

CENTRO UNIVERSITARIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG
CURSO ENGENHARIA CIVIL
LUCAS XAVIER SILVA COSTA

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE PROTÓTIPO DE FILTRO PARA
TRATAMENTO PRIMÁRIO DE ÁGUAS CINZAS RESIDENCIAIS

FORMIGA - MG

2018

LUCAS XAVIER SILVA COSTA

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE PROTÓTIPO DE FILTRO PARA
TRATAMENTO PRIMÁRIO DE ÁGUAS CINZAS RESIDENCIAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG,
como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.
Orientador: Prof.^a Rosiene Gonzaga de Jesus
Pimenta

FORMIGA - MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UNIFOR-MG

C837 Costa, Lucas Xavier Silva.
Construção e avaliação de protótipo de filtro para tratamento primário
de águas cinzas residenciais / Lucas Xavier Silva Costa. – 2018.
41 f.

Orientadora: Rosiene Gonzaga de Jesus Pimenta.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) –
Centro Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Saneamento. 2. Reuso da água. 3. Sustentabilidade. I. Título.

CDD 628.1

Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária
Regina Célia Reis Ribeiro – CRB 6-1362

Lucas Xavier Silva Costa

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO II

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil - Centro Universitário de Formiga do UNIFOR - MG, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Rosiene Gonzaga de Jesus Pimenta

Orientadora



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi

UNIFOR-MG



Bruno César Comitante Leão.

Engenheiro Civil

Formiga, 07 de novembro de 2018

AGRADECIMENTOS

Ao professor e amigo Michael Thebaldi, pela atenção e ensinamentos a mim dispensados, por ter me confiado um tema motivante e inovador, por ter acreditado no meu trabalho dando-me orientações de como prosseguir.

A orientadora Rosiene, profissional competente e professora dedicada, pela orientação e ajuda no período em que você esteve comigo.

A todos os meus amigos que, direta ou indiretamente, estiveram presentes nesta fase da minha vida me incentivando. Em especial, aos meus amigos da faculdade que certamente não serão esquecidos.

As laboratoristas Karina e Lidiane. Agradeço pelo auxílio em todas as análises.

RESUMO

A água é um recurso natural indispensável à vida, porém, o impasse quanto à sua preservação e conservação torna-se relevante, diante da sua decrescente disponibilidade. Atualmente o aumento da demanda e a redução da oferta de água com qualidade é um dos problemas que vêm atingindo, predominantemente as grandes concentrações urbanas. O aumento da contaminação dos mananciais e o crescimento populacional desordenado são alguns dos itens que contribuem para este panorama. O reuso da água cinza empregado para fins não potáveis vêm ao encontro das premissas de sustentabilidade e ao conceito de conservação de água. Dentro dessa concepção enquadra-se este trabalho, que possui como objetivo a caracterização e o tratamento de águas cinzas advindas de chuveiros, máquinas de lavar roupas e lavatórios, para seu uso em descarga de bacias sanitárias, lavagem de calçadas e irrigação de jardins. Para o tratamento das águas cinzas utilizou-se um protótipo de filtro com areia, carvão ativado e manta geotêxtil. Dentro dos parâmetros analisados teve uma grande eficiência na remoção de sólidos totais e sólidos sedimentáveis. A turbidez no melhor caso teve uma remoção de aproximadamente 96%. pH e oxigênio dissolvido apresentaram resultados esperados, ao contrario do DBO que teve um aumento após a filtragem.

Palavras-chave: Saneamento. Reuso da água. Sustentabilidade

ABSTRACT

Water is a natural resource essential to life, however, the impasse over the preservation and conservation becomes relevant, in the face of its decreasing availability. Currently, increasing demand and reducing the supply of quality water is one of the problems that have been affecting, predominantly the large urban concentrations. The increased contamination of water sources and population growth, disorderly are some of the items that contribute to this overview. The reuse of gray water used for non-potable purposes meets the sustainability assumptions and the concept of water conservation. Within this conception this work is framed, which has as objective the characterization and the treatment of gray water coming from showers, washing machines and wash basins, for their use in the discharge of sanitary basins, washing sidewalks and watering gardens. A filter prototype with sand, activated charcoal and geotextile blanket was used to treat gray water. Within the analyzed parameters we had a great efficiency in the removal of total solids and sedimentable solids, the turbidity in the best case had a removal of approximately 96%, pH and dissolved oxygen presented expected results, in contrary to the DBO that had an increase after the filtration.

Keywords: Sanitation. Water reuse. Sustainability

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Distribuição do consumo de água no Brasil	15
Quadro 1 - Aplicações da água reciclada	19
Quadro 2 - Padrões de qualidade da água para reuso	20
Figura 1 - Formas potenciais de reuso de água.....	18
Figura 2 - Esquema construtivo do protótipo de filtro	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixas prováveis de remoção dos poluentes, conforme o tipo de tratamento, considerados em conjunto com o tanque séptico	26
Tabela 2 – Equipamentos e técnicas utilizadas nas análises da qualidade da água.	31
Tabela 3 – Caracterização qualitativa da água cinza – Parâmetros físicos	33
Tabela 4 - Caracterização qualitativa da água cinza – Parâmetros químicos	34
Tabela 5 - Caracterização qualitativa da água cinza – Compostos orgânicos	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μS	Microsimens
ANA	Agência Nacional das Águas
APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Works Association
CENAR	Centro de Análises de Águas e Resíduos do UNIFOR-MG
DBO	Demanda Bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda Química de oxigênio
g	Gramas
hab	Habitante
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
kg	Quilograma
km ³	Quilômetro Cúbico
l	Litro
m ²	Metro Quadrado
mg	Miligramas
ml	Mililitro
mm	Milímetro
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
nm	Nanómetro
NMP	Número Mais Provável
Nº	Número
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
°C	Graus Celsius
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PVC	Policloreto de Vinila
SNF	Sólidos Não Gordurosos
SS	Sólidos Sedimentares
ST	Sólidos Totais
WEF	World Economic Forum

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3	JUSTIFICATIVA	13
4	REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1	Gestão de recursos hídricos no meio urbano	14
4.2	Reuso de água no meio urbano	16
4.3	Águas cinzas.....	21
4.4	Aspectos quantitativos e qualitativos das águas cinzas.....	22
4.5	Tratamento de águas cinzas	24
4.6	Tratamento primário	26
4.7	Filtros e elementos filtrantes.....	27
5	MATERIAL E MÉTODOS	29
5.1	Construção do protótipo de filtro e coleta das amostras	29
5.2	Análises laboratoriais.....	30
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6.1	Características físicas.....	33
6.2	Características químicas	34
6.3	Compostos orgânicos.....	35
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A produção de águas residuárias e a demanda por água doce ampliam-se consideravelmente quando o uso irracional da água é combinado com o crescimento da população e o desenvolvimento industrial. Esses efluentes, tanto de origem industrial quanto urbana, quando lançados no ambiente, deterioram ainda mais as nascentes onde essa água doce é captada.

Vive-se uma realidade em que a demanda pelos recursos hídricos aumenta dia após dia devido ao aumento populacional, isto torna de essencial importância o desenvolvimento de soluções alternativas e tecnologias. Ainda que a água seja um recurso renovável, o uso irresponsável pode comprometer a sua disponibilidade qualitativa e quantitativa. Nesse âmbito, o incentivo ao uso racional da água é uma forma de precaver sua escassez.

