimentares”, lançam em cursos d’água ou diretamente em solo a céu aberto (FUNASA, 2017).

Figura 5 – Situação do saneamento no Brasil



Fonte: FUNASA (2017).

2.3.1 Saneamento no estado do Ceará

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) é a principal concessionária responsável pelo abastecimento de água nos municípios do Estado do Ceará. O índice de cobertura de abastecimento de água da CAGECE no estado é de 98,16%. Já o seu sistema de esgotamento sanitário atende 73 cidades, o que corresponde a um índice de cobertura do sistema de esgotamento sanitário de 40,11% (CAGECE, 2017). Embora estes dados quanto ao abastecimento de água estejam próximos da universalização do sistema, por outro lado, o índice de saneamento básico está longe de ser satisfatório.

O Instituto Trata Brasil (2019), em 2019, apresentou um ranking do desempenho do saneamento básico dos 100 maiores municípios do país. As cidades de Fortaleza e Caucaia foram avaliadas. Fortaleza ficou colocada em 75ª do ranking geral das cidades, mas encontra-

se entre as quinze piores cidades no quesito perdas de distribuição. Caucaia ficou na 78ª posição e apenas 65,99% da população tem acesso à água tratada.

2.4 Legislação

A gestão sobre os recursos hídricos no país realmente se efetivou com a promulgação da Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (GARCIA *et al.*, 2007). Existem legislações que estabelecem as exigências e recomendações relativas ao projeto de reuso de águas cinzas nas edificação. Pois assim, evita-se que o usuário faça o manejo dessas águas de forma incorreta e venha a causar problemas para a sociedade. Alguns desses documentos são oficiais, outros não, cabendo ao usuário saber filtrar a fonte mais correta de explicações.

Conforme Sant'Ana e Medeiros (2017), no Brasil não há uma Norma ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) específica para o reuso de águas cinzas em edificações, porém a NBR 13.969 (ABNT, 1997), apresenta requisitos e recomendações para o tratamento e reuso de efluentes domésticos para fins não potáveis.

A Norma de Desempenho NBR (Norma Brasileira) 15575 (2013) recomenda o reuso de águas nas edificações de até cinco pavimentos com o intuito de diminuir o consumo de água, conseqüentemente reduzindo a demanda da água da rede pública de abastecimento e minimizando o volume de esgoto conduzido para tratamento, sem com isso reduzir a satisfação do usuário ou aumentar a probabilidade de ocorrência de doenças.

Segundo o Governo do Estado do Ceará (2018) a Lei Nº 16.603 foi criada pelo governador do estado do Ceará Camilo Santana, com o objetivo de economizar água e o realizar o uso racional da mesma. Essa lei entrou em vigor no dia 09 de julho de 2018 e obriga que os novos edifícios residenciais, comerciais e industriais construídos no estado do Ceará façam o reuso de água de ar condicionado para serem reutilizadas em regas de plantas, lavagem carros, alimentação de vasos sanitárias e lavagem de pisos ou de áreas externas.

Segundo a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais - ANQIP (2011), a concepção, instalação e exploração dos Sistemas Prediais de Reciclagem ou de Reutilização das Águas Cinzentas (SPRAC) devem respeitar as normas e regulamentos nacionais em vigor ou as Normas Europeias EN 12056-2 e EN806-3, a este tipo de sistema, além de garantir a qualidade da água servida aos usuários.

2.5 Reuso de Água

O reuso reduz a busca por recursos hídricos potáveis devido à substituição destes por águas de qualidade inferior (BRASIL, 2005). Tendo em vista o quadro de escassez dos

recursos hídricos e a demanda crescente de água, a adoção de estratégias relacionadas ao uso e reaproveitamento vem ganhando destaque (MIRANDA, 2017).

De acordo com Silva (2017), a reutilização da água pode ser utilizada de diversas formas quando feito o tratamento adequado e assim diminuir o: consumo de energia elétrica, produção de esgoto e o lançamento de esgotos sanitários nos corpos hídricos. Como também estaria contribuído para a preservação de água de mananciais, já que reutilizando a água, resultaria na diminuição do consumo de água potável na residência.

Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP, 2011) define dois tipos de águas residuais domésticas as águas cinzas e as águas negras. As águas cinzas são provenientes, em geral, de banheiras, duchas, lavatórios, lavagem de roupa e cozinhas. As águas negras ou fecais são provenientes das descargas de sanitários e mictórios, ou seja, as que contêm urina e/ou fezes.

2.5.1 Tipos de reuso

Segundo COSTA e JUNIOR (2005) o reuso de águas residuais podem ser classificado de quatro formas diferentes. O Quadro 1 apresenta essas quatro formas.

Quadro 1 – Classificação dos tipos de reuso.

Reuso indireto não planejado da água	Os efluentes provenientes das atividades humanas primeiramente são lançados no meio ambiente e posteriormente reutilizada, a jusante, de forma diluída. A água estará sujeita a diluição e depuração durante todo o seu percurso desde o lançamento até o ponto de captação.
Reuso indireto planejado da água	Os efluentes são tratados e depois são lançados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, é utilizada, de maneira controlada, para o atendimento de algum uso benéfico. Esse sistema admite que exista um controle sobre as novas descargas que ocorrem durante o caminho e por isso não altera os requisitos de qualidade de reuso objetivado.
Reuso direto planejado da água	Os efluentes são tratados e lançados diretamente no local de reuso, não sendo lançados no meio ambiente. É o tipo de reuso de maior ocorrência, utilizando-se nas indústrias ou irrigação.
Reciclagem da água	É o tipo de reuso mais comum, antes mesmo de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição.

Fonte: COSTA e JUNIOR (2005).

Segundo Hespanhol (2002), os principais problemas da implantação do sistema de águas cinzas são os custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades

operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Porém esses custos devem ser reconsiderados em relação aos benefícios de conservar água potável e de adiar ou eliminar a necessidade de captação de novos mananciais, para abastecimento público.

Segundo Costa e Junior (2005) há vários locais e sistemas em que se pode reutilizar água não potável para poder complementar a demanda em locais que, costumeiramente, utilizavam água potável, com diferentes necessidades de aplicações. Entre elas, citam-se:

- Reserva de proteção contra incêndio;
- Sistemas decorativos aquáticos como fontes e chafarizes, espelhos d'água;
- Descarga de sanitários públicos, edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de trens e ônibus públicos;
- Controle de poeira em movimento de terra;
- Irrigação de jardins ao redor de edifícios, residências e indústrias, parques, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, gramados, árvores e arbustos ao longo de avenidas e rodovias;
- Torres de resfriamento;
- Caldeiras;
- Construção civil e compactação de solos;
- Lavagens de pisos, de galpões industriais e de algumas peças mecânicas;
- Utilização em processos industriais;
- Recarga de aquíferos.

2.6 Águas Cinza

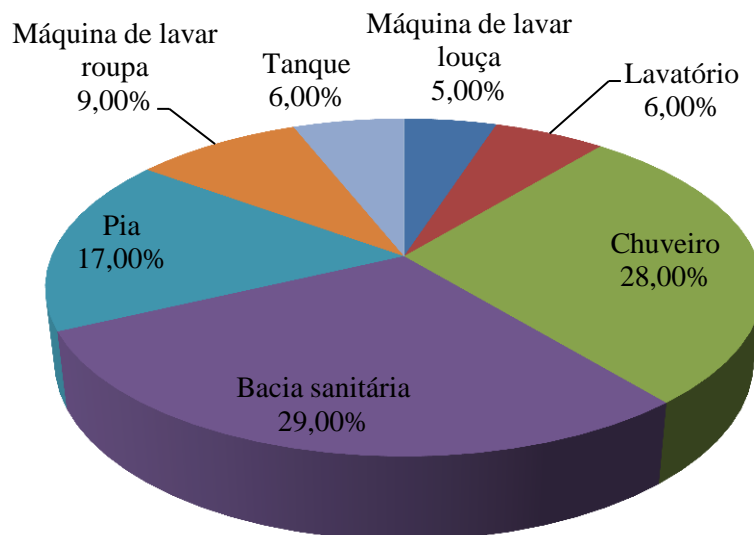
As águas cinzas, como fonte alternativa de água para usos não potáveis é praticada em alguns países como Japão, Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Reino Unido e Israel (MAY, 2009). No Brasil, já existem algumas aplicações de sistemas de reuso de águas cinzas para consumo não potável em condomínios residenciais (BRANCATELLI, 2007).

Um sistema predial de reutilização de águas cinzentas permite que, antes da descarga final, essas águas sejam reutilizadas no edifício, com ou sem tratamento, conforme a qualidade exigível para as utilizações (ANQIP, 2011).

Um estudo realizado por Gonçalves (2006) feito em um hotel de Macaé/RJ mostrou que o consumo médio de água no hotel era de 44 m³/d e a demanda dos vasos sanitários de 13,3 m³, com a instalação do sistema de reuso de águas cinzas em vasos

sanitários, houve uma economia de 30% do consumo de água potável da edificação. Abaixo se pode verificar o consumo dos equipamentos nas residências, conforme Figura 6.

Figura 6 – Utilização de água em atividades domiciliares



Fonte: RAPOPORT (2004).

2.6.1 Quantidade e qualidade das águas cinzas

Segundo a ANQIP (2011), a quantidade e qualidade de águas cinzas produzidas nas residências dependerão dos hábitos sanitários e nível de vida de cada família, porém o consumo médio de água poderá estimar-se em cerca de 100 L/(hab.dia) e a produção de águas cinzas em cerca de 70 L/(hab.dia). Afirmando que devido essa estimativa tem-se que o potencial de reutilização é de cerca de 48 L/(hab.dia), dos quais 25 a 35 L/(hab.dia) em limpezas de sanitários.

Segundo May (2009), relata que a descarga do vaso, que é composta por caixa acoplada econômica, consome 14% de água potável de uma residência, para efeito de cálculo aplica-se uma margem de segurança de 2% na produção diária de águas cinza. Sendo assim, serão necessários 16% da contribuição diário para abastecer as vasos sanitárias. A Tabela 1 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.

Os valores disponibilizados pela pesquisa da DECA, 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. 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 19,8% do consumo doméstico.

Tabela 1 – Estimativa de consumo residencial de água potável para o Brasil

Consumo residencial de água potável	Porcentagem de consumo		
	Pesquisa realizada pela USP	Pesquisa realizada pelo IPT/PNCDA	Pesquisa realizada pela DECA
Vaso Sanitário	29%	5%	14%
Chuveiros	28%	54%	46,7%
Lavatórios	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).

Para que a água possa ser reutilizada, ela deve satisfazer os critérios que foram padronizados para o determinado uso, para isso, é necessário se conhecerem as características biológicas, físicas e químicas das águas cinzas (FIORI, FERNANDES e PIZZO, 2006). Segundo Bazzarella (2005), temperatura, cor, turbidez, e o conteúdo de Sólidos Suspensos Totais – SST, são parâmetros importantes das características físicas das águas cinzas. Sendo ainda que altas temperaturas podem ser indesejáveis, pois acelera o processo de favorecimento de microrganismos.

Os valores de sólidos suspensos e turbidez podem dar alguma informação a respeito do conteúdo de partículas e coloides que poderiam contribuir para o entupimento de instalações de tratamento e transporte desses efluentes. Segundo Jordão e Pessoa (1975), algumas terminologias utilizadas no tratamento de efluentes são a Turbidez que é propriedade dos fluidos que indica a presença de sólidos em suspensão que impedem a passagem de luz diminuindo sua transparência.

O pH é a concentração hidrogênio que determina a alcalinidade, neutralidade ou acidez de uma substância. Segundo May (2008), o pH da água cinza depende basicamente do pH da água de abastecimento, entretanto produtos químicos como sabão pode interferir nas águas cinzas, tornando-a com pH alcalino.

Segundo Eriksson *et al.*, (2002), óleos e graxas presentes nas águas cinzas são provenientes de óleos e gorduras utilizados no preparo de alimentos, quando misturados com águas provenientes da pia da cozinha, como também os resíduos presentes nas roupas e no corpo humanos que são absorvidos na lavagem das roupas e do banho. O nitrogênio presente

nas águas cinzas são provenientes da urina, pois existem pessoas que tem o costume de urina durante o banho.

Segundo Eriksson *et al.*, (2002), detergente e sabões que contém fosfatos são fontes primárias de fósforo, isso explica os valores de fósforo mais elevados nas águas cinzas provenientes da máquina de lavar roupas.

Segundo Eriksson *et al.*, (2002), demanda bioquímica de oxigênio - DBO é o parâmetro que indica a quantidade de oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica na água por parasitas intestinais. O valor da Demanda Biológica De Oxigênio - DBO está relacionado aos compostos orgânicos. Mesmo sem possuir contribuições da vaso sanitária, o conteúdo da matéria inorgânica e orgânica existente na água cinza são bastante significativos.

