

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MATEUS PEREIRA DOS REIS

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ÁGUAS
CINZAS SEGREGADAS EM LAVANDERIA DE GURUPI – TO**

GURUPI -TO

2021

MATEUS PEREIRA DOS REIS

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ÁGUAS
CINZAS SEGREGADAS EM LAVANDERIA DE GURUPI – TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Instituto Federal do Tocantins – Campus Gurupi,
como exigência à obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Me. Danielma Silva Maia

GURUPI - TO

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

R375c Reis, Mateus Pereira Dos
 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE
 ÁGUAS CINZAS SEGREGADAS EM LAVANDERIA DE GURUPI – TO
 / Mateus Pereira Dos Reis. – Gurupi, TO, 2021.
 34 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Gurupi, Gurupi, TO, 2021.

Orientadora: Ma. Danielma Silva Maia

1. Tratamento de águas cinzas. 2. Sustentabilidade. 3. Recursos hídricos.
I. Silva Maia, Danielma. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MATEUS PEREIRA DOS REIS

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ÁGUAS
CINZAS SEGREGADAS EM LAVANDERIA DE GURUPI – TO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Civil do Instituto Federal do
Tocantins – Campus Gurupi, como
exigência à obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Me. Danielma Silva Maia

Aprovado em: 06/12/2021

BANCA AVALIADORA

Danielma S. Maia

Me. Danielma Silva Maia (Orientadora)

IFTO – *Campus* Gurupi

Rodrigo Araújo Fortes

Me. Rodrigo Araújo Fortes

IFTO – *Campus* Gurupi

Camila Ribeiro Rodrigues

Me. Camila Ribeiro Rodrigues

Unirg- Universidade de Gurupi

Me deparo com imposturice em dedicar esse trabalho aos meus familiares, quem padeceu esses anos todo fui eu, logo, dedico a minha pessoa por todo esse sofrimento, aos incomodados, só lamento!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à algumas pessoas que diretamente ou indiretamente, contribuíram para a construção dos meus valores: meus pais, os mestres que compartilharam um pouco do que sabem comigo e com os meus amigos nesta vida acadêmica (Ana Carolina, Caio Vinicius, Gustavo Borges, Moni Kelly, Sarah Cortez, Tassila Silva e Wallace Wyslas). Não vou deixar de agradecer a professora e amiga Áurea Dayse que fez com que não desistisse dessa batalha. A amiga e orientadora Prof. Me. Danielma Silva Maia o mais sincero agradecimento.

É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem desfrutam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.

Theodore Roosevelt

RESUMO

A água um recurso que não respeita a permuta e atravessa cidades, estados e países, portanto, é um bem que pode ser compartilhado é a substância mais comum e mais importante para sustentar a vida na Terra. A utilização inadequada pode levar a escassez e a reutilização desse bem é tecnicamente viável através de fontes alternativas como o tratamento de Águas Cinzas (AC). A presente pesquisa teve por finalidade de caracterizar sob o ponto de vista físico-químico, AC proveniente de uma lavanderia de Gurupi-TO, de forma a avaliar o potencial do tratamento implantado e a possibilidade de reuso não potável em edificações. Foi coletado 02 amostras de AC, consideradas lavagem e enxágue com amaciante, em seguida feita análises, sendo a 1ª processo de coagulação/floculação/decantação e a 2ª filtração do efluente do sistema de coagulação em filtro de areia. O pH obtido nas amostras de AC foi de 7,65 e 6,29, o parâmetro turbidez obteve uma remoção de 27,64% e 68,03%. A remoção de Sólidos Totais (ST) foi de 32,62%, Sólidos Fixos (SF) 54,19% e acréscimo de 63,63% para Sólidos Voláteis (SV) para a amostra 01. Quanto a amostra 02 houve uma remoção de 56,67% para ST, 64,82 para SF, e 50,34% para SV. Para a NBR13969/1997 a pesquisa se enquadra como de classe 3, pois as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão. Desse modo o processo de filtração pelo filtro de areia foi eficiente, mas, para um melhor resultado faz-se necessário a realização de filtração por meio de filtro de areia e com carvão ativado e posteriormente análises de Coliformes Fecais, Oxigênio dissolvido, Condutividade, Alcalinidade e Cloro residual.

Palavras-chave: águas cinza, lavanderia, reuso, sólidos.