Percebe-se este cenário, ao verificar dados citados por Shiklomanov (1998), que indicam estimativa que no planeta existem cerca de 1.387 milhões de km³ de água, sob as formas congelada e líquida, sendo que as águas salgadas que estão nos oceanos totalizam 97,5% do volume total, e as águas doces que estão nas geleiras, lagos, rios e no subsolo são apenas 2,5%.

Em termos mundiais, o Brasil apresenta um cenário estável quanto aos recursos hídricos. Apesar dessa aparente estabilidade, existe uma distribuição espacial desigual destes no território brasileiro. Nas regiões Nordeste e Sudeste encontra-se uma menor parcela de água, em contrapartida, sua maior parte está concentrada na região Amazônica. Por isso, percebe-se a necessidade da utilização de novos métodos para conservação da água.

Em vista das informações previamente expostas o presente trabalho pretende contribuir com o estudo de sistemas de economia de água em edificações, considerando a alternativa do reuso de águas cinzas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar um sistema experimental de filtragem de águas cinzas residenciais, visando alternativas para redução do consumo de água potável a partir do tratamento e do reuso para usos não potáveis.

2.2 Objetivos específicos

- Montar um filtro de areia e carvão ativado para tratamento de águas cinzas domésticas;
- Caracterizar as águas cinzas produzidas a serem tratadas; e
- Determinar a qualidade do efluente tratado.

3 JUSTIFICATIVA

Com o aumento da população mundial, crescimento das cidades, das atividades industriais e agrícolas, a maior parte das pessoas não se dá conta de que está reduzindo a qualidade da água doce e tornando-a escassa em algumas localidades. É fato que em alguns locais do planeta o aumento populacional já é considerado um problema, preocupando autoridades locais e levando a adoção de medidas que evitem a degradação das reservas hídricas. Porém, após a sua utilização, passando a ser chamada de água cinza pelo grau de impureza que apresenta, existe a necessidade de tratamento para que seja reutilizada.

O uso dessas fontes alternativas como instrumento para a conservação de água potável em residências exige cuidado. Para a adequada utilização desses sistemas, deve ser desenvolvido um conjunto de ações de modo a não comprometer a saúde dos usuários com a contaminação.

Em consequência, o reuso planejado de águas cinzas, é um tema recente que começa a ser aplicado também nas residências. Reutilizar as águas cinzas resulta em economia de água potável, e menor produção de esgoto sanitário nas edificações. Em uma visão macro, por reduzir o lançamento de esgoto pelas áreas urbanas e a quantidade de água capitada, resulta em preservação dos mananciais, além de reduzir o consumo de energia elétrica no tratamento da água e do esgoto (GONÇALVES, ABDULNOUR e PHILIPPI, 2006).

Portanto, justifica-se assim este estudo, que visa propor uma alternativa viável de substituição das águas potáveis por águas cinzas provenientes do lavatório, máquina de lavar roupas e chuveiro para seu reuso em fins não potáveis em residências.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente trabalho apresenta os diversos usos domésticos da água para o consumo humano, retratando as etapas de distribuição, consumo, etapas de tratamento e os seus diversos usos além do potencial de reuso das águas cinzas domésticas, abordando o tratamento por filtração e os aspectos qualitativos e quantitativos das águas cinzas.

4.1 Gestão de recursos hídricos no meio urbano

Os recursos hídricos são as águas superficiais ou subterrâneas disponíveis para uso. Na atualidade, vários lugares apresentam falta destes, gerando assim problemas no abastecimento. Isso se dá em função, principalmente, devido ao crescimento de cidades sem uma concepção ambiental, o que resulta em malefícios significativos para o povo. Uma outra decorrência do crescimento urbano é o suprimento da poluição industrial e doméstica, formando condições ambientais inapropriadas e ocasionando contaminação da água subterrânea, entre outros problemas (ANA, 2012).

A demanda de água no mundo é cada vez maior. Uma avaliação realizada pela Organização das Nações Unidas indicou que a demanda de água cresce em velocidade duas vezes maior do que o crescimento da população. Acredita-se ainda, que a falta de água será considerada como um dos motivos que levará países a guerras. (CHENG, 2000 apud PAULA e OLIVEIRA, 2005).

Há de se salientar que, no Brasil, de acordo com dados do último censo (IBGE, 2010), avaliando a população de aproximadamente 191 milhões de cidadãos, perto de 161 milhões encontram-se em zona urbana. Estes resultados fazem-se sentir sobre todo aparelhamento urbano referente ao abastecimento de água, tratamento e transporte de pluvial e esgoto, aos recursos hídricos.

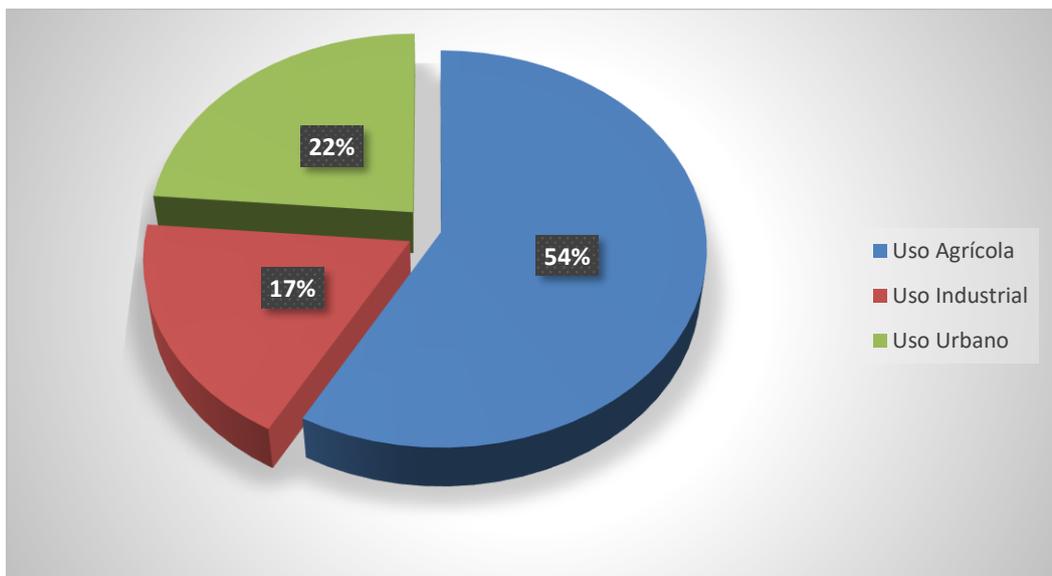
Devido às imprecisões climáticas, à expansão populacional e à degradação das nascentes, a escassez de água potável aumenta anualmente. Houve um aumento na retirada de aquíferos, água dos rios e outras fontes, ao mesmo tempo que o consumo dobrou e a população triplicou, desde o ano 1950 até o ano 2000. Cerca de 8% da população mundial está suscetível à falta constante de água e em torno de 25% está evoluindo para isso (BRASIL, 2006).

Neste contexto, o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) é um Programa da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, sendo a principal associação brasileira voltada para a preservação de água potável. Seu objetivo primário é estimular o uso racional da água de fornecimento público das cidades, beneficiando a saúde pública, eficiência dos serviços e saneamento ambiental (FRANGIPANI, 2007).