Segundo Ottoson e Stenström (2003), os microrganismos patogênicos estão presentes nas água proveniente dos vasos sanitários, mesmo as águas cinzas não tendo esse tipo de contribuição esse patógenos ainda são encontrados nas águas cinzas, pois a lavagem de roupa com conteúdo fecal e higienização das mãos após o uso do banheiro, por exemplo, faz com que essa contribuição seja levada em consideração nas água cinza.

A ANA – Agência Nacional das Águas, FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e SINDUSCON-SP – Sindicato das Construtoras de São Paulo (2005) estabelecem parâmetros para classe 1, como exposta no Tabela2.

Tabela 2 – Qualidade da água para uso não potável

Parâmetros	Padrões
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor	≤ 10UT
Turbidez	≤ 2UT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas	≤ 1 mg/L
DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)	≤ 10mg/L
COV	Ausentes
Nitrito	≤ 1mg/L
Nitrato	< 10mg/L
Nitrogênio amoniacal	≤ 20mg/L
Fósforo total	≤ 0,1mg/L
SST	≤ 5mg/l

SDT	$\leq 500\text{mg/L}$
Coliforme fecais	Não detectáveis

Fonte: ANA, FIESP e SINDUSCON-SP (2005).

2.7 Concepção do sistema de águas cinzas

May (2009) descreve que os componentes que fazem parte de um sistema de reuso de águas cinzas são: coletores, armazenamento, tratamento, distribuidores, sistema de sinalização e informação, controle de nível e tubo de ventilação. A Figura 7 mostra de forma simplificada o funcionamento de um sistema de reuso de águas cinzas em aparelhos sanitários.

Figura 7 – Esquema de projeto hidrossanitário para reuso residencial.



Fonte: Saud *et al.* (2019).

Analisando a Figura 7 conclui-se que, as águas cinzas após passarem pelos aparelhos sanitários são encaminhadas para o sistema de tratamento que retiram a carga poluidora e promovem a desinfecção da água. A água efluente do vaso sanitário (água negra) é encaminhada para o sistema de coleta e afastamento de esgoto e não mais circula na edificação. A seguir serão detalhados cada componente desse sistema.

2.7.1 Coletores

Segundo May (2009), os coletores são as tubulações verticais e horizontais que conduzem os efluentes proveniente da cozinha, lavanderia e banheiro – exceto do vaso sanitário, aos reservatórios com finalidade de armazenar as águas cinzas oriundas de cada ponto de coleta, onde serão tratadas.

Segundo Gonçalves, Simões e Wanke, (2010) a concepção do sistema hidrossanitário é projetado de forma a coletar as águas residuárias com dois sistemas um coletor para as águas cinza e outro coletor para as águas negras, assim como também o sistema de

abastecimento de água, onde deverá ser previsto tubulações exclusivas para uso de água potável e tubulações somente para o uso de água não potável.

Segundo Gonçalves, Simões e Wanke, (2010) as águas cinza são coletadas e encaminhadas para a Estações de Tratamento de Águas Cinza ETAC e as águas negras encaminhadas para o seu destino final de esgoto doméstico.

2.7.2 Armazenamento

Segundo Gonçalves (2006), o sistema predial que objetiva o reuso da água deve apresentar, dois reservatórios de água não potável (inferior e superior) e um sistema de tratamento para águas cinzas. Os reservatórios de água de reuso e água potável devem ser independentes.

2.7.3 Tratamento

As águas cinzas destinadas ao reuso devem ser devidamente tratadas com o objetivo de reduzir a demanda bioquímica de oxigênio e os sólidos em suspensão e por último a etapa de desinfecção (FERREIRA *et al.*, 2018). Segundo Rampelotto (2014), tratamento de águas cinzas é semelhante ao feito em ETE, porém em menores dimensões.

O método ideal indicado ao tratamento de águas cinzas, varia em função de alguns requisitos como: aplicação do reuso e qualidade necessária para determinado(s) fim(s) (SILVA *et al.*, 2016). Segundo a ANA; FIESP; SindusCon-SP (2005) as águas cinzas provenientes de máquinas de lavar roupas, chuveiros e lavatórios devem ser tratadas por: sedimentação e filtração simples, coagulação, floculação, decantação ou flotação, sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados, Desinfecção e Correção de pH.

Segundo Gonçalves (2006), objetivando características inodoras e baixa turbidez da água, o tratamento deve ser ocorrido em tratamento primário e secundário, já para diminuir a quantidade de coliformes termotolerantes é necessário realizar até o tratamento terciário. A Tabela 3 apresenta as etapas dos níveis de tratamento seguidos dos parâmetros de qualidade do efluente após o tratamento.

Tabela 3 – Exemplo de estações de tratamento de águas cinzas no Brasil.

Local	Nível de tratamento			Qualidade do efluente
	Primário	Secundário	Terciário	
Brasil/predial	Peneira	Reator anaeróbio compartimentado + filtro biológico aerado submerso + filtro de areia	Cloração com pastilha de hipoclorito de sódio	SS = 1
				Db _{o5} = 5
				Turb = 2
				C _{ter} = 0

Fonte: Gonçalves (2006).

Segundo a ANQIP (2011), águas cinzas provenientes das residências são compostas por produtos de higiene pessoal, detergentes, cabelos, sujidade do corpo e também da roupa, sendo que esses poluentes são considerados como facilmente biodegradáveis e o tratamento não pode ser muito retardado pois podem desencadear-se processos de decomposição envolvendo sulfatos e cheiros desagradáveis.

Segundo Teixeira (2017) a digestão anaeróbia é mais empregada pelo fato de ter baixo custo operacional, fácil manutenção, possível redução dos organismos patogênicos e redução substancial dos sólidos voláteis. Para a maioria dos usos não potáveis, deve-se incluir a etapa de desinfecção nos sistemas de tratamento das águas cinzas, uma vez que mesmo indiretamente a água pode chegar a ter contato com o usuário (MORAES, 2018).

2.7.4 Distribuidores

Segundo Silva (2017) as águas cinzas após serem coletadas e tratadas é levada para um reservatório exclusivo, daquele ponto a água será recalçada para o reservatório superior para ser distribuídas através de tubulações aos pontos que serão alimentados pela água de reuso. Segundo Gonçalves (2006), é recomendável que os registros das águas de reuso sejam diferentes dos registros de água potável, devido às ações rotineiras e automáticas esses registros evitariam uso de água não potável em situações inadequadas.

Segundo Gonçalves, Simões e Wanke (2010), no sistema de abastecimento de água da edificação, devem existir duas distribuições uma tubulação exclusiva para uso de água potável e uma tubulação somente para o uso de água não potável.

2.7.5 Sistema de sinalização e informação

Segundo a ANQIP (2011), para reuso em vasos sanitários deverá ser colocado de avisos de obrigatoriedade de fechar a tampa do sanitário como medida de segurança adicional. Necessário para que não haja utilização inadequada do sistema, nem contaminação do sistema público de distribuição de água.

Composto por sinalizações e avisos de alerta em todas as unidades do sistema (tubulações, reservatórios, unidades de tratamento, pontos de utilização etc.), (OLIVEIRA, 2007). Segundo Silva (2017), o sistema de reuso de águas cinzas, devem possuir cores distintas entre as tubulações de águas cinzas e negras para evitar erros durante a execução do sistema.

2.7.6 Controle de nível e tubos de ventilação

Segundo May (2009) os reservatórios deverão ser alimentados por água potável, pois os níveis d'água nos reservatórios dependem principalmente do volume de águas cinza coletadas. Ou seja, caso esses pontos não sejam utilizados, não haverá água para abastecer a

demanda. Sendo assim, justifica-se o uso de uma alimentação reserva da rede hidráulica potável para o reservatório de águas cinza. Os tubos de ventilação são utilizados para eliminar gases provenientes do chuveiro e lavatório caso esses sejam liberados na edificação (MAY, 2009).

2.8 Aplicações de sistema de tratamento de águas cinza para uso não potável

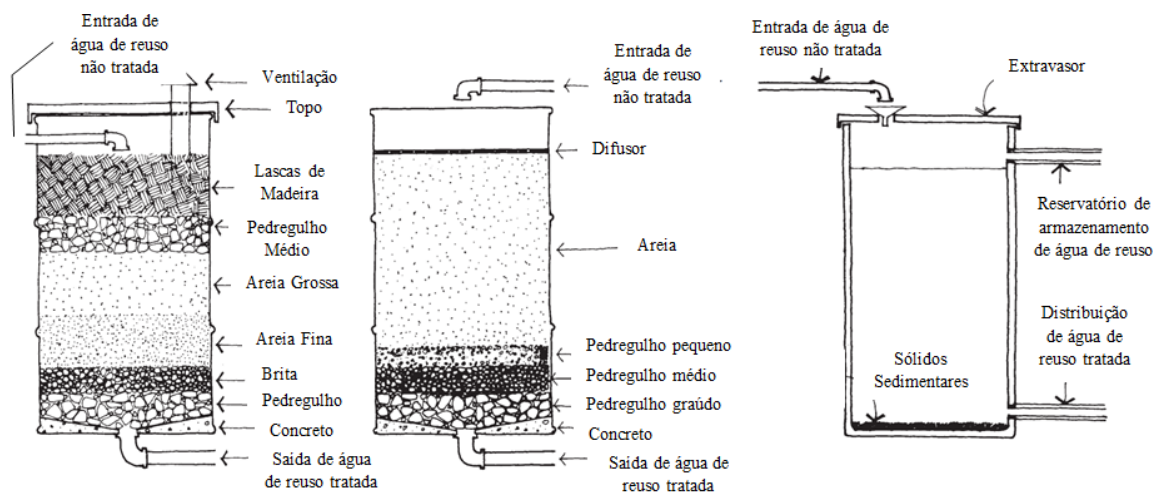
Segundo Oliveira *et al.* (2007) existem no mercado inúmeros sistemas industrializados de tratamento de esgoto doméstico para a implantação de sistemas de reuso de água em edificações residenciais e pequenos conjuntos habitacionais. Apresentam-se a seguir alguns dos sistemas de tratamento disponíveis que podem ser utilizados em sistemas prediais de reuso de água.

2.8.1 Filtros de múltiplas camadas

Little (2004) apresenta um sistema de tratamento de efluentes domésticos destinados ao reuso de água. O sistema consiste basicamente em um filtro de múltiplas camadas por onde passa o efluente a ser tratado. Essas camadas de filtração fazem o tratamento biológico e mecânico reduzindo a $DBO_{5,20}$, retendo com eficiência os sólidos sedimentáveis e removendo, parcialmente ou totalmente, as concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrato, fosfato e coliformes fecais.

Segundo Little (2004), esse sistema pode ser implementados com a utilização de barril plástico, conforme ilustra a Figura 8, e agregados miúdos e graúdos específicos que proporcionem a filtração correta especificada pelo tratamento. Segundo Oliveira *et al.* (2007) após este tratamento, recomenda-se a realização da desinfecção do efluente a ser reutilizado. Os sistemas mais convencionais de desinfecção são a cloração e a radiação ultravioleta.

Figura 8 – Filtros de múltiplas camadas.