ABSTRACT

Water is a resource that does not respect barter and crosses cities, states, and countries, therefore, it is a good that can be shared, it is the most common and most important substance for sustaining life on Earth. Inappropriate use can lead to scarcity and the reuse of this asset is technically feasible through alternative sources such as the treatment of Gray Water (AC). This research aimed to characterize, from a physical-chemical point of view, AC from a laundry in Gurupi-TO, to assess the potential of the implanted treatment and the possibility of non-potable reuse in buildings. Two samples of CA were collected, considered washing and rinsing with softener, then analysed, with the 1st coagulation/flocculation/decantation process and the 2nd filtration of the coagulation system effluent in a sand filter. The pH obtained in the CA samples was 7.65 and 6.29, the turbidity parameter obtained a removal of 27.64% and 68.03%. The removal of Total Solids (ST) was 32.62%, Fixed Solids (SF) 54.19% and an addition of 63.63% for Volatile Solids (SV) for sample 01. As for sample 02, there was a removal of 56.67% for ST, 64.82 for SF, and 50.34% for SV. According to NBR13969/1997, the research is classified as class 3, as the washing waters from washing machines meet this standard. Thus, the filtration process through the sand filter was efficient, but, for a better result, it is necessary to perform filtration through a sand filter and with activated carbon, and subsequently analyzes of Fecal Coliforms, Dissolved Oxygen, Conductivity, Alkalinity, and residual chlorine.

Keywords: greywater, laundry, reuse, solids.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Esquematização das atividades desenvolvida durante a pesquisa	22
Figura 2- Ensaio de Coagulação; Flocculação e Decantação.....	24
Figura 3- Ensaio Sólidos	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da metodologia das análises dos parâmetros físico-químicos	23
Tabela 2 - Caracterização da AC bruta de máquinas de lavar.	25
Tabela 3 - Caracterização da AC bruta de máquinas de lavar.	26
Tabela 4 - Resultado do Parâmetro de Turbidez (uT) e pH.....	27
Tabela 5 - Eficiência do tratamento da água cinza	28

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Águas Cinza
ANA	Agência Nacional de Águas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DQO	Demanda Química de Oxigênio
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
kg	Quilograma
mg	Miligrama
mL	Mililitro
NBR	Norma Brasileira
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i> (Unidade Nefelométrica de Turbidez)
pH	Potencial Hidrogeniônico
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SST	Sólidos Suspensos Totais
ST	Sólidos Totais
SF	Sólidos Fixos
SV	Sólidos Voláteis
µT	Unidade de Turbidez

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. Caracterização e generalidades	15
2.2. Padrões de reuso de água	16
2.3. Legislação sobre parâmetros de qualidade da água.....	17
2.4. Tratamento de água cinza.....	17
2.4.1. Temperatura.....	18
2.4.2. Potencial hidrogeniônico (pH).....	19
2.4.3. Sólidos dissolvidos, Suspensos, Sedimentáveis e Totais	20
2.4.4. Turbidez	21
3. METODOLOGIA	22
3.1. Obtenção da amostra de água cinza	22
3.2. Caracterização dos parâmetros físico-químicos da água cinza bruta.....	23
3.2.1. Sistema de tratamento de águas cinzas	23
3.2.2. Coagulação e floculação	23
3.3. Sólidos	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Caracterização da água cinza bruta	25
4.2. Ensaio de Coagulação, floculação, decantação com Sulfato de Alumínio	26
4.3. Tratamento do efluente com filtro de areia	27
4.4. Caracterização da água cinza tratada	28
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A água é o líquido mais importante para sustentar a vida na Terra. É um recurso que não respeita a permuta e atravessa cidades, estados e países, portanto, é um bem que pode ser compartilhado. O desperdício e a poluição dos recursos hídricos tornam os tornam cada vez mais escassos e caros. Tanto em termos qualitativos como quantitativos, a água disponível para consumo já é insuficiente. Para Stick (1998), à medida que a população aumenta em aproximadamente 85 milhões por ano, a oferta de água potável per capita está diminuindo. May (2008), atribuiu o aumento da demanda ao aumento do crescimento populacional e ao caos, que é o principal fator que afeta o consumo de água, especialmente nos grandes centros urbanos. Hanjra e Qureshi (2010) estimavam que o número de pessoas que vivem em áreas com escassez de água aumentará de 1 bilhão a 3 bilhões até 2015.

Para Gonçalves et al. (2010), o consumo de água residencial pode ser mais da metade do consumo total em áreas urbanas. Para esses autores, a perspectiva estratégica é a ação no controle de requisitos de habitação a melhor alternativa para estender o estresse de água próximo. Por outro lado, uma tendência clara dos prédios de áreas residenciais é a implementação de edifícios sustentáveis, um conceito que resulta da intensificação do debate no desenvolvimento sustentável do planeta. Estes são edifícios verdes cujas propriedades ecologicamente corretas são mais próximas e recebem mais atenção. Desta forma, um aumento nas atividades econômicas e a conservação das qualidades populacionais dependem da consciência da importância da impermeabilização, entrada estratégica e deve ser usada de forma racional de todos os setores.

Uma maneira que pode ser pesquisada como uma alternativa é o uso de água cinza (AC), proveniente de pontos de utilização de residências, incluindo chuveiros, lavatórios, banheiras, máquinas de lavar roupa e pias de cozinha.