No Brasil, estudos de estimativas realizados pela Agência Nacional das Águas – ANA, indicam que a alta necessidade hídrica está associada principalmente à agricultura, processo que utiliza 54% da água doce consumida, para fins urbanos é consumido 22%. A indústria é responsável por 17% do consumo, 1% vai para o consumo rural e 6% na dessedentação de animais, ainda segundo o estudo teve um aumento da vazão em 38% quando comparada às estimativas que foram realizadas no início da década passada (ANA, 2012).

A competitividade pelo uso dos recursos hídricos no Brasil está definida por três grandes demandas: uso urbano, uso industrial e uso agrícola, estimado e ilustrado na GRAF. 1. De acordo com Hinrichsen, Robey e Upadhyay (1999), quanto mais alto o nível de desenvolvimento do país, a água é utilizada prioritariamente para fins urbanos e industriais e menos a água é utilizada para fins da agricultura.

Gráfico 1 – Distribuição do consumo de água no Brasil



Fonte: Adaptado de ANA (2012, p. 52).

Em uma habitação, o consumo de água é influenciado por inúmeros coeficientes como as estações do ano, o faturamento familiar, o clima da região, o número de residentes no

domicílio, os traços culturais da comunidade e a forma de administração do sistema de abastecimento, que contêm a micromedidação e o valor da tarifa. Estima-se um consumo médio de água nas residências é de 200 L/hab/dia, com amplas oscilações, que podem ir de 50 L/hab/dia a 600 L/hab/dia (TSUTIYA, 2006).

4.2 Reuso de água no meio urbano

Por tanto tempo, a água foi apontada pela humanidade como um recurso natural infinito, ocasionando em sua administração deficiente. A escassez de água doce abrange diversas regiões do mundo, ainda regiões que aparentemente possuem grandes estoques confrontam problemas no abastecimento da população devido à exorbitante demanda dos enormes centros urbanos e à deterioração das nascentes. Como exemplo, tem-se a região sudeste do Brasil que segundo Marengo e Alves (2016) em 2014 encarou uma crise hídrica sem precedentes; este cenário vem levando à uma progressão na conscientização das pessoas a respeito da importância do uso correto, do controle de desperdícios e perdas e do reuso da água.

O reuso reduz a busca por recursos hídricos potáveis devido à substituição destes por águas de qualidade inferior (BRASIL, 2005). Este método é muito discutido na atualidade e já empregado em alguns países. Tal alteração é possível em função da qualidade demandada para um uso exclusivo. Deste modo, água potável pode ser poupada pelo reuso cada vez que se utiliza um efluente pós-tratado, ou seja, uma água de qualidade inferior para atendimento das destinações que podem dispensar desse recurso dentro dos padrões de potabilidade (BENASSI, 2007).

Mancuso e Santos (2003) classificam reuso de água em duas qualidades: não-potável e potável. O reuso potável é fragmentado em indireto e direto, descrito conforme abaixo:

- Reuso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- Reuso potável indireto: caso em que o esgoto, após o tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Posteriormente, a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005 (BRASIL, 2006, p. 1) estabeleceu modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água considerando os seguintes aspectos:

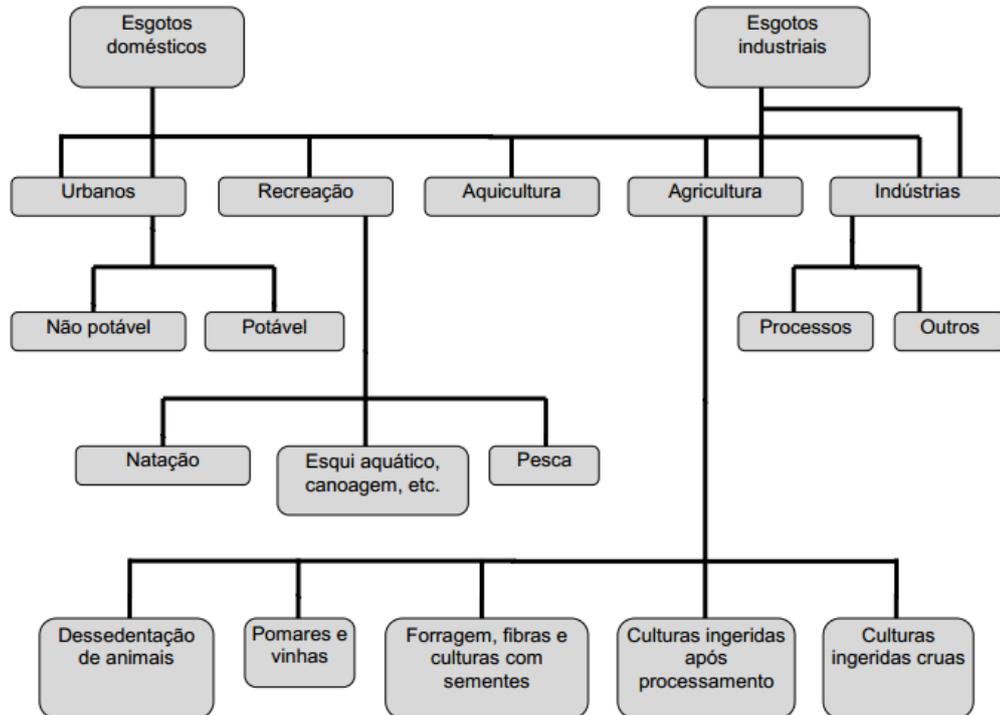
- (i) que o reuso de água se constitui em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos;
- (ii) a escassez de recursos hídricos observada em certas regiões do território nacional, a qual está relacionada aos aspectos de quantidade e de qualidade;
- (iii) a elevação dos custos de tratamento de água em função da degradação de mananciais;
- (iv) que a prática de reuso de água reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade, e
- (v) que a prática de reuso de água reduz os custos associados à poluição e contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Além do mais na resolução mencionada são definidas as seguintes maneiras de reuso:

- I. reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II. reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- III. reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV. reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e,
- V. reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos. (BRASIL, 2006, p. 2)

A FIG. 1 apresenta um fluxograma ilustrativo que resume alguns tipos de reuso para aplicação do esgoto tratado domésticos e indústrias.

Figura 1 - Formas potenciais de reuso de água.



Fonte: Hespanhol (2002, p. 77).

Segundo Almeida (2010) além dos maquinários e produtos desenvolvidos para reduzir os desperdícios, o reuso da água também colabora para economizar na captação de água. Entre as inúmeras possibilidades de utilização da água de reuso, evidenciam-se no QUADRO 1 os diversos tipos de reuso de água.

Quadro 1 - Aplicações da água reciclada

Tipos de Reuso	Aplicações
Irrigação paisagística	Parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de autoestradas, gramados residenciais.
Irrigação de campos de cultivo	Plantio de forrageiras, plantas de fibras e de grãos, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas.
Usos industriais	Refrigeração, alimentação de caldeiras, água de processamento.
Recarga de aquíferos	Recarga de aquíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolo.
Usos urbanos não potáveis	Combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas e pontos de ônibus.
Finalidades ambientais	Aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca.
Usos diversos	Aquicultura, construções, controle de poeira, dessedentação de animais.

Fonte: Almeida (2010, p. 23).

ANA et al. (2005) apresentam padrões de qualidade em que podem se definir quatro classes de águas para reuso, como mostrado no QUADRO 2.