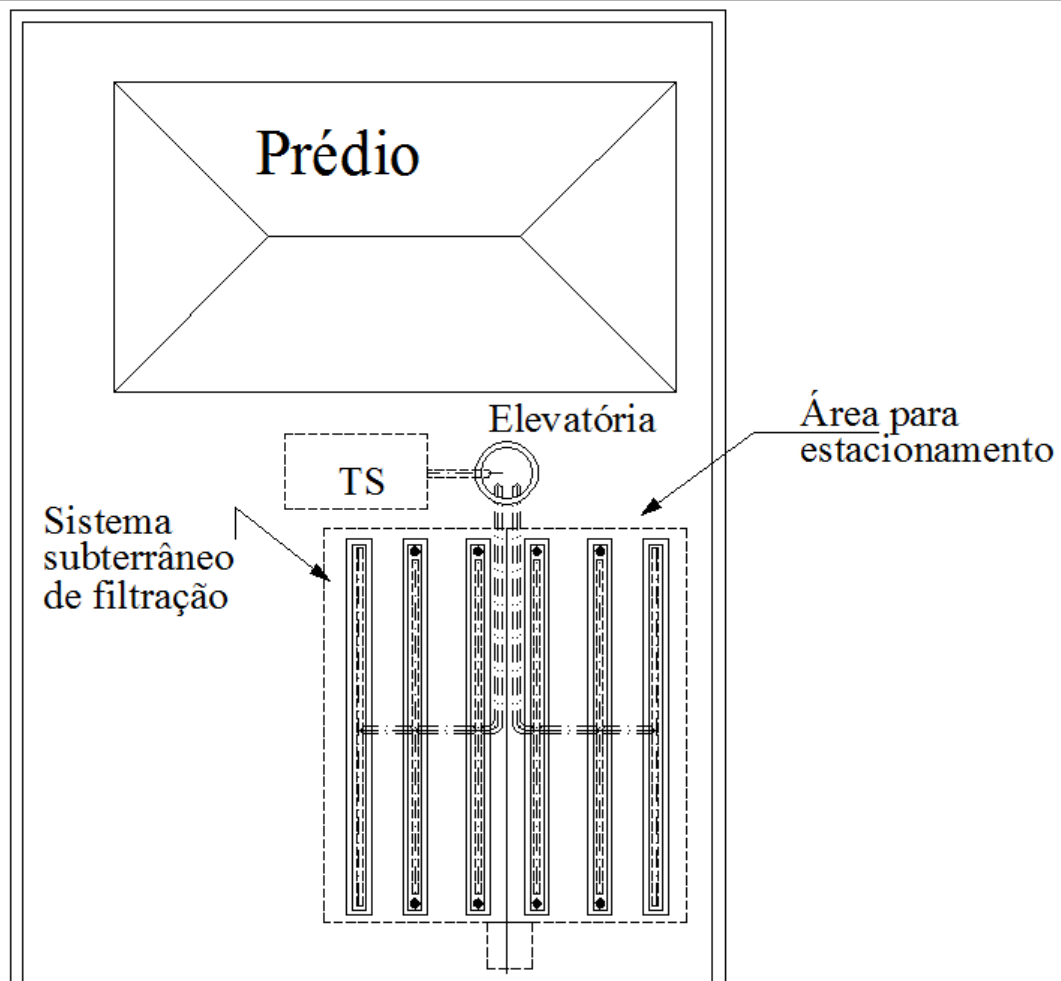


Fonte: Adaptado de Little (2004).

2.8.2 Septodifusor ou valas de infiltração

Segundo Nuvolari (2003), o funcionamento do septodifusor consiste na passagem da porção líquida do efluente de esgoto doméstico em uma camada de pedras ou através de elementos de grande superfície de contato, conforme ilustra a Figura 9. Esses elementos são denominados septodifusores e neles formam um filme biológico constituído de bactérias e outros microorganismos.

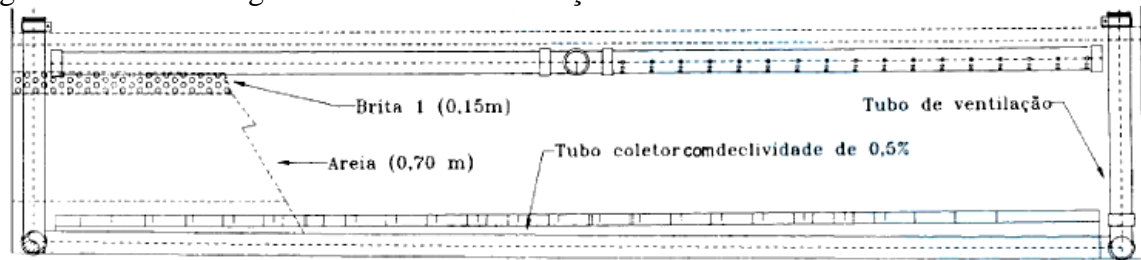
Figura 9 – Sistema subterrâneo de filtração através de valas



Fonte: NBR 13.969 (ABNT, 1997).

A massa biológica aderida às superfícies das pedras ou septodifusores possibilita a degradação aeróbia da carga orgânica do volume infiltrado. Posteriormente uma camada de areia grossa, onde também se formam colônias de bactérias, possibilitando uma filtração complementar, como em um filtro lento. A Figura 10 representa o corte da seção longitudinal da vala de infiltração, onde apresenta essas camadas.

Figura 10 – Corte longitudinal da vala de filtração

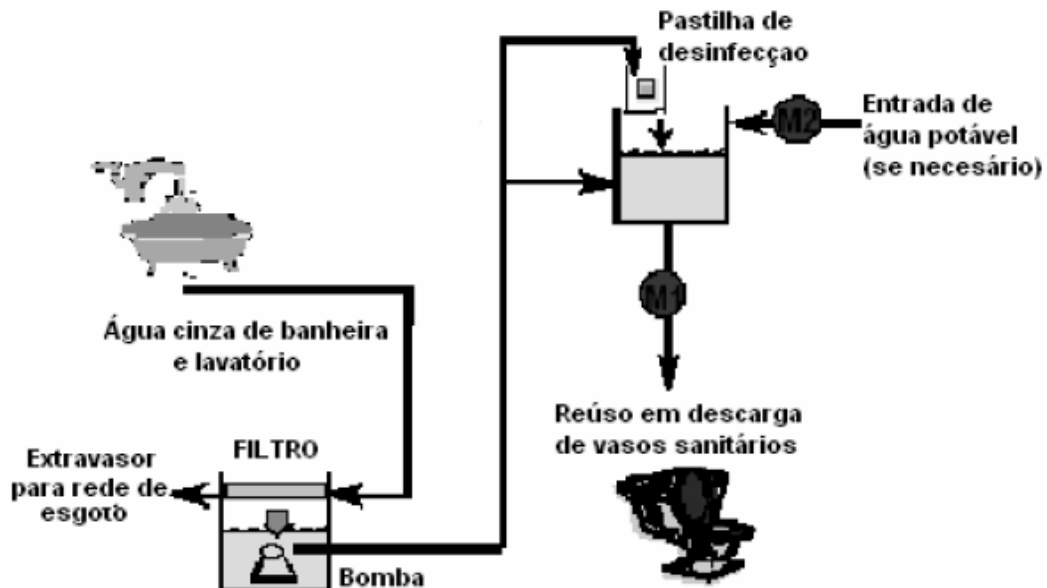


Fonte: NBR 13.969 (ABNT, 1997)

2.8.3 Sistema two-stage system ou simplificado tipo dois estágios

O sistema simplificado tipo dois estágios é um processo utilizado com frequência no Reino Unido visando o reúso para fins domésticos, onde ocorre a filtração grosseira do efluente e posterior desinfecção. Segundo Jefferson (1999), esse processo possui curto período de armazenamento hidráulico. Pois assim, evita-se mudança da natureza química da água cinza, que por vezes permanece inalterada permitindo assim o tratamento de forma mais eficiente. O tratamento ocorre por meio da filtração (filtro de tela de nylon) e posterior desinfecção utilizando o hipoclorito de sódio. A Figura 12 demonstra o esquema do sistema.

Figura 10 – Esquema de sistema de tratamento de águas cinzas, por meio do processo dois estágios.



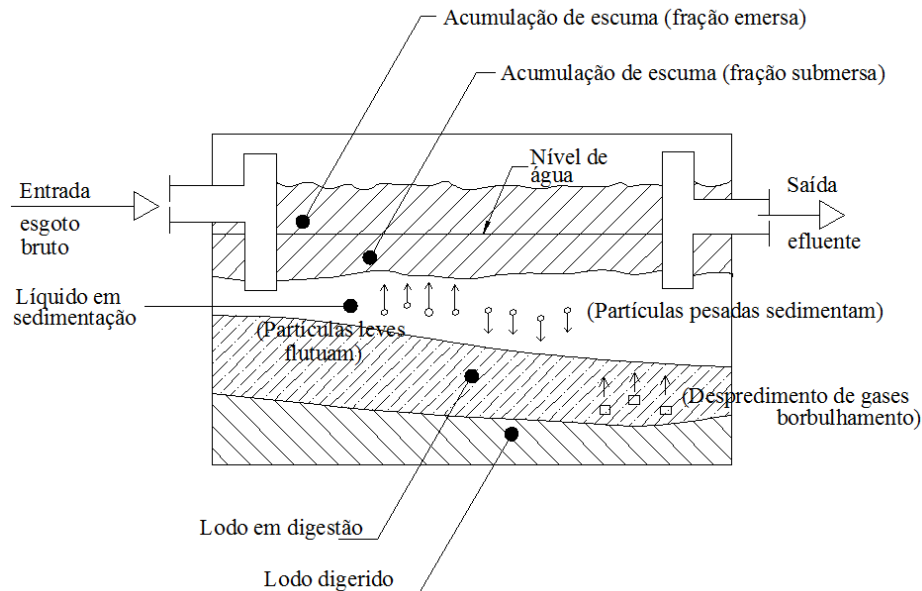
Fonte: Hill *et al.* (2003).

2.8.4 Tanques sépticos

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. Em uma fossa séptica ocorrem várias operações unitárias de tratamento

simultaneamente como a decantação e a oxidação biológica (JORDÃO; PESSÔA, 1975). A NBR 7229 (ABNT, 1997) define os parâmetros necessários, inclusive o tempo de detenção. A Figura 11 ilustra o funcionamento de um tanque séptico geral.

Figura 11 – Exemplo de funcionamento de tanque séptico



Fonte: NBR13969 (ABNT, 1997)

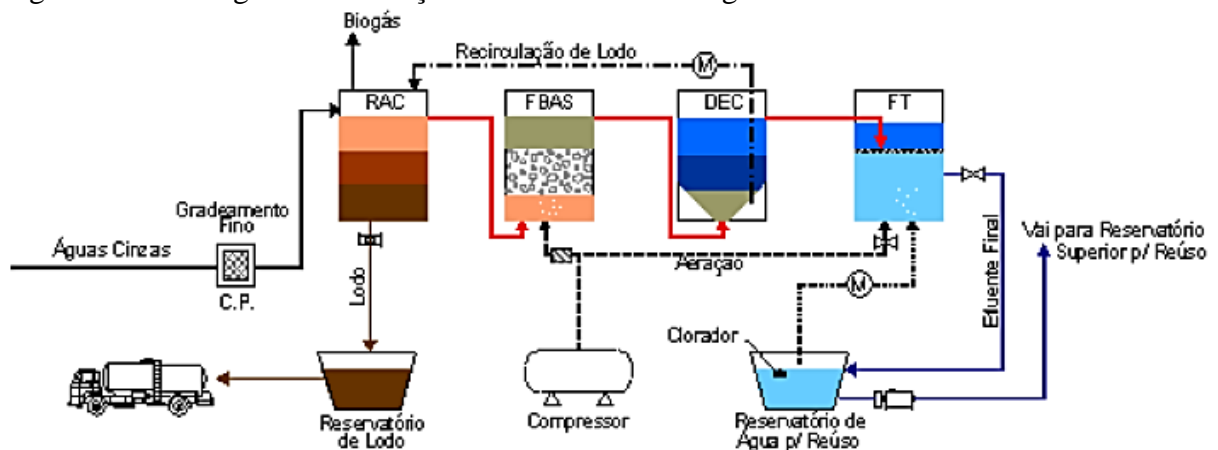
2.8.5 ETAC em Edifícios

Segundos estudos realizados por Gonçalves, Simões e Wanke (2010) em um edifício em residencial Edifício Residencial Royal Blue, Vitória (ES) e um hotel Hotel Comfort Suítes, Macaé (RJ) contemplando o reúso de águas cinzas a ETAC é composta por pré-tratamento, um Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC), um Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), um filtro terciário e um clorador (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010).

Existem muitos sistemas de tratamento de reúso de águas cinzas que podem ser implantados em condomínios residenciais ou em prédios comerciais. Gonçalves, Simões e Wanke (2010) estabelece um esquema simplificado mostrado na Figura 13 de um sistema que possui basicamente as seguintes etapas:

1. Pré-tratamento (gradeamento).
2. Reator anaeróbio compartimentado (RAC).
3. Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS).
4. Decantador secundário (DEC).
6. Filtração terciária (Filtro de areia).
7. Desinfecção (pastilhas de cloro).
8. Reservatório de reúso.

Figura 12 – Fluxograma da Estação de Tratamento de Águas Cinzas



Fonte: Gonçalves, Simões e Wanke (2010).

O tratamento das ETAC é iniciado pelo Pré tratamento, no qual é composto por uma malha de 15,0mm, localizada na entrada da caixa que recebe as águas cinzas. Posteriormente ao pré tratamento, ocorre o Tratamento Anaeróbico (RAC) em que essa etapa é composta por três câmaras, a primeira e a segunda ocorrerá a digestão da matéria orgânica da água. A terceira câmara é um decantador, que tem a função de separar as fases sólida e líquida presentes na água (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010).

Depois do RAC inicia o tratamento Aeróbio, o filtro biológico aerado submerso (FBAS) atuante nesse processo irá remover os compostos orgânicos. Contudo, nessa etapa uma parcela do efluente será lodo proveniente desse tratamento e é liberado juntamente com o efluente no Decantador Secundário (DEC) este material é removido e recirculado rotineiramente para a entrada do RAC.