O uso dessas fontes alternativas como instrumento para retenção de água potável em edifícios requer cautela. Para uso adequado desses sistemas, um conjunto de ações para o projeto, execução, uso, operação e manutenção deve ser desenvolvido para não comprometer a saúde dos usuários. A reutilização de água é tecnicamente viável, mas pode gerar problemas de contaminação. Por conseguinte, devem ser tomadas as precauções para o seu trabalho e o formulário de armazenamento, tendo em conta a separação da água potável e evitar a conexão cruzada e o potencial da aplicação no Tocantins e suas vantagens em relação ao uso de águas pluviais.

Neste sentido, o presente estudo tem o objetivo de caracterizar sob o ponto de vista físico-químico, águas cinzas proveniente de uma lavanderia de Gurupi-TO, de forma a avaliar o potencial do tratamento implantado e a possibilidade de reuso não potável em edificações e por meio do processo de filtração simples, realizar o tratamento da AC em estudo, avaliando a eficiência do sistema de tratamento empregado. Diante da caracterização da água tratada, classificar o efluente como água de reuso para fins potáveis de acordo com a NBR A NBR13969/1997.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Caracterização e generalidades

Dentre as águas residuárias, destacam-se as águas cinza (AC), assim denominadas por terem uma aparência de coloração entre a água potável (límpida) e o esgoto bruto (marrom escuro). As águas cinza são as águas residuárias usadas em chuveiros, banheiras, máquinas de lavar e pias de cozinha, sem o esgoto sanitário proveniente das bacias sanitárias, e que por conterem menos patógenos e menos nitrogênio que o esgoto sanitário (água negra), são passíveis de reciclagem (ABEDIN; RAKIB, 2013). Otterpohl (2001), acrescenta ao conceito de águas negras (blackwater) e águas cinza (greywater) os termos: águas amarelas para efluentes representados somente pela urina e águas marrons para efluentes representados somente pelas fezes. Eriksson et al. (2002) dividem as águas cinza em águas cinza claras e escuras, considerando águas cinza claras as provenientes do chuveiro, lavatório e máquinas de lavar roupas e as águas cinza escuras, as provenientes da pia da cozinha e máquinas de lavar pratos.

O conceito de reuso de águas cinza é aplicado em certas atitudes como, por exemplo, utilizar para lavagem de um piso a água usada no enxágue de roupas. De acordo com Angelakis et al. (2015), a primeira evidência histórica de reuso de água para irrigação remonta à Idade do Bronze em Creta, aproximadamente há 5000 anos. Na história mais recente, remonta aos anos 1500 a 1800 experiências com o que se chamava “*sewage farms*” (fazendas de esgoto – tradução livre). Estas fazendas eram utilizadas com o objetivo de proteção da saúde pública e o controle de poluição, pois usavam o esgoto como fonte de nutrientes para a agricultura.

Peprah et al. (2018) comentam que a composição das águas cinzas é um reflexo do estilo de vida e do tipo e quantidade de produtos químicos usados em limpeza, banhos e lavagem de roupas. A qualidade da água potável e o tipo de distribuição também afetam as características das águas cinzas. Também haverá importantes variações na composição das águas cinzas dependentes da variação entre água consumida e água cinza gerada em cada atividade. Geralmente, as águas cinzas contêm altas concentrações de matéria orgânica facilmente degradável. Isso inclui nutrientes como os nitratos e seus derivados, fósforo e seus derivados, e algumas podem incluir microrganismos como coliformes fecais, salmonella, dentre outros. Peprah et al. (2018) afirmam ainda que a composição de uma água cinza é, portanto, de difícil previsão, especialmente quando se considera que ela ainda pode, eventualmente, conter produtos farmacêuticos, aerossóis, tintas e metais pesados como chumbo, níquel, cádmio, cobre, mercúrio e cromo em quantidades consideráveis.

Segundo Noutsopoulos et al., (2017), as águas cinza podem ser divididas em duas categorias: água cinza clara, e águas cinzas pesadas. A água cinza clara é um tipo de água cinza com baixo teor de poluentes, enquanto a água cinza pesada tem um alto teor de poluentes. O elemento na água cinza consiste em elementos orgânicos, surfactantes, nutrientes e uma pequena quantidade de metal. Embora a qualidade da água cinza varie devido à sua influência na qualidade da água usada, atividades aquáticas e estilo de vida, os principais poluentes da água cinza são principalmente lavanderia e cozinha resíduos. Os parâmetros físicos, como valores de pH, geralmente estão na faixa de valores padrão que são seguros para o ambiente, enquanto os valores de sólidos suspensos totais (SST) variam e normalmente estão acima do valor padrão. O maior valor de TSS vem de resíduos de cozinha, ou seja, sobras de bebidas e alimentos. Em comparação com a água negra, o material orgânico na água cinza é inferior, no entanto, os valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) Demanda biológica de oxigênio (DBO) da água cinza ainda estão acima do nível padrão de água limpa. O alto teor de elementos orgânicos é influenciado pelos resíduos de detergente e pela baixa quantidade de água utilizada no processo de lavagem com produtos de limpeza. A biodegradabilidade é determinada usando o BOD / CODratio (Oteng-Peprah e Nanne, 2018) e o material orgânico contido na água cinza normalmente tem boa biodegradabilidade o que significa que pode ser facilmente decomposto.