Quadro 2 - Padrões de qualidade da água para reuso

Classes	Locais de Aplicação	Tipos de Atividades
1	Edificações	Descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais; lavagem de roupas e de veículos.
2	Construção da edificação	Lavagem de agregados; preparação de concreto; compactação do solo e; controle de poeira.
3	Irrigação	Irrigação de áreas verdes e rega de jardins.
4	Climatização	Resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento).

Fonte: ANA et al. (2005, p. 53).

Além do mais, a norma brasileira NBR 13.969 (ABNT, 1997) estabelece que quando se trata de esgoto originário principalmente de fonte doméstica, o mesmo deve ser reutilizado para fins que demandam uma qualidade de água não potável, por exemplo na irrigação do jardim, na irrigação agrícola, na descarga de bacia sanitária, dentre outras. Esta norma aponta quatro classes e padrões de critérios para esgotos, conforme a atividade de reuso:

Classe 1 - lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes:

- Cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.
- pH entre 6,0 e 8,0;
- Sólidos dissolvidos totais inferiores a 200 mg/L;
- Coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL;
- Turbidez inferior a 5;

Classe 2 - lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:

- Turbidez inferior a cinco;
- Coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL;
- Cloro residual superior a 0,5 mg/L.

Classe 3 - reuso nas descargas dos vasos sanitários:

- Turbidez inferior a 10;
- Coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL.

Classe 4 - reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual:

- Coliforme fecal inferior a 50 NMP/100 mL;
- Oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L.

4.3 Águas cinzas

Segundo Jefferson et al. (2009), o termo água cinza é usado, em geral, para água residuária originária do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque, proveniente de habitações (ou também escolas, escritórios e edifícios públicos), que não possui contribuição de efluentes de vasos sanitários. Tomaz (2001), não conceitua como água cinza o efluente originário de cozinhas, por considerá-lo extremamente poluído, putrescível e com variados compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras.

Conforme ANA et al. (2005), a água cinza para reuso consiste no efluente doméstico que não contém contribuição do vaso sanitário e pia de cozinha. Ou seja, as águas cinzas são os efluentes gerados pelo uso de chuveiros, equipamentos de lavar roupas entre outros. Os importantes parâmetros que levam um programa de reuso de água cinza são:

- a. Conservação do meio ambiente;
- b. Atendimento aos quesitos associados às atividades a que se destina;
- c. Quantidade satisfatória ao uso a que será sujeita;
- d. Resguardo da saúde dos usuários.

Nolde (1999), não considera que os efluentes provenientes de cozinhas são água cinza, uma vez que são classificados como extremamente poluídos, putrescíveis e com diversos

compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras. Porém, percebe-se que é uma concepção sobre o qual ainda não há unanimidade internacional.

É também indispensável levar em conta o fato de que a água cinza é susceptível de conter impurezas das mais diversas, devido a elevada flexibilidade de uso dos aparelhos hidráulicos, como por exemplo, durante a higienização das mãos logo após o uso do banheiro, lavagem de roupas fecalmente contaminadas, como fraldas, ou o próprio banho podem contaminar as águas cinzas (ALMEIDA, 2007).

4.4 Aspectos quantitativos e qualitativos das águas cinzas

De acordo com Santos (2002), tanto aspectos de demanda como também os de produção das águas cinzas (ambos aspectos quantitativos) baseiam-se no consumo de água nos edifícios, que dependendo da região pode variar com a cultura dos habitantes e com o clima e são dados importantes que permite estimar a vazão diária de água cinza a ser produzida por meio de particularidades como vazão específica dos aparelhos sanitários, relacionados à realidade de seus usos (duração e frequência de uso). 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) os itens de maiores importâncias nas características físicas que devem ser consideradas em relação às águas cinzas são temperatura, cor, turbidez, e o conteúdo de sólidos suspensos. Altas temperaturas podem ser indesejáveis, devido ao favorecimento do aparecimento de microrganismos; já 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.

Os compostos orgânicos estão relacionados aos valores de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Tem-se que, mesmo sem possuir contribuições da bacia sanitária, o conteúdo da matéria inorgânica e orgânica existente na água cinza são bastante significativos (ERIKSSON et al., 2002).

Em algumas regiões o costume de urinar durante o banho existe, nessas condições, principal fonte de nitrogênio no esgoto doméstico é a urina. O uso de detergente e sabões contendo fosfatos são fontes primárias de fósforo; isso explica os valores de fósforo mais

elevados nas águas cinzas provenientes da máquina de lavar roupas em comparação com o chuveiro e lavatório. Cabe destacar quanto aos compostos de enxofre a presença de gás sulfídrico, gerador de maus odores. O sulfato é reduzido a sulfeto durante a oxidação de compostos orgânicos em ambientes anaeróbicos, gerando a aparição do gás (ERIKSSON et al., 2002).

Dentre os demais componentes estão agregados o pH, oxigênio dissolvido (OD), alcalinidade, dureza, cloreto, óleos e graxas e condutividade. 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. Em relação ao oxigênio dissolvido sua ausência na água dá espaço para o desenvolvimento de espécies anaeróbicas, que sobrevivem na ausência de oxigênio; este tipo de bactéria decompõe a matéria orgânica em compostos malcheirosos (MAY, 2008)

A alcalinidade é um parâmetro importante no tratamento de águas cinzas, visto que a redução do pH pode afetar os microrganismos responsáveis pela depuração. Em relação a dureza, uma água dura reduz a formação de espuma, implicando um maior consumo de sabão e podendo causar incrustações em tubulações de água quente. Os cloretos são advindos da dissolução de sais, como por exemplo, o cloreto de sódio; altas concentrações desse íon são encontradas no efluente da cozinha (BAZZARELLA, 2005).

Os óleos e graxas tem como principal fonte nas águas cinzas os óleos e gorduras utilizados no preparo de alimentos, quando misturados com águas provenientes da pia da cozinha, e resíduos presentes nas roupas e no corpo oriundos da transpiração humana. Os compostos orgânicos e inorgânicos podem contribuir ou interferir na condutividade elétrica, varia de acordo com sua concentração, e a correta representação da temperatura possui um fator influente na medição correta da condutividade elétrica. (ERIKSSON et al., 2002).

Segundo Ottoson e Stenström (2003), a maior parte de microrganismos patogênicos advém da água proveniente dos vasos sanitários. Todavia para as águas cinzas não contém este tipo de contribuição, outras atividades se caracterizam como prováveis fontes geradoras de agentes microbiológicos, por exemplo: lavagem de roupa fecalmente contaminada, higienização das mãos após o uso do banheiro.

4.5 Tratamento de águas cinzas

Para que se consiga atender às expectativas dos utilizadores e especialmente para que não comprometa a saúde desses, os efluentes que terão como destino algum tipo de reuso, devem passar por um tratamento. Em razão disso, opções de tratamento precisam ser pesquisadas (BRASIL et al., 2005).

O tratamento das águas cinzas é semelhante ao proposto nas estações de tratamento de esgoto, ressaltando que deve ser feita em escala reduzida e construída no local. Tem como objetivo o tratamento das águas cinzas a remoção de sólidos presentes (areia, sólidos sedimentáveis), remover patogênicos, nutrientes, matéria orgânica contida nos sólidos finamente particulados e nos dissolvidos e fósforo (TELLES; COSTA, 2010). Para tal, pode-se utilizar (BRASIL et al., 2005):

- a) Um dos tratamentos seguintes,
 - Sistema físico-químico: coagulação, floculação e decantação ou flotação;
 - Sistema aeróbio de tratamento biológico de lodos ativados;
- b) Sistema físico: decantador e filtro de areia para sedimentação e filtração simples;
- c) Procedimento de desinfecção;
- d) Finalmente, caso entenda necessário, realizar a correção do pH.