No RAC, o lodo de excesso da etapa aeróbia é digerido e adensando pela via anaeróbia. Filtração: O Filtro Terciário (FT) tem por finalidade a retenção de partículas de sólidos que tenham passado pelos processos anteriores A desinfecção é a última etapa do processo onde a mesma é feita por cloração, A aplicação de cloro é feita de forma gradativa, na medida em que a adição de cloro injetada na água vai se dissolvendo com a passagem do líquido a ser tratado (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010).

O lodo resultante do processo de tratamento das águas cinzas é retirado uma vez a cada dois meses através de caminhão limpa-fossa no qual será disposto em aterro sanitário. Biogás: A geração de gás da ETAC concentra-se no RAC. O biogás coletado no reator é composto principalmente de gás metano, vapor d'água e gás sulfídrico. Na ETAC o biogás é canalizado até a cobertura do edifício para garantir o encaminhamento dos gases para a atmosfera e evitar o encaminhamento dos mesmos para os ambientes (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010).

Na Tabela 4 apresenta-se um resumo dos principais parâmetros adotados no dimensionamento das ETACs e os índices de demanda de área e o consumo energético. Onde TDH é O Tempo De Detenção Hidráulica e CV_DBO é a carga volumétrica de DBO.

Tabela 4 – Índices e parâmetros de projeto de uma ETAC.

Parâmetros	Unidade	Valor
TDH (tratamento anaeróbio)	h	12
CV_DBO (tratamento aeróbio)	KgDBO/m ³ .dia	0,8 a 1,0
Taxa decantação	m ³ /m ² .dia	20 a 25
Demanda de área	m ² /hab	0,10
Potência relativa	CV/hab	0,02

Fonte: Gonçalves *et al.*, (2010).

2.9 Avaliação financeira do investimento em reuso de água

Segundo Almeida *et al.* (2017), o objetivo da viabilidade econômica é avaliar o custo da instalação de um sistema, sua vida útil e o tempo de retorno do investimento e para concluir algo é necessário utilizar técnicas de orçamento de capital, considerando estimativas dos investimentos iniciais, custos de operação e manutenção, receitas e despesas geradas em um dado período. A engenharia econômica é o estudo que lida e objetiva a análise econômica de decisões sobre investimentos (FILHO; KOPITTKKE, 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*.

2.9.1 *Payback*

O *payback* corresponde ao tempo decorrido entre o investimento inicial até o momento em que o lucro líquido acumulado se iguale ao valor desse investimento. Quanto menor o tempo de recuperação do capital investido no projeto mais atrativo será e existem dois tipos de *Payback*, o simples e o descontado (JANOSELLI; FURLAN, 2016). O *Payback* pode ser calculado com base no fluxo de caixa simples (“*payback*” simples) ou no fluxo de caixa descontado (“*payback*” descontado), que inclui uma taxa de juros. A equação para o cálculo do PB simples ou descontado é a mesma, a diferença está no fluxo de caixa a ser utilizado (GOES; CHINELATO, 2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A realização metodológica da pesquisa foi conduzida no sentido de integrar as vantagens do método quantitativo com as do qualitativo classificando-a em qualitativa-quantitativa. A pesquisa classifica-se como pesquisa aplicada quanto a sua natureza, como pesquisa descritiva quanto aos seus objetivos e como estudo de caso quanto aos seus procedimentos. A metodologia está assim dividida:

Etapa 1: Avaliação técnica preliminar.

Etapa 2: Avaliação das tecnologias a serem empregadas no tratamento da água.

Etapa 3: Dimensionamento do sistema de tratamento.

Etapa 4: Estudo do retorno do investimento.

3.1 Avaliação Técnica Preliminar

O condomínio para o referido estudo foi escolhido dentro de critérios que sinalizassem maior sintonia com os objetivos propostos. Portanto, priorizou-se o condomínio do tipo residencial, com abastecimento de água potável proveniente da CAGECE e, que houvesse disponibilidade na aquisição dos dados necessários para a efetivação do estudo.

O condomínio de estudo é composto por 27 blocos, cada bloco com térreo e 3 pavimentos tipos. No pavimento térreo: Hall de entrada, escada e 4 apartamentos por andar com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. Na área externa estão localizados o cômodo de lixo, guarita, central de gás e área de lazer. Pavimento-tipo: Hall de circulação, escada e 4 apartamentos por andar, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. A tabela 5 apresenta detalhadamente as características da edificação.

Tabela 5 – Características da edificação

Numeros de pavimentos tipos	4
Números de apartamentos por pavimento	4
Quantidade de quartos por apartamento	2
Quantidade de pessoas por apartamento	4
Quantidade de bloco	27

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O condomínio residencial escolhido está localizado na cidade de Fortaleza/CE com as seguintes coordenadas: 3°50'27.45''S e 38°29'39.24'' O. No momento da realização deste estudo, no ano de 2019, o empreendimento citado se encontrava em fase de construção. A Figura 13 representa a localização do empreendimento que foi elaborada com o auxílio do software *Google Earth*.

Figura 13 – Localização do condomínio escolhido para o referido estudo.



Fonte: *GOOGLE EARTH* (2019).

3.2 Avaliação das tecnologias a serem empregadas no tratamento da água

As tecnologias de tratamento foram estudadas com bases no sistema de tratamento de águas cinzas utilizados em condomínios. Dentro desse contexto residencial, o propósito do sistema de reuso é tratar e viabilizar o uso de água cinza para que possa ser utilizada na descarga do vaso sanitário. Para isso o sistema de tratamento das águas cinza adotado foi uma estação de tratamento de águas cinza (ETAC). Essa escolha se deu pela simplicidade de operação e construção, além do investimento a ser disponibilizado combinado com a eficiência na remoção de poluentes presentes nesse tipo de esgoto.

As principais características destes processos anaeróbios e aeróbios de alta taxa são: compactidade, alta concentração de biomassa ativa, idades de lodo elevadas (resultando em pequena produção de lodo), resistência a choques hidráulicos e de carga orgânica e possibilidade de cobertura (evitando problemas com odores e impacto visual). Características bastante interessantes para esse tipo de edificação.

3.3 Dimensionamento do sistema de tratamento

O dimensionamento fora determinado a partir das recomendações do exemplo proposto por Gonçalves *et al* (2006). Foram feitas ilustrações dos filtros que compõe a ETAC. A ilustração do sistema de tratamento foi feita pelo software Autocad. A seguir os parâmetros e considerações utilizados para a ETAC. Os dados do condomínio de estudo, que foram

utilizados como modelo para a estimativa de consumo de água e custo do sistema foi coletados da planta baixa do condomínio disponibilizada no site da construtora.

3.3.1 Cálculo das demandas não potáveis

O dimensionamento é feito considerando-se as demandas não potáveis que serão atendidas na edificação. A estimativa das demandas não potáveis abrange os diferentes usos numa residência, tanto internos quanto externos, considerando o número de moradores da habitação/empreendimento. Para o cálculo das demandas não potáveis, utilizou-se a Equação 1:

$$Q_{NP} = Q_{INT} + Q_{EXT} \quad (1)$$

Em que:

Q_{NP} = somatório das demandas não potáveis (L/d);

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

Q_{EXT} = somatório das demandas externas (L/d).

Contudo, para o presente trabalho não foi utilizado às demandas externas. As demandas internas são compostas apenas o uso do vaso sanitário.

Considera-se demanda interna a utilização de água nos equipamentos localizados dentro da residência que poderá substituir a água potável pelas águas cinzas, como, por exemplo, o vaso sanitário. O volume de água a ser considerado para este equipamento varia de acordo com as especificações do fabricante e a frequência de uso dos habitantes. Os valores utilizados por Gonçalves *et al* (2006), estão apresentados no Quadro 2 que foram os mesmos utilizados neste trabalho.

Quadro 2 – Demanda dos vasos sanitários.

Vaso sanitário	6 L/descarga
	5 descarga por dia
	Perdas por vazamento de 10%

Fonte: Adaptado de Gonçalves *et al* (2006).

Segundo a NBR 9077 (ABNT, 2001), para o condomínio analisado, considera-se 2 pessoas por dormitório. A população considerada é calculada pela Equação 2.

$$N = h \times a \times p \times b \quad (2)$$

Em que:

h: n° de habitantes por apartamento;

a: n° de apartamentos por pavimento;

p: n° de pavimentos em cada bloco;

b: n° de blocos.

A demanda interna foi obtida através da Equação 3, considerando os usos em descarga:

$$Q_{VS} = N \times V \times n \quad (3)$$

Em que:

Q_{VS} : demanda dos vasos sanitários;

N: número de habitantes da edificação;

V: vol.de água do vaso sanitário;

n: n°. de descargas (L/d).

3.3.2 Estimativa da produção de água cinzas

Para o cálculo da produção de águas cinza dos equipamentos, utilizou-se a Equação 4.

$$Q_{EQ} = N \times q \times t \times f \quad (4)$$

Em que:

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

q: vazão do equipamento em L/min;

t: utilização do equipamento durante o dia em min/hab.dia;

f: frequência que é utilizado o equipamento por dia.

Para a presente pesquisa foi utilizado apenas o efluente do lavatório e da máquina de lavar dos apartamentos, com base na pesquisa de May (2009) onde a mesma afirma que a oferta de águas cinzas gerado pelo lavatório e a máquina de lavar roupa supera a demanda do vaso sanitário.

O Quadro 3 apresenta a produção dos dois aparelhos que serão considerados nesta pesquisa. Conforme proposto por Gonçalves *et al* (2006) serão utilizados os seguintes dados da quadro 3 para o cálculo da produção de águas cinzas.

Quadro 3 – Produção de águas cinzas dos aparelhos considerados.

Lavatório	Vazão (q) = 20 L/min
	Duração (t) = 4min/hab.dia
	Frequência (f) = 1,0 vez /dia
Máquina de lavar	Vazão (q) = 180 L/ciclo
	Frequência (f) = 1 ciclo /dia
	Considerando 100% de apartamento com máquinas

Fonte: Adaptado de Gonçalves *et al* (2006).

3.3.3 Dimensionamento do Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)

O RAC foi dimensionado com geometria retangular, para uma temperatura média no esgoto de 20°C. Para assim, garantir uma eficiência mínima de 65% na remoção de DBO. A Equação 5 foi utilizada para dimensionar o RAC.

$$V_{RAC} = K_2 \cdot Q_{VS} \cdot \theta$$

Em que:

$$V_{RAC}: \text{volume útil do RAC (m}^3\text{);} \tag{5}$$

Q_{VS} : vazão de água cinza (m³/h);

K_2 : coeficiente de pico horário ($K_2 = 3$);

θ : tempo de detenção hidráulica (h).

3.3.4 Dimensionamento Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS)

O FBAS foi dimensionado com seção retangular, tomando-se como, parâmetro principal de dimensionamento a carga orgânica volumétrica sobre o meio granular ($C_v\text{DBO}$ em kg DBO₅/m³.dia). Segundo Gonçalves *et al* (2006), o cálculo da carga orgânica aplicada sobre o meio granular ($C\text{DBO}_{\text{FBAS}}$) é realizado a partir da Equação 6.

$$C\text{DBO}_{\text{FBAS}} = (1 - E_{\text{RAC}}) \times K_2 \times Q_{\text{VS}} \times \text{DBO} \tag{6}$$

Em que:

$C\text{DBO}_{\text{FBAS}}$: carga orgânica aplicada sobre o meio granular (KgDBO₅/dia);

E_{RAC} : eficiência de remoção de DBO₅ do RAC (%);

K_2 : coeficiente de pico horário ($K_2 = 3$);

Q_{VS} : vazão de água cinza (m³/dia);

Os principais parâmetros adotados no dimensionamento são:

- $C_v \text{ DBO} = 0,5 \text{ kgDBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$
- $\text{DBO}_5 = 300 \text{ mg/L}$ (DBO₅ na água cinza bruta)
- $h_{\text{leito}} = 1,20\text{m}$ (altura útil do meio granular)
- $E_{\text{racDBO}_5} = 60\%$;
- $T_{\text{ar}} = 30 \text{ Nm}^3/\text{kgDBO}_5$ aplicado (taxa de aeração no FBAS)

Segundo Gonçalves *et al* (2006), o cálculo do volume de meio granular ou leito filtrante (V_{FBAS}) é realizado a partir da Equação 7, substituindo os valores considerados na mesma, temos que:

$$V_{\text{FBAS}} = \frac{C\text{DBO}(\text{FBAS})}{C_v\text{DBO}(\text{FBAS})} \tag{7}$$

3.3.5 Decantador secundário (DEC)

O DEC foi dimensionado com seção retangular. Conforme proposto por Gonçalves *et al* (2006), a Equação 8 é utilizada para o cálculo da área superficial (A_{DEC}):

$$A_{DEC} = \frac{K2 \times Qvs}{Ts} \quad (8)$$

Em que:

$K2$: coeficiente de pico horário $K2 = 3$);

Qvs : vazão de água cinza (m^3/dia);

Ts : taxa superficial.