2.2. Padrões de reuso de água

Sant'ana (2017) destacou que a comercialização do sistema de reuso de água em vários usos de água não potável em edifícios brasileiros começaram no início dos anos 2000. Todos os anos, mais edifícios usam esses sistemas de construção para água não potável, e alguns estados e municípios promulgaram legislação própria para indicar ou regulamentar reutilizar a água cinza. Os princípios básicos para a implementação de um plano ou projeto de reutilização de água recuperada são: Saúde e segurança do usuário. Existem dois tipos de legislação específica sobre este assunto: as que determinam os parâmetros de qualidade da água a ser reutilizada, e as que regulamentam a aplicação da prática de reuso.

2.3. Legislação sobre parâmetros de qualidade da água

Desde 1977, a Portaria 56 do Ministério da Saúde, estabeleceu o primeiro padrão de potabilidade da água para consumo humano, pois definiu os limites máximos para suas diversas características físicas, químicas e biológicas. Em 1990, o MS publicou a Portaria 36, que trouxe novos parâmetros e restringiu alguns limites para as características da água potável. Já em 2000, o MS publicou a Portaria nº 1.469, estabelecendo limites qualitativos da água para consumo humano. Em função de alterações na estrutura do MS, ao ser instituída a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), a Portaria 1.469:2000 foi revogada, e passou a vigorar a Portaria nº 518, a qual manteve inalterados os valores máximos de cada limite anteriormente determinados. A Portaria nº 518 foi revogada em 2011, estando em vigor atualmente o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5, a qual dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades quanto ao controle e qualidade da água para o consumo humano (BRASIL, 2017). Em 2005, o CNRH publicou a Resolução nº 54 (BRASIL, 2005), que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, considerando reuso para fins urbanos, agrícolas e florestais, ambientais, industriais e ainda para reuso na aquicultura.

A Agência Nacional de Águas (ANA), a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP) definiram três classes de reuso de água e definiram para cada uma destas classes padrões de qualidade a serem seguidos, indicando parâmetros característicos: Coliformes fecais, pH, turbidez, odor e aparência, óleos e graxas, DBO5, compostos orgânicos voláteis, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrito, fósforo total, sólidos suspensos totais e sólidos e dissolvidos totais.

Segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998), as tubulações de água potável devem ser separadas da rede de água não potável. As tubulações, reservatórios e pontos de uso devem ser identificados por meio de símbolos ou cores, advertindo os usuários com o texto “ÁGUA NÃO POTÁVEL”. Em pontos de uso de água não potável recomenda-se o uso de uma ilustração de água imprópria para consumo.

2.4. Tratamento de água cinza

Sostar-Turk et al. (2005) descrevem os resultados obtidos em tratamento de águas cinza provenientes de lavanderias usando os métodos convencionais de coagulação, filtro de

areia e adição de carbono ativado. Com este processo conseguiram reduzir a DQO de 280 mg/L para 20 mg/L, a DBO5 de 195 mg/L para 35 mg/L e os Sólidos Suspensos Totais (SST) de 10 mg/L para menos de 5 mg/L. Com somente a etapa de coagulação conseguiram a remoção de 51% da DBO5 e 100% dos SS também foram removidos nesta etapa.

Rampelotto (2014) avaliou em laboratório o potencial de tratamento de águas cinza oriundas da máquina de lavar roupas e a possibilidade de reuso dessas águas para fins não potáveis em residências populares. Usou processo químico de tratamento através de coagulação, floculação, flutuação e flotação, filtração em meio granular e pós-tratamento por adsorção em carvão ativado. Caracterizou inicialmente as águas cinza coletadas do efluente da máquina de lavar em uma residência multifamiliar; determinou pelo teste de jarros (“Jar-Test”) as melhores condições de concentração do coagulante e definiu o melhor material granular após passar o material em vários meios granulares. Obteve bons resultados, conseguindo reduções dos índices de turbidez de 36,6 NTU para 0,04 NTU; cor aparente, de 276 uC para 20 uC; DQO de 228 mg/L para 34 mg/L e surfactantes de 1,09 mg/L para 0,20 mg/L.

Baracuh et al. (2015) avaliou a eficiência da remoção de coliformes totais e fecais do efluente tratado em unidades de produção agrícola através de fitorremediação, usando águas cinzas provenientes de uma lavanderia pública de Cabaceiras-PB. No tratamento sem fitorremediação os coliformes totais variaram de $1,583 \times 10^3$ a $2,022 \times 10^3$ ufc/100 mL. Com o tratamento com fitorremediação usando capim roxo, os coliformes totais variaram de $1,354 \times 10^3$ a $2,022 \times 10^3$ ufc/100 mL e conseguiu-se uma redução significativa em *E. coli*.