Hespanhol e May (2006) construíram dois ambientes em um contêiner de 13,8m² para a caracterização das águas cinzas. Sendo um masculino e outro feminino, ambos com um lavatório, dois chuveiros e uma bacia sanitária. O banheiro feminino, adicionalmente, possuía uma lavadora de roupas instalada.

O conjunto de tratamento fabricado para o experimento de Hespanhol e May (2006) foi o seguinte:

[...] tanque de equalização, tratamento biológico aeróbio (biodisco), reservatório de decantação secundária, sistema de filtração e sistema de desinfecção com cloro. O sistema de tratamento biológico aeróbio consiste em fornecer artificialmente oxigênio para o meio, onde os microrganismos aeróbios são predominantes e fazem a remoção da carga orgânica. (HESPANHOL; MAY, 2006, p.116)

Esse conjunto operava da seguinte forma:

O efluente vindo dos aparelhos hidrossanitários era encaminhado ao reservatório, posteriormente era dirigido ao tratamento biológico (biodisco), para que ocorresse a

decomposição da matéria orgânica e a decantação, passava por um segundo reservatório, formado pelo material orgânico já degradado, em seguida passava por um sistema de filtração para a retirada de partículas sólidas e por fim era adicionado cloro para a desinfecção.

Uma possível sequência para tratamento das águas cinzas pode ser constituída de um tanque séptico, seguido por filtro anaeróbio, filtração terciária e por fim um processo de desinfecção (CHERNICHARO et al., 2006). Foi elaborado em Florianópolis um outro sistema experimental, que se baseava em um tratamento e reuso das águas cinzas geradas em uma habitação unifamiliar (MAGRI et al., 2008). O procedimento de tratamento era constituído por:

- a) caixa coletora das águas cinza;
- b) filtro de brita (anaeróbio);
- c) filtro de areia (aeróbio);
- d) reservatório.

Segundo Magri et al. (2008) os parâmetros microbiológicos observados não tiveram uma remoção eficiente pelo sistema desenvolvido, sendo sugerido que no fim do processo seja adicionado uma unidade de desinfecção. Os autores ainda consideram que, para obter um tratamento de águas cinzas eficientes, uma das opções viáveis é a combinação do filtro anaeróbio com o filtro de areia, exceto quanto aos parâmetros microbiológicos.

A norma brasileira NBR 13.969 (ABNT, 1997, p. 6), considerando os tratamentos apresentados associado com o tanque séptico, apresenta as prováveis faixas de remoção dos poluentes. Os valores limites superiores são referentes a temperaturas superiores a 25 °C e os valores inferiores são referentes a temperaturas inferiores a 15 °C, sendo que pode interferir nesses percentuais de remoção as condições de manutenção e operacionais.

Na TAB. 1 são mostrados possíveis valores de remoção dos poluentes dos filtros de areia e aeróbio, quando contém um tanque séptico.

Tabela 1 - Faixas prováveis de remoção dos poluentes, conforme o tipo de tratamento, considerados em conjunto com o tanque séptico

Parâmetro \ Processo	Filtro Anaeróbio (%)	Filtro de Areia (%)
DBO _{5,20}	40 a 75	50 a 85
DQO	40 a 70	40 a 75
SNF	60 a 90	70 a 95
Sólidos sedimentáveis	70 ou mais	100
Nitrogênio amoniacal	-	50 a 80
Nitrato	-	30 a 70
Fosfato	20 a 50	30 a 70
Coliformes fecais	-	99 ou mais

Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997, p.6)

4.6 Tratamento primário

Segundo Gonçalves (2006), apesar de haver aparelhos como ralos e grelhas nas instalações de coleta de esgotos sanitários, ainda ocorre a presença de sólidos como cabelos, tecido e areia. Devido a este fato, é necessária uma etapa de tratamento constituída de filtração.

O tratamento primário pode constituir-se em um conjunto de equipamentos e unidades de operação, que é formado por peneiras, desarenadores, grades, tanques de equalização (carga orgânica e vazão), medidores de vazão, removedores de gordura e odor, e óleos e graxas. É empregado para preparação do efluente para o próximo tratamento secundário ou para descarga e tem o objetivo de remover do efluentes sólidos suspensos e material flutuante. Nesta etapa, cerca de 40 a 70% de sólidos suspensos podem ser removidos e aproximadamente 35% de DBO. Nesta fase podem ser aplicadas técnicas de sedimentação, coagulação/floculação, flotação e precipitação química (CAMMAROTA, 2011).

Quanto ao tratamento primário, cabe mencionar a existência do tratamento primário com a utilização de produtos químicos, que recebe o nome de tratamento primário quimicamente assistido. Com elevada eficiência de remoção de sólidos e de DBO, neste procedimento é adicionado sal inorgânico de ferro ou de alumínio e um composto orgânico do

tipo polieletrólito aniônico ao efluente, promovendo a coagulação química e a floculação, e acelerando a sedimentação (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Como exemplo, em montagem experimental apresentada por Christova-boal, Eden e Macfarlane (1996) apud BAZZARELLA (2005), a remoção do material suspenso foi alcançada por meio de um sistema de filtros com três estágios: pré-filtração (remoção de sólidos grosseiros do efluente de lavanderia, chuveiro e banheira), filtro de peneira (coleta principalmente de cabelo, partículas de sabões, fibra de tecidos) e filtro fino (retenção dos precipitados e do material sedimentado).

4.7 Filtros e elementos filtrantes

Dentre as formas de tratamento de remoção de poluentes, está a filtração, que se fundamenta no princípio de reter as impurezas através de um meio poroso, até de dimensões menores que a dos poros da camada filtrante (BRANDÃO et al., 2003).

A remoção de sólidos em suspensão é a principal função dos filtros, o que é fundamental para um possível reuso das águas cinzas, seja para descargas da bacia sanitária ou irrigação (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Para tratamento de água em geral, é largamente utilizada como meio filtrante a areia, assim como a brita e o carvão ativado. Entretanto, se o efluente possuir elevado teor de sólidos, principalmente em suspensão, não é recomendável o uso de filtros convencionais de areia, dada a sua rápida colmatação superficial, com redução do fluxo de filtração da água residuária (BRANDÃO et al., 2003).

Já o carvão ativado é caracterizado por possuir porosidade altamente desenvolvida, o que lhe permite adsorver moléculas tanto em fase gasosa como líquida. Tem muitas aplicações como recuperação de metais preciosos, desodorização do ar, refinamento do açúcar, mas o seu grande mercado é a produção de filtros para tratamento de água (BORGES et al., 2003).

O carvão ativado pode ser encontrado em dois tipos: o carvão ativado granular e o carvão ativado pulverizado. Para remover os contaminantes da água o mais usado como meio filtrante é o carvão ativado granular. O pulverizado geralmente é misturado no efluente para promoção da adsorção de contaminantes e filtrado em seguida para completa remoção da mistura. Estes dois tipos podem ser utilizados em uma ampla variedade de maneiras de tratamento de água portátil e efluentes (CASAS, 2004).