3.3.6 Filtro Terciário (FT)

O FT foi dimensionado com geometria retangular e tomou-se como parâmetro principal de dimensionamento a velocidade ascensional (v) de 3,5 m/h. Calculando a área superficial (A_{FT}) através da Equação 9.

$$A_{FT} = \frac{K2 \times Qvs}{v} \quad (9)$$

3.3.7 Desinfecção por cloração

Foi utilizada a cloração por contato através de pastilhas compostas de cloro estabilizado acoplado a um clorador desenvolvido pela EMBRAPA para efetuar a desinfecção da água, e aperfeiçoada pela EMATER-MG para o uso dentro do reservatório. Uma pastilha tem a capacidade de desinfetar 15.000 litros de água por um período de 30 dias, ou seja 15 $m^3/mês$, de acordo com o fabricante (PACE, 2018).

3.4 Estudo de viabilidade financeira

Para estudo e análise da viabilidade de implantação do sistema, primeiramente identificou-se os custos de material, operação e manutenção. O custo de implantação do sistema foi calculado a partir de dados obtidos no trabalho realizado por Gonçalves *et al* (2006), com isso pode-se gerar uma relação aritmética entre o valor orçamentário e sua área, de modo a calcular o valor da estação de tratamento do presente trabalho.

Os valores relacionados ao custo da ETAC do trabalho apresentado por Gonçalves, Silva e Wanke (2004), tem data base do ano de 2004. Sendo assim, o valor da implantação da presente pesquisa, foram acrescidos do percentual acumulado do ano de 2004 até 2020. Esse percentual foi baseado na cotação do dólar entre esse período.

3.4.1 Consumo de energia da ETAC

No custo operacional do sistema estão inclusos os serviços de:

- mão-de-obra (não necessita ser qualificada, gasto médio de 2,5 h/dia);
- gestão do lodo: retirada e transporte do lodo;
- manutenção de equipamentos;

- suprimentos de materiais: pastilhas de cloro;
- custo de energia.

Os motores e equipamentos que compõem a ETAC foram: um compressor de ar de 1 CV, duas bombas centrífugas de ½ CV cada e um rotâmetro de fluxo de ar. O sistema é composto de painel elétrico automatizado e a demanda operacional foi de aproximadamente 2,5h/dia. Segundo Gonçalves *et al* (2006), o consumo de energia mensal desse sistema é de 408,5 KWh/mês.

- Bomba de recirculação de lodo + lavagem (2x ½ CV) x 0,4h/dia = 8,9 KWh /mês;
- Compressor de ar (1 CV) x 18h/dia = 399,6 KWh/mês.

3.4.2 Consumo de água potável do condomínio

Segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998), para o cálculo da capacidade dos reservatórios de um edifício devem ser levando em consideração o padrão de consumo de água no edifício e, onde for possível obter informações, a frequência e duração de interrupções do abastecimento. E que o volume de água reservado para uso doméstico deve ser, no mínimo, o necessário para 24 h de consumo normal no edifício.

Através da Equação 10, obteve-se o consumo diário de água potável no condomínio.

$$C_{API} = C \times N \quad (10)$$

Onde:

C_{API} = consumo diário de água potável no condomínio;

C = consumo de água per capita;

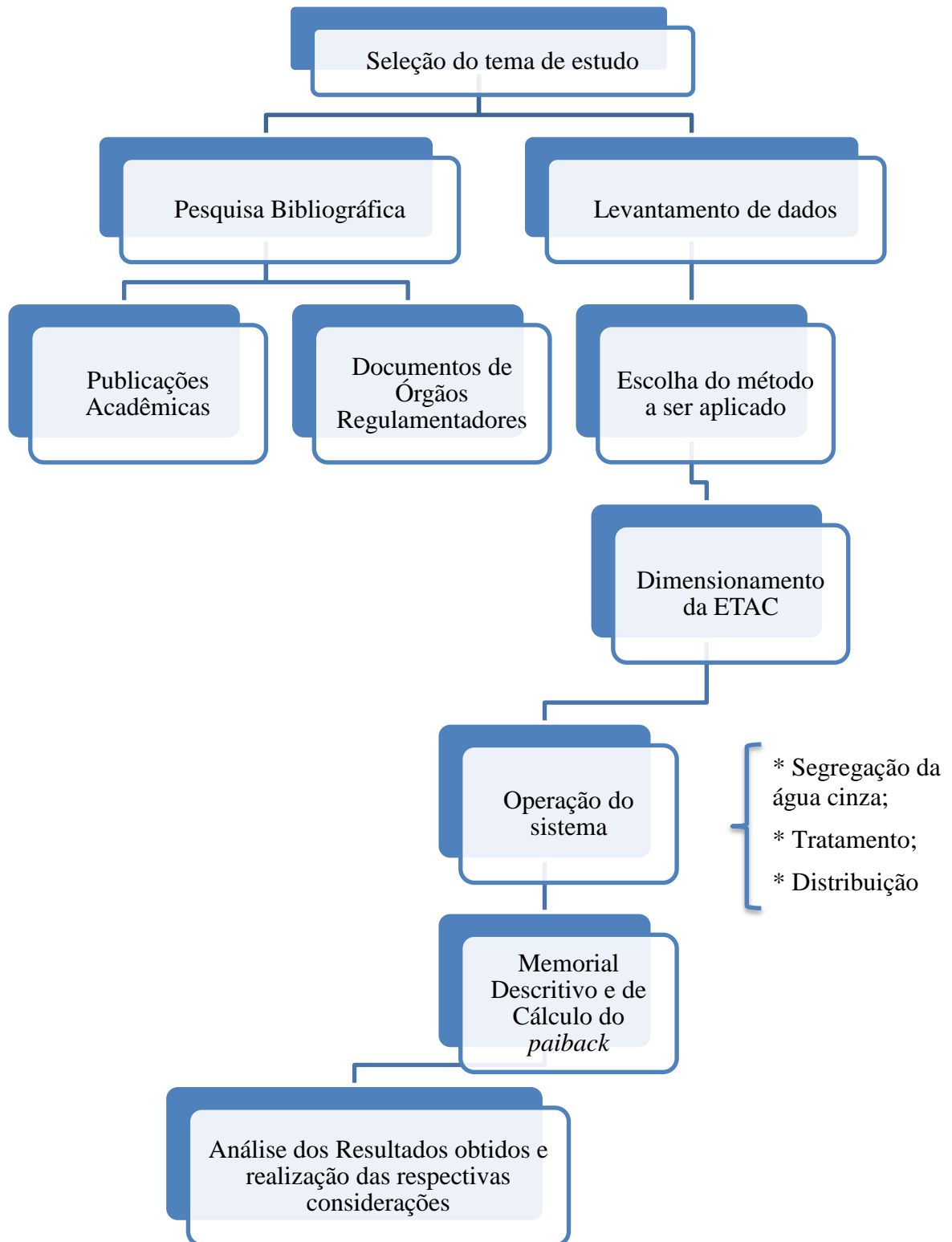
N = número de habitantes.

3.4.3 Payback

No presente trabalho, foi considerado o *payback* descontado por se aproximar mais da realidade e por ser um bom parâmetro de análise. Durante o desenvolvimento do trabalho, uma linha do raciocínio foi seguida: desde a coleta de dados necessários para o dimensionamento das unidades de tratamento até a determinação do custo pelo orçamento seguido da determinação do *payback*.

A seguir é disposta a Figura 14, a qual ilustra as etapas metodológicas utilizadas para a produção e finalização deste trabalho.

Figura 14 – Fluxograma da metodologia da presente pesquisa



Fonte: Autora (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo expõe os resultados deste trabalho, a partir de alguns estudos realizados, de forma mais ilustrativa com tabelas e figuras para melhor entendimento do mesmo. Juntamente, com memorial de cálculo referente ao dimensionamento do sistema de tratamento adotado. A análise ocorre a partir de uma revisão em publicações e normas, de modo a fundamentar e comparar o que foi encontrado.

4.1 Cálculo das demandas não potáveis

Estimando-se que os apartamentos do condomínio estejam todos ocupados e substituindo os valores da Tabela 5 na Equação 2 temos que:

$N = 4$ pessoas por apartamento x 4 apartamentos por pavimento x 4 pavimentos por bloco x 27 blocos

$N = 1.728$ pessoas

A demanda interna corresponde apenas ao volume de água a ser utilizada nos vasos sanitários, acrescida de um potencial de perdas de 10%. Substituindo os valores do Quadro 2 e o número de pessoas calculados no paragrafo anterior na Equação 2, temos que a demanda do vaso sanitário é:

$$Q_{VS} = 1.728 \times 6 \times 5 \times 1,1$$

$$Q_{VS} = 57.024 \text{ L/d}$$

4.2 Estimativa da produção de águas cinzas

A produção de águas cinza foi determinada utilizando os dados do Quadro 3, onde contém as informações de: vazão, duração e frequências, do lavatório e da máquina de lavar. Substituindo os valores encontrados anteriormente na Equação 4, procedeu-se o Quadro 4.

Quadro 4 – Estimativa da produção de águas cinzas total.

Lavatório	Vazão (q) = 20 L/min	$Q_{Lv} = N \times q \times t \times f$
	Duração (t) = 4 min/hab.dia	$Q_{Lv} = 1.728 \times 20 \times 4 \times 1$
	Frequência (f) = 1,0 vez /dia	$Q_{Lv} = 138.240 \text{ L/dia}$
Máquina de lavar	Vazão (q) = 180 L/ciclo	$Q_{MI} = N \times q \times t \times f$
	Frequência (f) = 1 ciclo /dia	$Q_{MI} = 1.728 \times 180 \times 1 \times 1$
	Considerando 100% de apartamento com máquinas	$Q_{MI} = 311.040 \text{ L/dia}$
PRODUÇÃO TOTAL		$Q_t = 138.240 + 311.040$ $Q_t = 449.280 \text{ L/dia}$ $Q_t = 449,28 \text{ m}^3/\text{dia}$ $Q_t = 13.478,4 \text{ m}^3/\text{mês}$

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Sendo assim, a vazão total de águas cinzas a ser coletada no condomínio de estudo é de 18,72 m³/h.

4.3 Dimensionamento da estação de tratamento de águas cinzas - ETAC

O processo de tratamento adotado nesse exemplo foi a associação em série dos processos biológicos RAC (Reator Anaeróbio Compartimentado), Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), Decantador Secundário, Filtro Terciário e Desinfecção por cloração.

Para o dimensionamento da ETAC adotou-se como vazão a demanda de água não potável calculada no item 4.1. Para efeito de cálculo transformou-se a vazão da demanda não potável para metro cúbico por dia.

$$Q_{VS} = 57.024 \text{ L/d}$$

$$Q_{VS} = 2,376 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.3.1 Dimensionamento do Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)

Para efeito de cálculo considerou-se como parâmetro principal de dimensionamento o tempo de detenção hidráulica (q) de 10 horas e uma compartimentação de 3 (três) câmaras. Substituindo o valor de Q_{VS} e os valores considerados de K_2 e θ na equação 5, temos que o volume do reator anaeróbio compartimentado é:

$$V_{RAC} = 3 \times 2,376 \times 10$$

$$V_{RAC} = 71,28 \text{ m}^3$$

Adotando uma altura útil (h_{RAC}) de 2,00m, calculou-se a área superficial do RAC (A_{RAC}). Essa área pode ser encontrada dividindo o volume do RAC (V_{RAC}) pela altura útil adotada (h_{RAC}):

$$A_{RAC} = \frac{V_{RAC}}{h_{útil}}$$

$$A_{RAC} = \frac{71,28}{2}$$

$$A_{RAC} = 35,64 \text{ m}^2$$

Como o reator deve possuir 3 câmaras, a área de cada compartimento será:

$$A = \frac{A_{RAC}}{3}$$

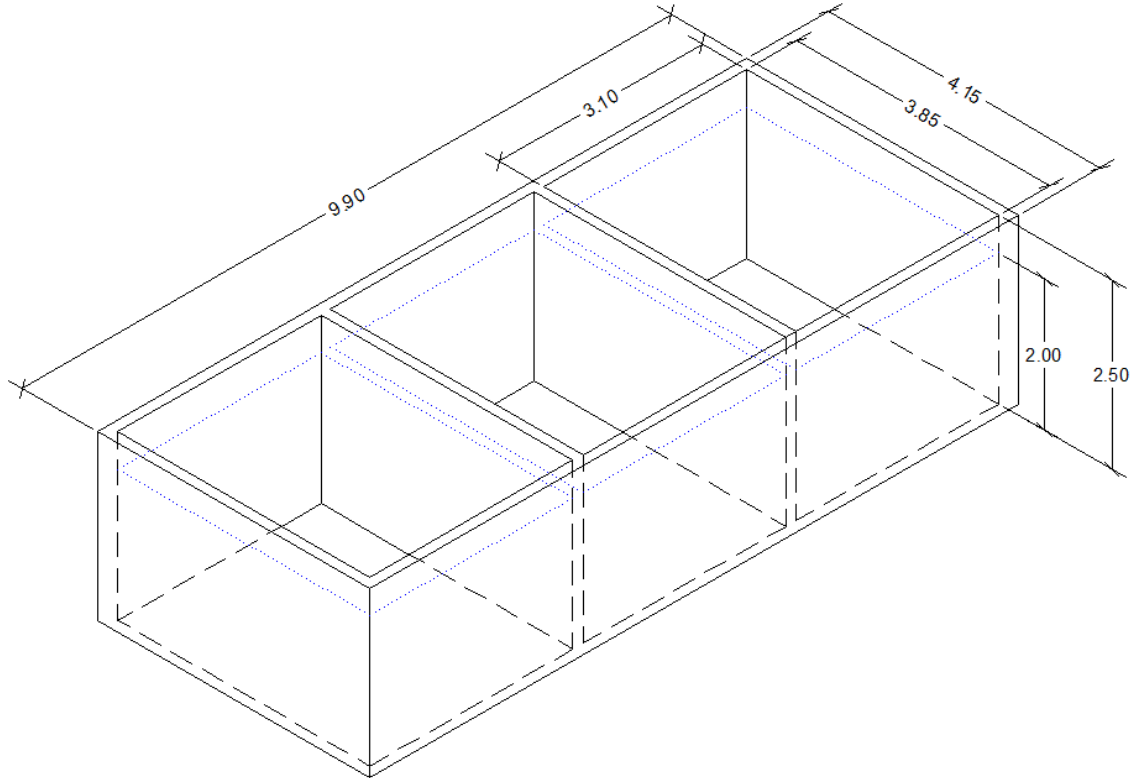
$$A = \frac{35,64}{3}$$

$$A = 11,88 \text{ m}^2$$

Para efeito de projeto considerou-se uma altura total de 2,5 m para cada compartimento. Com a área calculada e sabendo que o reator possui formato retangular, adotou-se as dimensões de largura e comprimento para obter a área necessária de cada

compartimento. Dimensões adotadas para cada compartimento: 3,1 x 3,85 x 2,50 m. A Figura 15 representa a perspectiva isométrica do tanque com as medidas encontradas para o RAC.

Figura 15 – Reator Anaeróbio Compartimentado.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.3.2 Dimensionamento Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS)

Substituindo os valores considerados na seção anterior na Equação 6, temos que:

$$CDBO_{FBAS} = (1 - 0,65) \times 3 \times (2,376 \times 24) \times \left(\frac{200}{1000}\right)$$

$$CDBO_{FBAS} = 11,97 \text{ KgDBO5/dia}$$

Segundo Gonçalves *et al* (2006), o cálculo do volume de meio granular ou leito filtrante (V_{FBAS}) é realizado a partir da Equação 7, substituindo os valores considerados na mesma, temos que:

$$V_{FBAS} = \frac{11,97}{0,5}$$

$$V_{FBAS} = 23,94 \text{ m}^3$$

Adotando altura do leito igual a 1,2 m, temos que a área superficial (A_{FBAS}) será o volume dividido pela altura do mesmo.

$$A_{FBAS} = \frac{V_{FBAS}}{h(\text{leito})}$$

$$A_{FBAS} = \frac{23,94}{1,2} = 19,95 \text{ m}^2$$

Adotando comprimento do FBAS (B_{FBAS}) igual a 3,1 m, a largura do FBAS (L_{FBAS}) pode ser encontrada dividindo-se sua área (A_{FBAS}) pelo comprimento (B_{FBAS}).

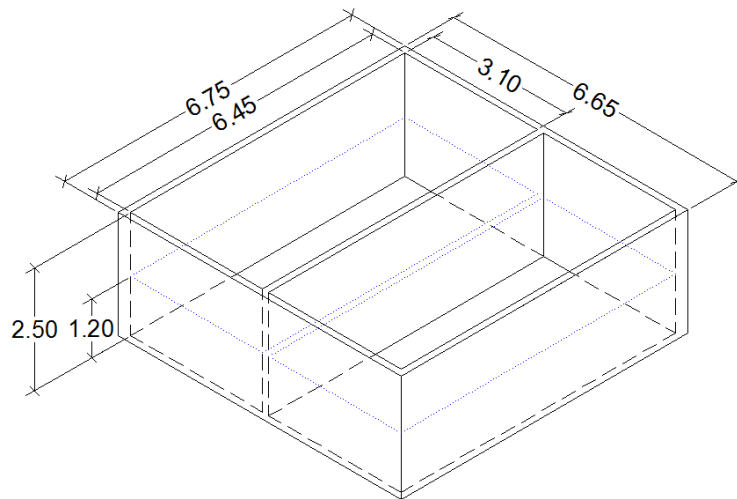
$$L_{FBAS} = \frac{A_{FBAS}}{B_{FBAS}}$$

$$L_{FBAS} = \frac{19,95}{3,1}$$

$$L_{FBAS} = 6,45 \text{ m}$$

Para efeito de projeto foi adotado a mesma altura total do RAC de 2,5 m no FBAS. Dimensões adotadas: 3,1 x 6,45 x 2,50 m e altura do leito (h_{leito}) = 1,20 m. A Figura 16 representa o tanque com as medidas calculadas para o FBAS.

Figura 16 – Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS).



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.3.3 Decantador secundário (DEC)

Prevendo-se uma taxa superficial (t_s) de 25 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$ e substituindo os valores na Equação 8, temos que área do decantador é igual a:

$$A_{DEC} = \frac{3 \times 2,376 \times 24}{25}$$

$$A_{DEC} = 6,85 \text{ m}^2$$

Adotando comprimento do DEC (B_{DEC}) igual a 3,1 m, é possível encontrar sua largura (L_{DEC}) dividindo a área (A_{DEC}) pelo comprimento (B_{DEC}):

$$L_{DEC} = \frac{A_{DEC}}{B_{DEC}}$$

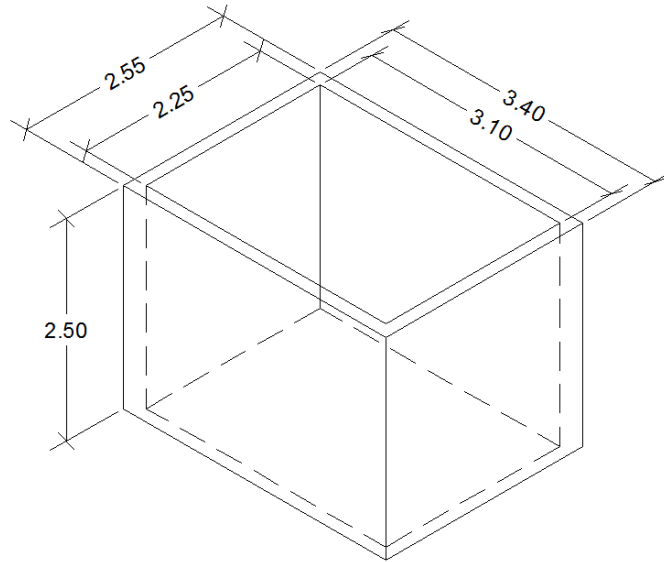
$$L_{DEC} = \frac{6,85}{3,1}$$

$$L_{DEC} = 2,21 \text{ m}$$

Adotando-se uma precisão de 5 cm, determinou-se que seria mais conveniente adotar $L_{DEC} = 2,25 \text{ m}$.

Sendo assim, as dimensões adotadas foram: 3,1 x 2,25 x 2,50 m. A Figura 17 representa a perspectiva isométrica do DEC.

Figura 17 – Decantador secundário.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.3.4 Filtro Terciário (FT)

Substituindo os valores adotados e encontrados anteriormente na Equação 9 tem-se:

$$A_{FT} = \frac{3 \times 2,376}{3,5}$$

$$A_{FT} = 2,04 \text{ m}^2$$

Adotando-se uma precisão de 5 cm, determinou-se que seria mais conveniente adotar $A_{FT} = 2,05 \text{ m}^2$

Adotando comprimento do FT (B_{FT}) igual a 1,00 m, é possível calcular a largura do FT (L_{FT}) dividindo a área do FT (A_{FT}) pelo comprimento do FT (B_{FT}):

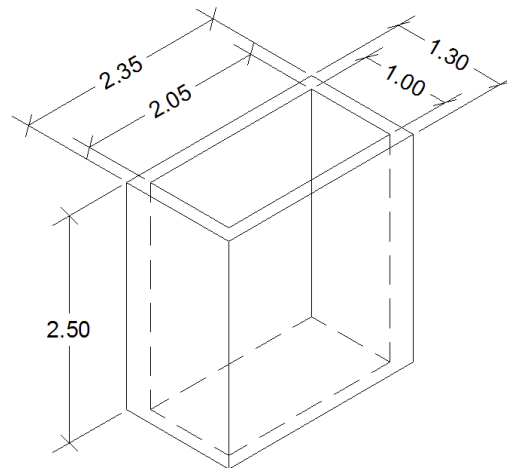
$$L_{FT} = \frac{A_{FT}}{B_{FT}}$$

$$L_{FT} = \frac{2,05}{1}$$

$$L_{FT} = 2,05 \text{ m}$$

Sendo assim, as dimensões adotadas foram: 1 x 2,05 x 2,50 m. A Figura 18 representa a perspectiva isométrica do FT.

Figura 18 – Filtro terciário.



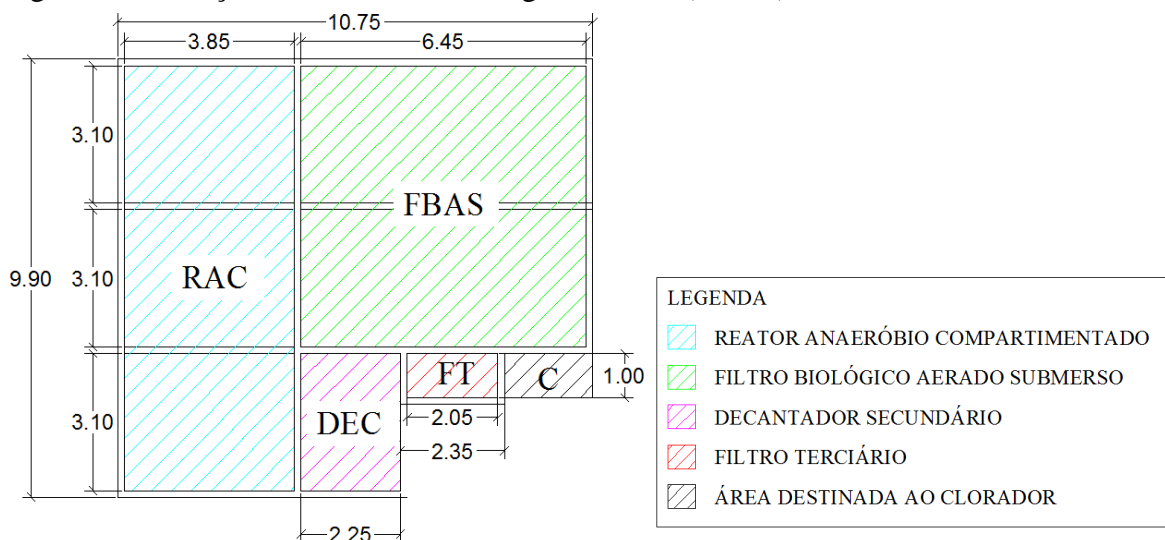
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.3.5 Locação da ETAC no condomínio de estudo

A ETAC dimensionada teve uma área total de 106,43 m², ou 33% maior comparada a ETAC dimensionada no Hotel Comfort Suítes – Macaé / RJ no trabalho de Gonçalves *et al* (2006). Ou seja, essa variação deu-se devido à população do condomínio de estudo que é maior que a população do hotel, conseqüentemente as dimensões da ETAC calculada foi maior devido o aumento da demanda.

Organizaram-se os tanques retangulares associando-os de forma a ocupar menor espaço no condomínio, assim como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC).