2.4.1. Temperatura

As temperaturas de profundidade necessárias para estudos limnológicos podem ser medidos com um termômetro reversível, termofone ou termistor. O termistor é mais conveniente e preciso; contudo, o custo mais alto pode impedir seu uso. Antes do uso em campo, é necessária a verificação da temperatura de calibração do dispositivo de medição de acordo com as especificações NIST. Deve ser feita a leitura com o termômetro ou dispositivo imerso em água por tempo suficiente para permitir o equilíbrio completo. Resultados do relatório com precisão de 0,1 ou 1,0 ° C, dependendo da necessidade. Um termômetro do tipo reversível é comumente usado para profundidade de medidas. Muitas vezes é montado na coleção de amostra aparelho de modo que uma amostra de água possa ser obtida

simultaneamente. Leituras corretas do termômetro reverso para alterações devido a diferenças entre a temperatura na reversão e a temperatura no tempo de leitura. Os cálculos serão feitos da seguinte forma (todas as unidades em graus):

$$\Delta T = \left[\frac{(T^1 - t)(T^1 + V_0)}{K} \right] x \left[1 + \frac{(T^1 - t)(T^1 + V_0)}{K} \right] + L \quad (1)$$

Onde:

ΔT = Correção a ser adicionada algebricamente à leitura não corrigida;

T^1 = Leitura não corrigida de T^1 na reversão;

t = temperatura na qual o termômetro é lido;

V_0 = Volume de grau do termômetro, o volume do pequeno bulbo fim do capilar até a graduação de 0 ° C;

K = Constante, dependendo da expansão térmica relativa de mercúrio e vidro (valor usual de $K = 6100$);

L = Correção de calibração L do termômetro dependendo de T^1 .

2.4.2. Potencial hidrogeniônico (pH)

No tratamento físico-químico de efluentes industriais, muitos são os exemplos de reações dependentes do pH: a precipitação química de metais pesados ocorre em pH elevado; a oxidação química de cianeto ocorre em pH elevado; a redução do cromo hexavalente à forma trivalente ocorre em pH baixo; a oxidação química de fenóis em pH baixo; a quebra de emulsões oleosas mediante acidificação; o arraste de amônia convertida à forma gasosa se dá mediante elevação de pH etc. Desta forma, o pH é um parâmetro importante no controle dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes industriais. Constitui-se também em padrão de emissão de esgotos e de efluentes líquidos industriais, tanto pela legislação federal quanto pela estadual. Na legislação do Estado de São Paulo, estabelece-se faixa de pH entre 5 e 9 para o lançamento direto nos corpos receptores (artigo 18 do Decreto 8468), mesmos limites impostos pela RESOLUÇÃO 357 do CONAMA, e entre 6 e 10 para o lançamento na rede pública seguida de estação de tratamento de esgotos (Decreto 8468, artigo 19-A). (Chen, 2004).

2.4.3. Sólidos dissolvidos, Suspensos, Sedimentáveis e Totais

Sólidos, na água, são matérias que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação em temperaturas previamente estabelecidas em um tempo pré-determinado. As operações de secagem, calcinação e filtração definirão as várias frações de sólidos que permanecerão na água. Esses sólidos podem ser categorizados como:

a) Sólidos totais (ST): Resíduo remanescente após evaporação em banho-maria de uma amostra que passou pelo processo de secagem em estufa (103-105 ° C até peso constante). Também pode ser chamado de resíduo total (equação 2).

$$ST = \frac{1000(B - A)}{\frac{VA}{1000}} \quad (2)$$

b) Sólidos em suspensão (SS): Parte do total de sólidos que permanece em um filtro que retém partículas cujo diâmetro é maior ou igual a 1,2 µm. Também denominado resíduo não filtrável (RNF).

c) Sólidos Voláteis (SV): Parte dos sólidos (estes podem ser dissolvidos, suspensos ou totais) que se perdem no processo de ignição ou calcinação (550-600 ° C), em uma hora para sólidos voláteis totais e dissolvidos, e 15 minutos para suspensões voláteis (em mufla). Eles também podem ser chamados de resíduos voláteis (equação 3).

$$SV = \frac{1000(B - C)}{\frac{VA}{1000}} \quad (3)$$

d) Sólidos Fixos (SF): É a fração dos materiais (sólidos totais, suspensos ou dissolvidos) que permanecem após a calcinação (550-600 ° C), em uma hora para sólidos fixos totais e dissolvidos e 15 minutos para sólidos em suspensão (equação 4).

$$SF = \frac{1000(C - A)}{\frac{VA}{1000}} \quad (4)$$

A existência de muitos sólidos pode ser um fator que dificulta o reaproveitamento. Os métodos usados para determinar os sólidos são gravimétricos (usando uma balança analítica ou de precisão) (Chen, 2004).