De acordo com Claudino (2003) a adsorção de materiais dissolvidos pode ocorrer simultaneamente com a remoção de materiais em suspensão via filtração. No entanto a adsorção de materiais dissolvidos ficara prejudicada caso houver presença de materiais em suspensão significativa, pois poderá obstruir os poros, ocorrendo, desta maneira, a saturação prematura do carvão ativado. Por isso que Rapoport (2004) recomendou que em tratamento de águas cinzas, o uso de carvão ativado deve ser precedido de um outro tratamento, pretendendo reduzir a carga orgânica e as quantidades de sólidos em suspensão.

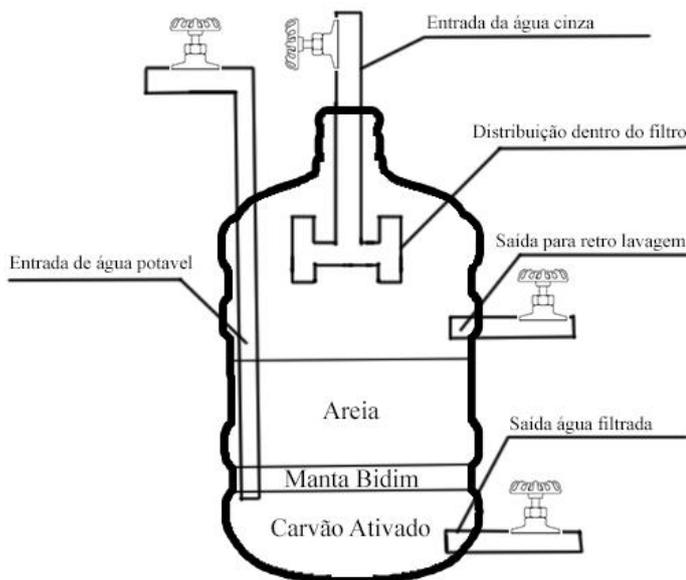
5 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado a coleta de amostras nos aparelhos hidrossanitários como chuveiro, máquina de lavar roupa e lavatório. As amostras foram caracterizadas no laboratório do UNIFOR-MG após a sua filtração no protótipo de filtro construído.

5.1 Construção do protótipo de filtro e coleta das amostras

Para o tratamento do efluente coletado foi construído um protótipo de filtro com 900 g de carvão ativado, duas camadas de manta geotêxtil bidim e 7 kg de areia especial para filtros, respectivamente, instalados em paralelo dentro de um galão de água mineral 20 litros com altura útil de 439 mm, diâmetro igual a 276 mm. O sistema de coleta e destinação do efluente no protótipo de filtro era constituído por tubos de PVC de diâmetro nominal de 25 mm, contendo também retro lavagem que não utiliza processos químicos, somente a água no fluxo inverso da filtração. Um esquema do sistema pode ser visto nas FIG. 2.

Figura 2 - Esquema construtivo do protótipo de filtro



Fonte: O autor, 2018.

Para caracterização qualitativa da água cinza segregada, foram coletadas e analisadas separadamente águas cinza provenientes de lavatório, chuveiro e da máquina de lavar roupa. A coleta das amostras foi realizada após o uso normal dos aparelhos.

As amostras de lavatório foram coletadas no banheiro de uma residência. Essa coleta foi feita trocando a cuba de apoio por uma bacia. A coleta foi realizada ao longo de um dia, para se conseguir um volume substancial de amostra para filtragem. Foi adicionado uma quantidade de terra na amostra do lavatório para que pudesse avaliar a eficiência do filtro para remoção de sólidos totais e sólidos sedimentáveis.

Já a amostra de chuveiro foi coletada durante um banho normal de um morador em uma residência. Uma bacia plástica de aproximadamente 40 litros serviu de reservatório para coletar toda a água proveniente do banho. Posteriormente esta foi transferida para um reservatório plástico de 2 litros.

Para a máquina de lavar, foram coletadas amostras direcionando-se a mangueira de saída da máquina para uma bacia. O programa de lavagem escolhido (lavar, enxaguar e centrifugar) era composto por três ciclos. No primeiro e no segundo, ocorria a adição de sabão em pó, e no terceiro, era adicionado amaciante. A água descartada de cada ciclo era coletada em um balde diferente e, posteriormente, proporções iguais da água coletada dos três ciclos eram misturadas e colocadas em um reservatório plástico de 2 litros.

5.2 Análises laboratoriais

Após o término da amostragem, as amostras foram acondicionadas e transportadas em reservatórios plásticos para o laboratório, para realização das análises. Os parâmetros de qualidade da água analisados foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez, Sólidos Totais (ST), Sólido Totais Sedimentados (SS), Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Total.

As análises da água cinza foram realizadas no CENAR (Centro de Análises de Águas e Resíduos do UNIFOR-MG) do Centro Universitário de Formiga.

Os equipamentos e técnicas utilizados estão listados na TAB. 2.

Tabela 2 – Equipamentos e técnicas utilizadas nas análises da qualidade da água.

Variável	Método/equipamento
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Titulação Iodometria
Série de sólidos (ST e SS)	Método gravimétrico com uso de estufa e cones de Imhoff
Turbidez	Turbidímetro de bancada
Potencial hidrogeniônico	Peagâmetro de bancada
Oxigênio dissolvido	Oxímetro Portátil Digital
Nitrogênio Total	Fotocolorímetro de bancada

Fonte: O autor, 2018.

O pH foi medido com um pHmetro digital microprocessado AT-315 da Alfakit, com compensação automática de temperatura e teclado a prova d'água, a faixa de leitura do aparelho era de 0,0 a 14,0 com resolução de 0,01 e precisão de $\pm 1\%$.

O oxigênio dissolvido, foi obtido com oxímetro digital microprocessado AT-150 da Alfakit, com faixa de resolução de 0,01 até 20,0 mg/L. A turbidez foi medida com turbidímetro digital com faixa de medição de 0 a 1000 NTU e resolução de 0,01 NTU e espectro de emissão de 880 nm.

Os valores de concentração de nitrogênio total foram adquiridos a partir da metodologia apresentada em American Public Health Association (APHA; AWWA; WEF, 1995), Método do Persulfato. Foram utilizados reagentes à base de veículo e persulfato de potássio, hidróxido de sódio e sulfito. As amostras foram digeridas em aparelho apropriado, digital e microprocessado, a 100 °C, por uma hora.

Os sólidos totais foram determinados pelo método gravimétrico, utilizando 100 ml de amostra. As amostras foram colocadas em cápsulas de porcelana e pesadas em balança com precisão de 0,01. Após secagem em estufa, as amostras foram esfriadas em dessecador e obtidos os pesos secos.

Com a diferença de pesos em razão do volume de amostra, foram obtidas as concentrações de sólidos totais como ilustrado na equação (1), enquanto os sólidos sedimentáveis foram utilizado 1000 ml de cada amostra, que foram vigorosamente agitadas e vertidas nos cones Imhoff.

$$ST = \frac{(P1 - P0) * 1.000.000}{Vamostra} \quad (1)$$

Em que:

ST: sólidos totais (mg/L);

P1: peso do becker com resíduo (mg);

P0: peso do becker sem resíduo (mg); e

Vamostra: volume utilizado da amostra (L)

As amostras permaneceram em repouso para que houvesse sedimentação dos sólidos durante 45 minutos. Com auxílio de um bastão de vidro os sólidos aderidos às paredes do cone foram retirados para que estes também pudessem ser sedimentados. Por mais 15 minutos os sólidos sedimentaram e a leitura da foi realizada.