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

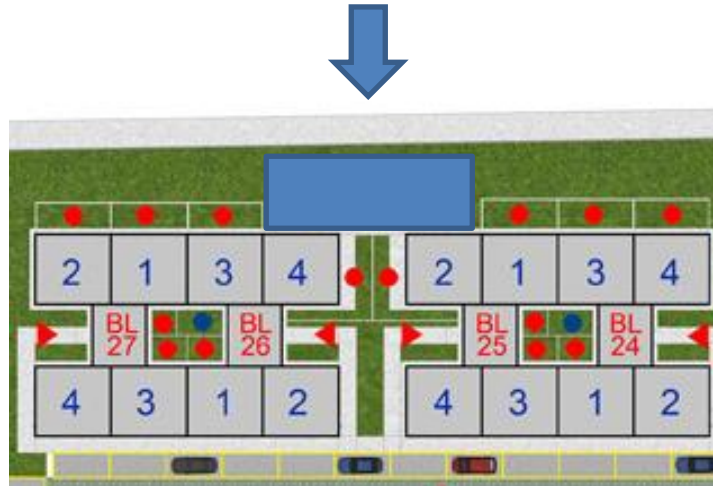
Após análise do layout do condomínio, observando a planta de situação, decidiu-se por locar a ETAC no local indicado na Figura 20. Para melhor visualização, a Figura 20 foi ampliada, com destaque para a locação da ETAC, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 20 – Planta de situação do condomínio.



Fonte: MRV (2020).

Figura 21 – Destaque para a locação da ETAC no condomínio.



Fonte: MRV (2020).

4.3.6 Desinfecção por cloração

Segundo o exemplo proposto por Gonçalves *et al* (2006), a cloração foi adotada com o uso de uma caixa de passagem, considerando que a pastilha de hipoclorito de sódio fique em contato com o efluente 30 minutos ou mais. Sendo assim a quantidade de pastilhas (Q_P) necessária por um mês é de:

$$Q_{VS} = 2,376 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{VS} = 71,3 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$Q_P = \frac{71,3}{15} = 4,73, \text{ adotou-se } 5 \text{ pastilhas.}$$

Considerando a recomendação de Gonçalves *et al* (2006), adotou-se o valor considerado por partilha de R\$ 4,20. Sendo assim, o custo por mês em pastilhas será de R\$ 21. Desta forma, o clorador desenvolvido pela EMBRAPA mostrou-se eficiente para efetuar a desinfecção da água cinza do sistema de tratamento ETAC.

4.4 Estudo de viabilidade financeira

As informações a seguir são referente ao calculo de memorial do dados a seguir

4.4.1 Consumo de energia da ETAC

A tarifa da concessionária para fornecimento de energia (ENEL) apresenta custo unitário de R\$ 0,72529/KWh. Sendo assim, o custo de energia total para cada equipamento é demonstrado a seguir.

- Bomba de recirculação de lodo + lavagem

$$C_B = 8,9 \times 0,72529$$

$$C_B = \text{R\$ } 6,46$$

- Compressor de ar (1 CV) x 18h/dia

$$C_c = 399,6 \times 0,72529$$

$$C_c = \text{R\$ } 289,83$$

Sendo assim, o consumo de energia total por mês do sistema é de:

$$C_T = C_B + C_c$$

$$C_T = 6,46 + 289,83$$

$$C_T = \text{R\$ } 296,30$$

4.4.2 Consumo de água potável do condomínio

Considerando que todos os apartamentos estão ocupados e que o consumo per capita é de 150 L/ hab.dia e sabendo que o condomínio possui 1.728 pessoas, temos que o consumo de água potável no condomínio é:

$$C_{AP1} = 150 \times 1.728$$

$$C_{AP1} = 258.200 \text{ L/dia}$$

$$C_{AP1} = 7.746 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Com o sistema de reuso, a nova demanda de água potável (C_{AP2}) será o C_{AP1} subtraído do valor da demanda dos vasos sanitários (Q_{VS}). Sendo assim, para o sistema de reuso, o valor do consumo médio mensal de água potável no condomínio é:

$$C_{AP2} = C_{AP1} - Q_{VS}$$

$$C_{AP2} = 258.200 - 57.024$$

$$C_{AP2} = 201.176 \text{ L/dia}$$

$$C_{AP2} = 6.035,3 \text{ m}^3/\text{mês}$$

No estudo de viabilidade financeira para o sistema de reúso no condomínio, para efeito de comparação, foram consideradas duas situações: Opção 1 – sem Sistema de Reuso (Quadro 5) e a Opção 2 – com Sistema de Reuso (Quadro 6). A tarifa da concessionária para fornecimento de água (CAGECE) é de um custo unitário de R\$ 4,11/m³.

Quadro 5 – Opção 1 (sem Sistema de Reuso)

Item	Descrição	R\$ / Unitário	R\$ Total
1	Consumo de água potável: 7.746 m ³ /mês	4,11	31.836,06

Quadro 6 – Opção 2 (com Sistema de Reuso)

Item	Descrição	R\$ / Unitário	R\$ Total
1	Consumo de água potável: 6.035,3 m ³ /mês	4,11	24.805,09

Com isso, foi possível reunir todas as informações e formar o Quadro 7, onde é apresentado todos os valores e o somatório dos mesmo, resultando no custo médio mensal da ETAC.

Quadro 7 – Orçamento do Sistema de Reuso no condomínio

Item	Descrição	R\$ Total
1	ENEL	296,3
2	Mão de obra	337,50
3	Gerenciamento lodo	90
4	Pastilha de cloro	21
5	Manutenção	150,00
5	CAGECE	24.805,09
TOTAL		25.699,89

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O custo médio mensal com a implantação do sistema de reúso é de R\$ 25.699,89. Ou seja, o condomínio teria uma economia mensal de R\$ 6.137,17 ou 25% em relação ao valor convencional.

Como forma de trazer os valores aventados por Gonçalves, Silva e Wanke (2004) hora realizados no ano de 2004 a valores presentes, estabeleceu-se uma relação com o valor do dólar da época e o valor da elaboração desta pesquisa. Desta forma, no ano de 2004 o dólar estava cotado em R\$ 3,01. O preço do dólar para o ano de 2020 no mês de abril teria sido de R\$ 5,326, ou seja, correspondendo um aumento de 77%. Com isso, temos que o valor calculado aproximado para a ETAC seria de:

$$\text{Imp} = 55.210,57 + 55.210,57 \times 77\%$$

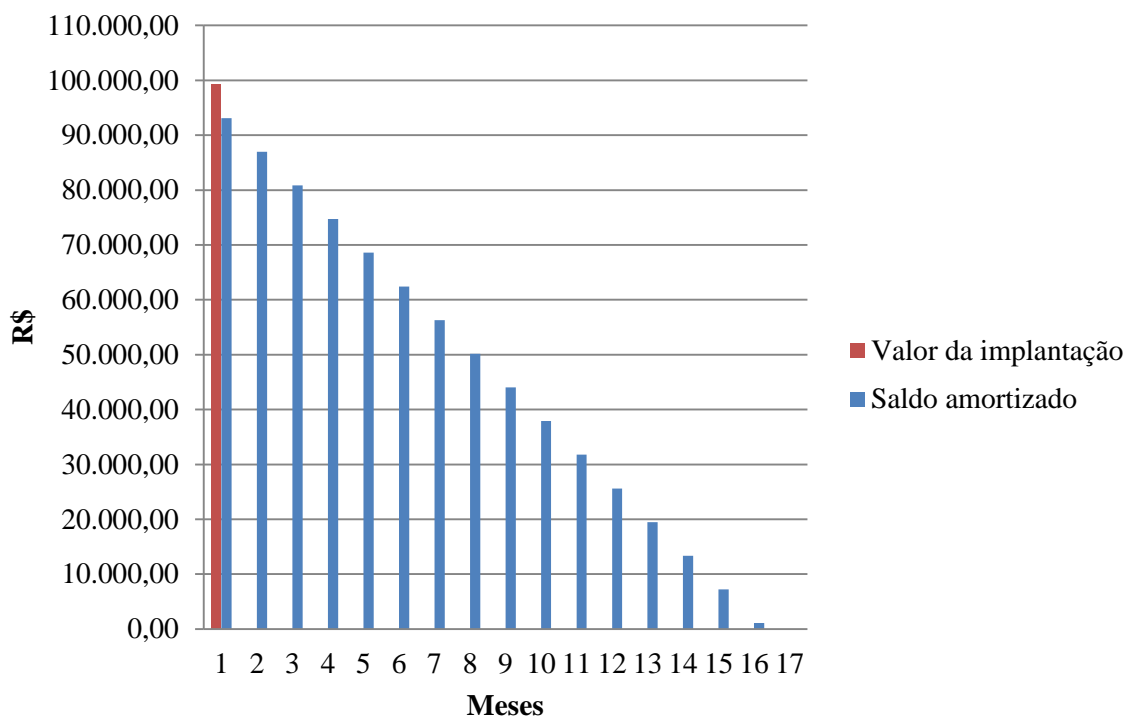
Imp = R\$ 99.262,71

4.4.3 Cálculo do Payback

No cálculo do *Payback* o saldo a amortizar foi deduzido da diferença de valor entre a opção 1, que apresenta valores monetários referentes ao custo pago pelo condomínio na utilização de água da concessionária para atender sua demanda total (conforme apresentado no Quadro 5), e opção 2 (mostrado no Quadro 6) que representa a economia/mensal monetária no caso do condomínio sendo optante do sistema de reuso aqui proposto.

A Figura 22 apresenta os valores do saldo amortizados nos meses seguintes, após a adoção pelo condomínio do reuso de águas cinzas. Este valor estará sendo amortizada nos dezessete meses seguintes à implantação, conferindo ao condomínio à recuperação do investimento e, não menos importante a lição de preservação do meio ambiente que deverá ser propagada.

Figura 22 – Saldo amortizado da ETAC.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Vale destacar, que condomínio de estudo que apresenta 432 apartamentos e supondo um rateio entre seus moradores para cobrir o custo de implantação do sistema de reuso de águas cinzas, o custo a ser acrescido na taxa condominial de cada unidade seria de R\$ 229,78.

5 CONCLUSÃO

O trabalho apresentou um sistema de reuso de águas cinzas para uma edificação possibilitando a reutilização da água em vasos sanitários. Os resultados obtidos neste estudo suportam as conclusões, apresentadas a seguir.

A demanda dos vasos sanitários calculada para o condomínio estudado foi de 2,376 m³/h. a produção de águas cinza produzidas no uso das máquinas de lavagens de roupas e lavatórios do condomínio de estudo resultou em 18,72 m³/h. Ou seja, apenas 12,7% do potencial de águas cinza será reutilizado. Desta forma, conclui-se que a solução aqui estudada se apresenta como uma alternativa que reduz a demanda sobre a água potável em aplicações sem necessidade de potabilidade além de sugerir a implantação em condomínios multifamiliares.

A população do condomínio de estudo mostrou-se populosa, conseqüentemente a vazão de águas cinzas gerada resultou uma grande quantidade. Com isso, foi necessário utilizar uma tecnologia que atendesse a essa vazão sem que comprometesse a viabilidade do sistema de reuso. Pois, verificou-se que algumas tecnologias estudadas atendia apenas a residências unifamiliares na qual produzem baixo volume de águas cinzas.

A ETAC foi o sistema mais viável e eficiente encontrado para o tratamento das águas cinza de acordo com a estrutura e tipologia do condomínio de estudo. Pois, a ETAC garante a segurança na reutilização desta água, por meio da estratégia de tratamento de águas residuárias combinado. Composto de um sistemas anaeróbio (reator anaeróbio compartimentado - RAC) e aeróbio (Filtro biológico aerado submerso - FBAS), seguido do Decantador Secundário - DEC, em seguida a Filtração Terciária - FT e por último a desinfecção com pastilha de cloro (flutuador).

O terreno do condomínio tem área total de 21.966,58 m². Com isso, a ETAC demanda pouco espaço no terreno, ocupando apenas 0,5% do terreno apresentando-se com baixo requisito de área, contribuindo para a viabilidade de implantação do sistema de reuso.

Com a adoção do sistema de reuso no condomínio de estudo, houve uma economia mensal de 23% no volume de água em comparação sem o sistema de reuso. Neste sentido, haverá uma economia de R\$ 7.030,97 mensal na conta de água e esgoto do condomínio.

Ou seja, a implantação de um sistema de reuso de águas cinzas em edifício multifamiliar traz além dos benefícios ambientais, a redução significativa do consumo de água potável e conseqüentemente a quantidade de efluente emitida na rede coletora de esgoto, assim como também questões econômicas reduzindo os valores das contas de água.

Esta economia proporcionada poderia ser ampliada, pois a oferta de águas cinzas no condomínio estudado, apresentou-se maior que a demanda. Com isso, as possibilidades de se abranger também outros pontos que não necessitam de água potável, como lavagem de pisos, rega de jardins, lavagem de veículos, aumentaria ainda mais a economia no consumo e na fatura.

Com o levantamento de custos para implantação da ETAC no condomínio estudado, apresentou o valor de aproximadamente R\$ 99.262,71 com economia mensal de R\$ 6.136,17 em comparação ao sistema convencional de esgotamento sanitário.

Desta forma, o investimento mostrou-se viável, tendo o período de retorno em aproximadamente dezessete meses. Esta economia poderia ser ampliada caso o condomínio em estudo adotasse o reuso de águas cinzas para outras demanda tais como: lavagem de pisos e rega de jardins.