2.4.4. Turbidez

APHA *et al.*, (2005), define turbidez como o grau de atenuação da intensidade com que um feixe de luz pode passar por uma amostra de água. Essa redução na absorção ocorre por meio de absorção e espalhamento, pois as partículas que causam esse processo na água são maiores que o comprimento de onda da luz branca. Essas partículas podem ser detritos orgânicos, algas, bactérias, plâncton em geral, entre outros.

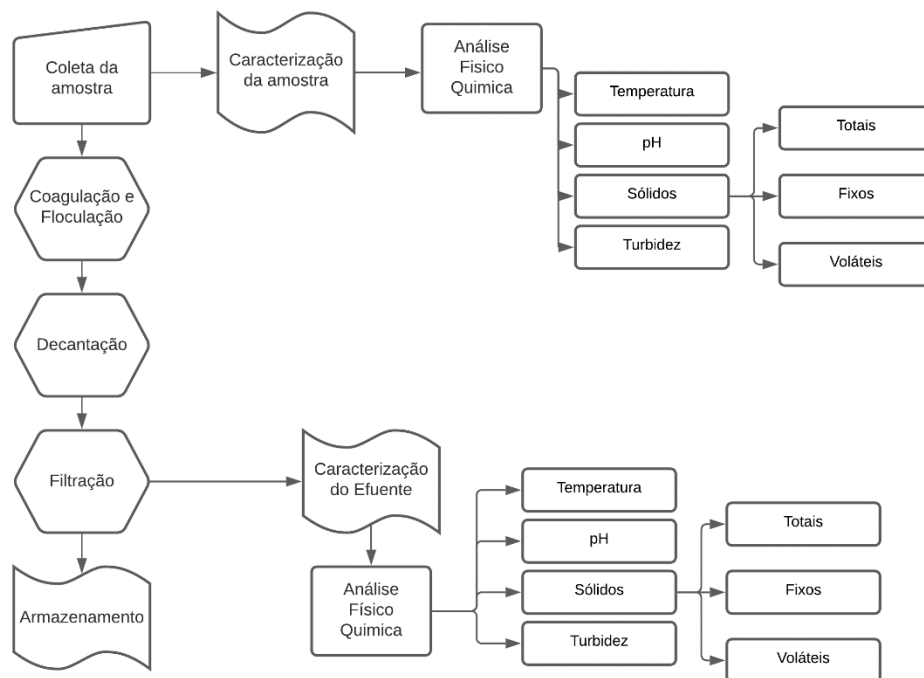
3. METODOLOGIA

3.1. Obtenção da amostra de água cinza

A quantificação de AC da lavanderia de Gurupi -TO, foi produzida por máquinas de lavar roupas, após o ciclo de lavagem as AC provenientes da lavadora, que foi acondicionado em galões para realização em de ensaio de laboratório.

A coleta foi efetuada no dia 28 agosto 2021¹, totalizando 2 amostras de 20 litros cada. Para realização da pesquisa, foram consideradas amostras de AC coletadas de ciclos de lavagem e enxágue das máquinas de lavar, sendo que na realização dos ensaios foi feita mistura desses efluentes. A Figura 1 apresenta as principais atividades experimentais do estudo.

Figura 1- Esquemática das atividades desenvolvida durante a pesquisa



Fonte: Autor, 2021

¹ Os ensaios foram realizados 2 dias após a coleta das amostras.

3.2. Caracterização dos parâmetros físico-químicos da água cinza bruta

Os parâmetros físicos analisados estão descritos na tabela 1, conseguinte que estas etapas metodológicas se realizaram no Laboratório de Análises Físico-Químicas de Água do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins Campus Palmas.

Tabela 1 - Resumo da metodologia das análises dos parâmetros físico-químicos

PARÂMETRO	METODOLOGIA
Temperatura	Termômetro de mercúrio
pH	Eletrométrico
Sólidos Totais	Gravimétrico
Sólidos Fixos	Gravimétrico
Sólidos Voláteis	Gravimétrico
Turbidez	Nefelométrico

Fonte: APHA et al., 2005. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21. ed. Washington: USA: American Public Health Association, 2005.