A DBO foi determinada pelo método de titulação iodométrica, seguindo o *Standard methods for examination of water and wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 1995), sendo as amostras incubadas a 20 °C. Os reagentes utilizados para preparar a água de diluição foram: fosfato de potássio, sódio, cloreto de amônio, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto férrico. A determinação do oxigênio dissolvido na água foi feita com a utilização de oxímetro.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes à caracterização qualitativa da água cinza coletada em diversas fontes: chuveiro, lavatório, máquina de lavar roupa. As características das águas cinzas obtidas no trabalho serão comparadas com as características de águas cinza para reuso fornecidas pela NBR 13.969/1997.

6.1 Características físicas

Os resultados dos parâmetros físicos obtidos através das análises no laboratório, estão expressos na TAB. 3.

Tabela 3 – Caracterização qualitativa da água cinza – Parâmetros físicos

Parâmetro	Amostra	Água Cinza Bruta	Água Cinza Filtrada	Eficiência (%)
Turbidez (NTU)	Lavatório	244,27	9,68	96,03
	Lavanderia	0	0	-
	Chuveiro	4,29	0	100
ST (mg/l)	Lavatório	871	272	68,77
	Lavanderia	867	359	58,59
	Chuveiro	429	315	26,58
SS (ml/l)	Lavatório	7,7	0	100
	Lavanderia	0,1	0	100
	Chuveiro	0,1	0	100

Fonte: O autor, 2018.

As águas cinzas, de maneira geral, apresentaram uma quantidade de sólidos em suspensão bastante elevada, evidenciada tanto pelos resultados de turbidez quanto pela concentração de sólidos suspensos totais. Fibras de tecido, cabelos são alguns exemplos de material sólido nas águas cinzas da lavanderia (tanque e máquina de lavar) e banheiro (chuveiro e lavatório), respectivamente. Esses materiais em suspensão conferem um aspecto desagradável ao efluente, além de servirem de abrigo para microrganismos, podendo ocasionar rejeição por parte dos usuários no caso de um reuso sem tratamento.

A turbidez das águas cinzas apresentou maior concentração na amostra coletada do lavatório, com aproximadamente 245 NTU. De modo geral, a turbidez foi mais representativa na amostra coletada do lavatório pois a mesma se encontrava com uma quantidade significativa de terra, resultando em sua alta turbidez. Mesmo após a filtragem, com uma eficiência de aproximadamente 96%, a turbidez apresentou um valor que de acordo com a NBR 13.969, se encaixa no padrão de Classe 3 de critérios para esgotos, conforme a atividade

de reuso. Zabrocki et al. (2005) detectaram uma grande variação de turbidez nas águas cinzas do lavatório, chuveiro e máquina de lavar roupas de 19,7 a 189,0 NTU.

A concentração de sólidos totais e sólidos dissolvidos apresentou-se mais significativa na amostra coletada do lavatório, com 871 mg/L para sólidos totais e 7,7 mg/L para sólidos sedimentáveis. Após a filtragem os sólidos totais tiveram uma eficiência aproximadamente de 68% com valor em 272 mg/L e os sólidos sedimentáveis teve uma eficiência de 100%.

Os resultados dos estudos realizados por Bazzarella (2005) para as amostras de lavatório, os resultados médios de turbidez e ST foram 158 NTU e 500 mg/L, respectivamente.

6.2 Características químicas

Os resultados referentes aos parâmetros químicos estão resumidos na TAB. 4.

Tabela 4 - Caracterização qualitativa da água cinza – Parâmetros químicos

Parâmetro	Amostra	Água Cinza Bruta	Água Cinza Filtrada	Eficiência (%)
pH	Lavatório	9,79	7,48	23,6
	Lavanderia	10,53	10,22	2,94
	Chuveiro	7,52	7,17	7,65
OD (mg/l)	Lavatório	4,95	5,25	6
	Lavanderia	5,11	5,35	4,7
	Chuveiro	5,55	5,65	1,8
Nitrogênio Total (mg/l)	Lavatório	35,7	3,76	86,47
	Lavanderia	2,64	1,6	39,4
	Chuveiro	3,49	2,25	35,53

Fonte: O autor, 2018.

A concentração de nitrogênio total de 35,7 mg/l encontrada no lavatório foi significativamente alta e após a filtragem houve uma redução de aproximadamente 87% no melhor caso apresentado. Devido ao fato que após a filtragem uma grande quantidade de terra foi retida no filtro, o efluente do filtro com quase nenhuma quantidade de terra teve sua concentração de nitrogênio total reduzida significativamente.

A amostra de água cinza do chuveiro, no entanto, apresentou o pH bem próximo da neutralidade, assim como em esgotos domésticos típicos. Um dos motivos para que o pH do lavatório esteja alto poderia ser pela adição de um solo alcalino na amostra. Todas as amostras apresentaram redução do pH, com destaque na amostra do lavatório que teve eficiência de aproximadamente 24%.

O pH da água cinza depende basicamente do pH da água de abastecimento. Entretanto, alguns produtos químicos utilizados podem contribuir para o seu aumento. Isso pode ser observado nas amostras da máquina de lavar, em que o pH alcalino pode ser atribuído ao uso do sabão em pó e do amaciante. Segundo Eriksson (2002), os valores de pH podem variar de 5 a 8 em águas cinza. Entretanto, Rapoport (2004) obteve valores de pH na faixa de 4,7-7,5.

O oxigênio dissolvido apresentou um aumento, mas o teor de oxigênio pode ter sido alterado pela movimentação da amostra, quando foi realizado o transporte do local do filtro para o laboratório do UNIFOR-MG.

6.3 Compostos orgânicos

Os resultados de demanda bioquímica de oxigênio estão apresentados na TAB. 5.

Tabela 5 - Caracterização qualitativa da água cinza – Compostos orgânicos

Parâmetro	Amostra	Água Cinza Bruta	Água Cinza Filtrada	Eficiência (%)
DBO (mg/l)	Lavatório	252,94	317,24	-
	Lavanderia	389,77	494,18	-
	Chuveiro	505,95	547,62	-

Fonte: O autor, 2018.

O aumento do DBO após a filtração pode ser consequência da forma de filtração que foi realizada, de modo que cada amostra foi agregada com matéria orgânica da amostra filtrada anteriormente. Lavatório, lavanderia e chuveiro respectivamente foi a sequência de filtração. Mesmo não possuindo contribuições dos vasos sanitários, o conteúdo de matéria orgânica e inorgânica presente na água cinza é bem significativo. A maior parte dela é oriunda de resíduos de alimento, sabão, resíduos corporais, óleos e gorduras, cabelo, entre outros. Já a matéria inorgânica provém principalmente dos produtos químicos e detergentes utilizados para limpeza.

Outros autores detectaram concentrações de matéria orgânica semelhantes a estas em seus trabalhos, como foi o caso de Bazzarella (2005), que encontrou concentrações de DBO de 165 a 633 mg/L.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reuso de águas cinzas diminui o consumo de água potável para fins menos nobres e contribui para a sustentabilidade hídrica das cidades, minimizando a quantidade de poluentes lançados nos corpos hídricos.

Para cada sistema de reuso de águas cinzas deve-se considerar o comportamento de cada usuário da edificação de estudo, pois o volume e a concentração de contaminantes podem variar dependendo da tipologia da edificação, da localização, do estilo de vida e da classe social, da cultura e costumes dos moradores.