Apesar do período de retorno do investimento ser em dezessete meses, desde a implantação da ETAC, o condomínio tem ganhos intangíveis como a preservação de recursos ambientais e a valorização da edificação no mercado imobiliário. Um processo sustentável como o reuso de águas cinzas tem um efeito ambiental imensurável, já que utiliza com responsabilidade a água disponível, evitando comprometer as demandas das futuras gerações.

Com o orçamento da ETAC realizado para o condomínio de estudo e conhecendo o total de apartamentos no condomínio, conclui-se que a taxa paga por cada unidade habitacional para a implantação da ETAC seria no valor de R\$ 229,78. Ou seja, um valor relativamente baixo comparado ao preço do imóvel.

Seguem sugestões para trabalhos futuros para ampliação do conhecimento sobre o uso da ETAC no tratamento de águas cinzas em condomínio residenciais.

- Utilizar outras demandas do condomínio para o reuso de águas cinzas, como por exemplo lavagem de pisos e rega de jardins.
- Calcular o valor de implantação da ETAC somente com planilhas orçamentárias analisando a variação ao longo dos anos entre 2004 e 2020, apresentando os preços de tais estruturas na execução do sistema.
- Projetar o sistema hidrossanitário para esse sistema de reuso de águas cinzas, desde a coleta do efluente nos equipamentos até o abastecimento da água de reuso na vaso sanitária.
- Analisar e comparar a viabilidade técnica dos diferentes tipos de tratamento para águas cinzas em condomínios e verificar o mais viável.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Renata Ribeiro Guedes *et al.* Proposição de uma metodologia para análise de viabilidade econômica de uma usina fotovoltaica. **Rev Principia**, v. 1, n. 34, p. 84-92, 2017.

ANA;FIESP;SindusCon-SP. **Conservação e Reúso de água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005. 151 f.

ANAZAWA, T. M.; HERNÁNDEZ, M. H.; DO CARMO, R. . Escassez hídrica pela perspectiva dos desastres socialmente construídos: as percepções dos atores institucionais nos casos do Brasil e México. **Anais**, p. 1-22, 2019.

ANQIP, ETA 0905, **Sistemas prediais de reutilização e reciclagem de águas cinzentas (SPRAC)**. Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais (Versão 1), 2011.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO CEARÁ. **Pacto das Águas – o compromisso socioambiental compartilhado**. Disponível em: <<https://www.al.ce.gov.br/index.php/pacto-das-aguas>>. acesso em: 10 Ago. 2019.

ABNT NBR 7229 - **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos: procedimento**. ABNT, 1993.

ABNT NBR1557 - **Edificações Habitacionais: Desempenho Parte 1 À 6**. 2013.

ABNT NBR 9077 - **Saídas de emergência em edifícios**. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT NBR 13.969 - **Tanques sépticos-Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos-Projeto, construção e operação**, 1997.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2005.

BRANCATELLI, R. SP começa a investir em reúso de água. O estado de São Paulo, 6 Mai. 2007. Cidades/metrópole, **Caderno meio ambiente**, p. C12.

BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de Janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 22 Out. 2019.

BRASIL. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

CAGECE – COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. **Índice de Coberturas** Disponível em: < <https://www.cagece.com.br/numeros/indices-de-cobertura>>. Acesso em: 08 Out. 2019

CARDOSO, E. R.; MELO, A. S. S. A.; DALFOVO, W. C. T. **Municipalização plena dos serviços de saneamento básico em Mato Grosso: efeitos e condições de desempenho.** In: Encontro Nacional de Economia, 43, 2015. Anais... Florianópolis, SC: ANPEC, 2015.

CARRASQUEIRA, L. S. *et al.* Reuso de águas cinzas em empreendimentos comerciais: um estudo de caso em edifício hoteleiro de Belo Horizonte/*Reuse of gray water in commercial projects: a case study in a hotel building in Belo Horizonte.* **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 10028-10035, 2019.

Ceará, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos- Cogerh. Portal Hidrológico. Volume armazenado – Reservatórios. 2017. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/>>. Acessado em 02 Set. 2019.

CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. **Revista USP**, n. 106, p. 45-58, 2015. CNBB - CONFERÊNCIA NACIONAL DOS BISPOS DO BRASIL. Casa Comum, nossa responsabilidade. Texto Base. Editora CNBB, 2015.

COSTA, L. X. S. **Construção e avaliação de protótipo de filtro para tratamento primário de águas cinzas residenciais.** 2018.

COSTA, D. M. A.; JÚNIOR, A. C. B. Avaliação da necessidade do reúso de águas residuais. **Holos**, v. 2, p. 81-101, 2005.

DA CRUZ, G. C. *et al.* Programas públicos e água para agricultores dos gerais de Januária, norte de Minas Gerais. **Anais**, p. 1-5, 2019.

DANTAS, José Carlos; DA SILVA, Richarde Marques. Notas sobre a centralidade dos açudes para a gestão da água no semiárido brasileiro. **Geografia em Atos (Online)**, v. 1, n. 9, p. 78-103, 2019.

DA ROCHA, G. C. *et al.* Aspectos físicos e sociais da geografia da disponibilidade hídrica municipal no Brasil. **Irriga**, v. 18, n. 3, p. 402, 2018.

DE OLIVEIRA, A. P. N.; HENKES, J. A. Condomínios Sustentáveis: desafios da escassez dos recursos naturais. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 602-625, 2015.

FERREIRA, M. P.; GARCIA, M. S. D. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. **Dignidade Re-Vista**, v. 2, n. 3, p. 12, 2017.

ERIKSSON, E. *et al.* *A characteristics of grey wastewater.* **Urban Water**, v. 4, n. 1, p. 58 - 104, 2002.

ESPÍRITO SANTO. Lei Estadual nº 9.439, de 3 de maio de 2010. Dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava-jatos, transportadoras, empresas de ônibus e locadoras de veículos instalarem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, Vitória, ES, 4 de mai. 2010.

FERREIRA, C. P. *et al.* Custos de implantação e manutenção de sistemas de reaproveitamento de águas cinzas: um estudo de caso no Residencial Cedro. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2018.

FERNANDES, J. W. A. *et al.* Quantitativo De Águas Cinzas E Negras Em Banheiros De Um Centro Universitário Em Maceió-Alagoas. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada-UNG-Ser**, v. 2, n. 1, p. 5-8, 2019.

FERNANDES, V. M. C. **Padrões para reuso de águas residuárias em ambientes urbanos**. 2017.

FILHO, N. C.; KOPITTKE, 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 reuso de águas cinzas em edificações**. Revista Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia. **Calendário de Chuvas no Estado do Ceará**. Disponível em: <<http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/media/anual?data=2019-1-1>>. Acesso em: 17 de Set. 2019.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia. **Postos Pluviométrico**. 2017. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas>>. Acessado em: 02 de setembro de 2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Panorama do Saneamento Rural no Brasil**. Publicado em: <<http://www.funasa.gov.br/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil>>. Acesso em: 08 de Set. 2019.

GARCIA, A. V. *et al.* Disponibilidade Hídrica e volume de água outorgado na micro-vaso do Ribeirão Abóbora, Município de Rio Verde, Estado de Goiás. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 22, 2007.

GOES, Thaís Bianchin; CHINELATO, Gressa Amanda. Viabilidade econômico-financeira da cultura do café arábica na região da Alta Mogiana. **Revista IPecege**, v. 4, n. 4, p. 31-39, 2018.

GONÇALVES, R. F. *et al.* Gerenciamento de águas cinzas. Cap. 4. **Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES**, 2006.

GONÇALVES, R. F.; SILVA, G. M.; WANKE, R. (2004) - Relatório técnico: Memorial descritivo e de dimensionamento do sistema de reuso de águas cinzas do Hotel Comfort Suítes de Macaé-RJ. Fluir Engenharia Ambiental Ltda. 20p.

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

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Lei nº 16.603 de 09 de Julho de 2018 - Reuso da água Proveniente de Aparelhos de Ar Condicionado no Estado do Ceará. 2018. Disponível

em: <<https://bela.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/desenv-regiona-recursos-hidricos-minas-e-pesca/item/6358-lei-n-16-603-de-09-07-18-d-o-11-07-18>>. Acesso em: 29 de Out. 2019.

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

HILL, S.; BIRKS, R.; DIAPER, C.; JEFFREY, P. **An evaluating of single-house greywater recycling system.** In: Proc. IWA International Symposium on Wastewater Reclamation & Reuse, 4., 2003, Cidade do México.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2019.** Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2019>>. Acesso em: 29 de Out. 2019.

JANOSELLI, Helder Roberto Dota; FURLAN, Renata Maria Christofoleti. Viabilidade econômica de uma clínica veterinária no interior de São Paulo. **Revista iPecege**, v. 2, n. 3, p. 86-105, 2016.

JEFFERSON, B. *et al.* **Technologies for domestic wastewater recycling. Urban water,** Elsevier, v. 1, n. 4, p. 285–292, 1999.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** Cetesb, 1975.

JUNIOR, Galvao; DE CASTRO, Alceu; DA SILVA PAGANINI, Wanderley. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 79-88, 2009.

LITTLE, V. L. Graywater guidelines. Central Arizona Project. Arizona: WATER CASA – Water Conservation Alliance of Southern Arizona, 2004. 26 p. Disponível em <http://watercasa.org/wordpress/wp-content/uploads/2016/01/Graywater_Guidelines-copy.pdf>. Acesso em: 21 de Out. 2019.

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

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

MENDES, M.; FENNER, R. S.; ROSA, M. P. A. Meio Ambiente, Economia e Educação no Semiárido Brasileiro. **ÁGORA Revista Eletrônica**, v. 1, n. 22, 2016.

MIRANDA, C. B.. **Pós-tratamento de efluentes de estação de tratamento de esgoto visando a produção de água de reúso para indústria.** 2017.

MORAES, Marilene de Fátima do Amaral. **Diagnóstico sobre o aproveitamento da água de chuva e o reúso de águas cinzas na Região Metropolitana de Porto Alegre.** 2018.

MRV. **Parque da Vinci.** Disponível em: <<https://www.mrv.com.br/imoveis/apartamentos/ceara/fortaleza/messejana/fonte-das-artes-parque-da-vingi>>. Acesso em: 04 Mai. 2020.

NASCIMENTO, N. de O.; BAPTISTA, M. B. Técnicas compensatórias em águas pluviais. **Manejo de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, 2009.**

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: coleta transporte tratamento e reúso agrícola.** São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2003. 520 p

OLIVEIRA, L. H. de *et al.* Projeto tecnologias para construção habitacional mais sustentável- levantamento do estado da arte: Água. **São Paulo: USP, 2007.**

OTTOSON, Jakob; STENSTRÖM, Thor Axel. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. **Water research**, v. 37, n. 3, p. 645-655, 2003.

PACE. **Pace tripla ação (tablete) - como usar.** 2018. Disponível em: <<https://www.cloropace.com.br/?product=pace-tripla-acao-tablete>>. Acesso em: 17 de Nov. 2019.

RAMPELOTTO, G. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reúso doméstico.** Santa Maria, 2014. Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria 2004.

RAPOPORT, B. *et al.* **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial.** 2004. Tese de Doutorado.
SANT'ANA, Daniel Richard; MEDEIROS, Lídia Batista Pereira; ALVARES, Karla Cristina Ferreira. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas em Edificações.** 2017.

SAUD, D. N. *et al.* METODOLOGIA BIM EM PROJETOS SUSTENTÁVEIS. **Revista de Trabalhos Acadêmicos Lusófona**, v. 2, n. 2, p. 282-304, 2019.

SAUTCHUK, C. Formulação De Diretrizes para Implantação De Programa de Conservação de Água Em Edificações. 332p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004

SCHISTEK, H. A cisterna de tela e cimento. **In 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO.** Paraíba, 2001. Anais. Paraíba: ABRH, 2001, p.10.1 CD-ROM.

SETTI, A. A. *et al.* Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. 2 ed. Brasília: **Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas,** 2001. 207 p. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Introducao_Gerenciamento.pdf> .
Acesso em: 12 de Set. 2019.

SILVA, J. G. *et al.* **Reutilização De Águas Cinzas**. 2016.

SILVA, P. G. *et al.* **Dimensionamento de um sistema hidráulico predial para reúso de águas cinzas em uma edificação residencial**. 2017.

SOUSA, T. O. Métodos de redução no consumo de água usados por moradores do extremo leste de São Paulo. São Paulo: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2015.

TEIXEIRA, S. M. V.; ALEM SOBRINHO, PEDRO. Digestão Aeróbia do Lodo do Esgoto Doméstico. **Revista DAE**. Disponível em: . Acesso em: 12 de Ago. 2019.

UNESCO. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento recursos**. Itália, 2015. 8 p.