3.2.1. Sistema de tratamento de águas cinzas

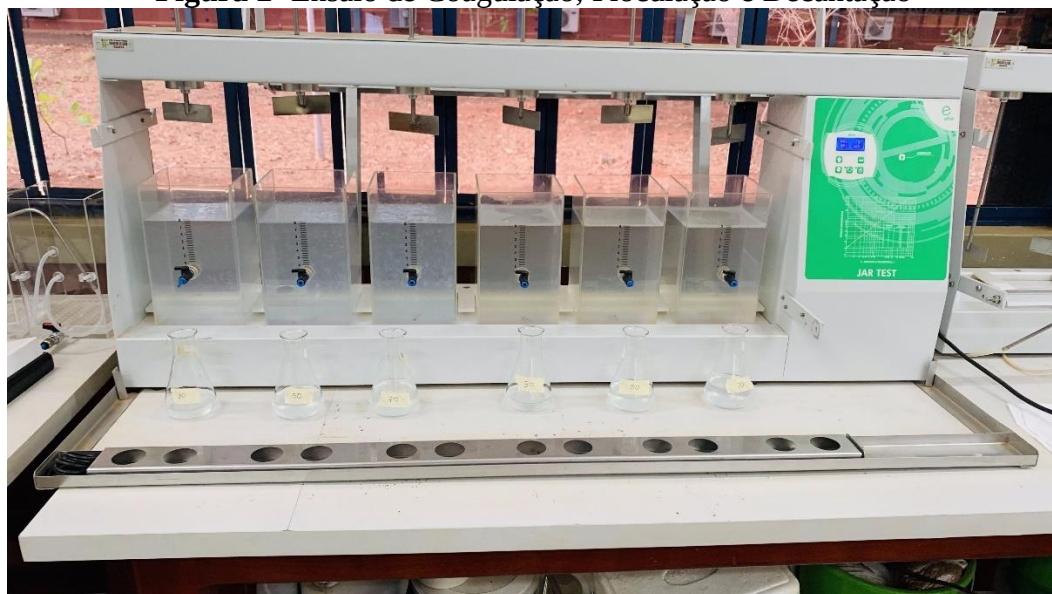
O procedimento para avaliação do processo de tratamento das AC oriundas de lavanderia de Gurupi – TO foi feito por meio de ensaios de tratabilidade da água, chamados ensaios de bancada, processo químico e físico, através coagulação, floculação, flotação e filtração através de meio granular. Os parâmetros principais de controle para avaliação do melhor material filtrante foi, turbidez, sólidos, pH e temperatura. Realizou-se este procedimento metodológico no LARSEN- IFTO/Campus Palmas. Este subdividir se em duas partes: sendo a 1ª Processo de coagulação/floculação/decantação e a 2ª filtração do efluente do sistema de coagulação em filtro de areia.

3.2.2. Coagulação e floculação

A coagulação e floculação consiste em um processo físico-químico formado para que pequenas partículas sejam agregadas formando floculos capazes de entrar em fase de decantação, facilitando assim a extração da água que segue para as etapas seguintes. Os ensaios a que se refere estas etapas foi realizado com aparelho “Jar Test”, Marca Ethiktechnology,

modelo 218-3LDB, apresentado na Figura 2, no LARSENIFTO/Campus Palmas. O equipamento possui dispositivo que permite que a velocidade de rotação da mistura seja controlada. As velocidades de mistura rápida e lenta empregadas nos testes serão de 160 e 30 rpm, respectivamente. Os tempos de mistura rápida e lenta foram de 5 minutos e 30 minutos, respectivamente. O tempo de sedimentação foi de 1 hora. Após o ensaio, as amostras foram coletadas de cada cuba do Jar test para a realização de outros parâmetros físico-químicos, como os de pH, turbidez e sólidos, entre outros.

Figura 2- Ensaio de Coagulação; Floculação e Decantação



Fonte: Autor, 2021

3.3. Sólidos

Lavou-se previamente a cápsula de porcelana como maneira de retirar qualquer impureza para não afetar os resultados. Aqueceu por uma hora em um forno mufla à 500° e em seguida aquecido na estufa a uma temperatura variando entre 103-105 °C. Ao retirar, resfriar até a temperatura ambiente em um dessecador conforme a figura 3b. Após atingir a temperatura, pesa-se a cápsula e anota-se o valor. Homogeneíza-se bem a amostra tendo o cuidado de eliminar previamente os possíveis interferentes. Medir 100 mL da amostra, e transferi-la para a cápsula. Em Seguida colocou-se em banho maria até o processo de Evaporação (Figura 3a) e por fim utilizou a amostra na mufla e na estufa por uma hora. Após a evaporação, levar a cápsula

para o dessecador (figura 3b) e deixá-la esfriar. Em seguida pesa-se novamente a cápsula (figura 3c).

Figura 3- Ensaio Sólidos



Fonte: Autor, 2021

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da água cinza bruta

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos parâmetros mensurados da AC bruta na pesquisa e discutido os valores desses parâmetros obtidos em pesquisas de autores que também tratam de AC provenientes de máquinas de lavar domésticas ou lavanderias.

Tabela 2 - Caracterização da AC bruta de máquinas de lavar.