O controle do processo de reuso de águas cinzas é de suma importância. Para o reuso destas águas é necessário efetuar um tratamento e adequá-las aos padrões de qualidade compatíveis aos usos para os quais estas águas se destinarão, visando a maior aceitabilidade dos usuários, a viabilidade técnica de implantação e, o mais importante, os riscos à saúde pública.

A água cinza estudada apresentou alta concentração de matéria orgânica, pois houve elevados valores de DBO e de sólidos. O filtro construído foi eficiente na remoção de sólidos, principalmente, os sólidos em suspensão, e de turbidez. A água cinza tratada não atendeu as exigências dos órgãos nacionais regulamentadores para sua reutilização em lavagem de calçada e irrigação de jardins que eram os objetivos iniciais. Mas poderia ser utilizada para irrigação e reuso nas descargas dos vasos sanitários, segundo a NBR 13.969, considerando que as amostras tiveram após a filtragem turbidez menor que 10, todas se encaixam em atividade de reuso como classe 3 dentro dos parâmetros analisados. Vale ressaltar que a norma estipula um valor para coliforme fecal, e o mesmo não foi caracterizado no trabalho.

Considerando-se a situação dos recursos hídricos no país, é fundamental que haja novas possibilidades de instrumentos que proporcionem diminuição na demanda dos recursos hídricos naturais, garantindo a saúde da população e sendo essencial para a preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (BRASIL). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial. - Brasília: ANA, 2012.

Disponível em:

<<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2012.pdf>>. Acesso abr. 2018.

_____. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Engecorps / Cobrape – Brasília: ANA: Engecorps / Cobrape, 2010.

ALMEIDA, O. Á. de. **Qualidade da água de irrigação** [recurso eletrônico] / Otávio Álvares de Almeida. - Dados eletrônicos. - Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

ALMEIDA, G. S. **Metodologia para caracterização de efluentes domésticos para fins de reuso**: estudo em Feira de Santana, Bahia. 2007. 226 f.

Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador-BA, 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington: American Public Health Association, 1995. 1193p.

ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. Manual em versão digital. Disponível em: <<http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2014/08/conservacao-e-reuso-de-aguas-2005.pdf>>. Acesso em: mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 13.969**: Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 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.

BENASSI, S., Projeto de Lei nº 664/2007 **Reutilização da água nas garagens de empresas de ônibus**. Câmara Municipal de Campinas 2007.

BORGES, F. M.; SILVA, F. P.; CARVALHO, M. C.; FILHO, A. G. Desenvolvimento e criação de uma unidade produtiva de carvão ativado. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2003. Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Associação Brasileira de Engenharia de Produção

(ABEPRO), 2003. 8 p. Disponível em:
<http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2003_TR0502_0601.pdf>.
Acesso em: mai. 2018.

BRANDÃO, V. S.; MATOS, A. T.; FONTES, M. P. F.; MARTINEZ, M. A. Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 329- 334, 2003.

BRASIL. (2005) 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.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas; FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo: Prol, 2005. Disponível em: <www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/manual_agua.pdf>. Acesso em: mai. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº54 de 28 de novembro de 2005. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 09/03/2006. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=37>. Acesso em: mar. 2018.

BRASIL. Secretaria nacional de saneamento ambiental. **Saneamento para todos - Gestão de águas pluviais urbanas**. 4º volume. Brasília, 2006. 197 p.

CAMMAROTA, M. C.; **EQB-485 Engenharia do Meio Ambiente**. Notas de aula – Tratamento de efluentes líquidos. Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2011.

CASAS, A. L. **Tratamento de efluentes industriais utilizando a radiação ionizante de acelerador industrial elétrons e por adsorção com carvão ativado. Estudo comparativo**. 2004. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2004.

CHENG, CHENG-LI. **Rainwater use system in building design**. In: CIB-W62 SEMINAR, 2000. Proceedings. Rio de Janeiro, Brazil, 2000, 13p.

CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI, R. P.; VON SPERLING, M.; MONTEGGIA, L. A. Tratamento de Esgotos e Produção de Efluentes Adequados a Diversas Modalidades de Reuso da Água.

In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord.).

Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 63-110. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Esgoto-Prosab_-_final.pdf>. Acesso em: mai. 2018.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination**. v.106, n. 1-3, p. 391- 397, 1996.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes.** 2003. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; MOGENS, H.; LEDIN, A. **A characteristics of grey wastewater.** Urban Water, v. 4, n. 1, p. 58 – 104, 2002.

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.

FRANGIPANI, M. **Guias práticos: técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água.** Brasília: POSIGRAF, 2007. 79 p.

GONÇALVES, R. F.; ABDULNOUR, E. A.; PHILIPPI, L. S. **Uso racional de água.** Edital 4 (PROSAB 4). Vitória, Santa Catarina: ABES, 2006.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações.** ed. Rio de Janeiro: Prosab/Abes, 2006.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 7, n. 4, out/dez 2002, p.75-95.

HINRICHSEN, D.; ROBEY, B; UPADHYAY, U. D. **Solutions for a Water-Short World.** Johns Hopkins University School of Public Health, Baltimore, 1999.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **População nos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões, as Unidades da Federação e a situação do domicílio - 1960/2010**, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: mar. 2018.

JERFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. **Technologies for domestic wastewater recycling.** Urban Water. v. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgoto Doméstico.** 4ª ed.

Rio de Janeiro: Segrac, 2005.

MAGRI, M. E.; FENELON, F. R.; RABELO, L.; ROSSETO, T. S.; PHILIPPI, L. S. Reuso de águas cinzas tratadas em descarga de vaso sanitário e rega de jardim. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13., 2008, Belém. **Anais ...** Rio de Janeiro: ABES, 2008. 1 CD-ROM.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. Reuso de Águas. In:_____. **A escassez e o reuso de água em âmbito mundial**. Barueri: Manole, cap. 1, p. 14-21, 2003.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. **Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento**. Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 485-494, mês. 2016.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2008. 222 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)- ,São Paulo, 2008.

MAY, S.; HESPANHOL, I. Caracterização e Tratamento de Águas Cinzas para Consumo não Potável em Edificações. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Punta Del Leste. **Anais...** Punta Del Leste: Asociación Interamericana de Ingeniería Ambiental, 2006. p. 7

NOLDE, E. **Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-story buildings over ten years experience in Berlin**. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.

OTTOSON, J.; STRENSTRÖM, T. A. **Faecal contamination of greywater and associated microbial risk**. Water Research. v. 37, n. 3, p. 645-655, 2003.

PAULA, H.; OLIVEIRA, L. H. Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva na Cidade de Goiânia: Avaliação da Qualidade da Água em Função do Tempo de Detenção no Reservatório. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 9., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial**. Ministério da saúde – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 85 p., 2004.

SANTOS, D. C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-UFPR, Curitiba, PR, 2002.

SHIKLOMANOV, I. A. **World Water Resources**. A new appraisal and assessment for the 21st century, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris, 1998. Disponível em:

<<http://documentos.dga.cl/PHI710.pdf>>. Acesso em: jun. 2018.

TELLES, D. D.; COSTA, P. R. (coord). **Reuso da Água – Conceitos, teorias e práticas**. 2 ed. São Paulo: Blucher. 408 p., 2010.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências**. São Paulo: Navegar Editora, 2001.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. Ed.3. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

ZABROCKI, L.; SANTOS, D. C. Caracterização da água cinza em edifícios residenciais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 23, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2005. p. 112 - 112.