Variável Analítica	Amostra 01 (com sabão)	Amostra 02 (com amaciante)
pH	7,65	6,29
Turbidez (NTU)	12,3	16,8
Temperatura (°C)	29,7	29,3
Sólidos Totais (mg/l)	677,5	345,0
Sólidos Fixos (mg/l)	554,5	151,5
Sólidos Voláteis (mg/l)	123,0	193,5

Fonte: Autor (2021)

O pH obtido nas amostras de AC (7,65 e 6,29) está dentro do intervalo encontrado por Rampelotto (2014), mas é inferior aos obtidos por Edwin et al. (2014), que é de 9,1; Bazzarella (2005) (9,1); Sostar-Turk et al. (2005) (9,6) e Christova-Boal et al. (1996) (9,3-10). Tais valores de pH de AC depende essencialmente do pH da água de abastecimento local, e em consequência de alguns produtos químicos que contribuem para o seu aumento, como sabão em pó e amaciante coadjuvante para o pH alcalino das amostras de AC (BAZZARELLA, 2005).

Os parâmetros obtidos para turbidez (12,3 e 16,8 µT) foram menores que de por Rampelotto (2014) (49±36), Edwin et al. (2014), (108,6); Bazzarella (2005) (58); Christova-Boal et al. (1996) (50-210). Já os parâmetros de Bazzarella (2005) (1004,0) e Siegrist et al. (1976) apud Eriksson et al. (2002) (1340,0).

4.2. Ensaio de Coagulação, floculação, decantação com Sulfato de Alumínio

O ensaio foi realizado com as 2 amostras de águas cinzas, onde o coagulante empregado foi o Sulfato de Alumínio em concentrações de 30, 50 e 70mL, respectivamente. Observa-se na Tabela 03, que a dosagem de 70mL para a amostra 01 que contém sabão resultou em maior remoção de turbidez. Já para a amostra 02 com amaciante a remoção da turbidez foi satisfatória com a dosagem de 30 mL.

Tabela 3- Caracterização da AC bruta de máquinas de lavar.

Água cinza 200 (mL)	Variável Analítica	Sulfato de Alumínio $Al_2(SO_4)_3$		
		30 mL	50 mL	70 mL
Amostra 01	Temperatura (°C)	-	-	30,5
	Ph	-	-	6,35
	Turbidez (NTU)	21,5	16	8,90
Amostra 02	Temperatura (°C)	29,7	-	-
	Ph	4,33	-	-
	Turbidez (NTU)	5,37	8,83	8,22

Fonte: Autor (2021)

De acordo com Fernandes et. al (2010), o Sulfato de alumínio demonstra maiores remoções de turbidez, quando os valores de pH estão próximos da neutralidade. Nesta pesquisa não foi necessário a correção do pH, pois o mesmo já se encontrava próximo ao neutro.

O parâmetro turbidez obteve uma remoção de (27,64% e 68,03%) nas amostras, isso acontece devido a ação do coagulante Sulfato de Alumínio agir de modo que as partículas que

possuem cargas elétricas negativas em sua superfície, criem uma barreira repulsiva entre si, impossibilitando sua aglomeração. Desta forma, torna-se necessário promover a alteração das características da superfície das partículas através da adição de coagulantes (Amirtharajah & O'Melia, 1990).

A coagulação e a floculação são etapas de grande importância pois possuem relação direta com o desempenho da sedimentação e filtração. A eficiência da coagulação e da floculação é influenciada por fatores como pH, turbidez, alcalinidade, dosagem de coagulante, intensidade de agitação, ponto de aplicação do coagulante, tamanho e distribuição do tamanho das partículas, sólidos totais dissolvidos, cor etc. (Di Bernardo et al, 2002).

Os tratamentos físico-químicos são bastante eficazes na redução de sólidos em suspensão em águas cinzas (Radha et al., 2019, Friedler e Alfiya, 2010), mas menos eficazes na degradação de poluentes de carbono. Além disso, a remoção de elementos e nutrientes da AC como fósforo e amônia também é ineficaz e, portanto, o processo de coagulação é necessário neste tratamento.

4.3. Tratamento do efluente com filtro de areia

Analizou-se os parâmetros de controle obtidos por meio do processo de filtração com resultados dos parâmetros de turbidez e pH após a filtração simples em filtro de areia com dosagem de 70mL de sulfato de alumínio para amostra 01 e 30 mL para amostra 02 (Tabela 4).

Tabela 4- Resultado do Parâmetro de Turbidez (uT) e pH.

Variável analítica	Amostra 01	Amostra 02
pH	7,42	5,22
Turbidez (NTU)	3,60	3,77

Fonte: Autor (2021)

O método de filtro de areia é eficaz para reduzir ST, SF e turbidez. Os filtros de areia são eficazes na redução dos níveis de ST, SF e turvação de águas cinzas acima de 80% (Noutsopoulos et al., 2017 , Radha et al., 2019 , Friedler e Alfiya, 2010). Isso ocorre porque as partículas finas de areia podem remover íons (carga negativa de coloides residuais) usando mecanismos de absorção e troca iônica (Radha et al., 2019). Além disso, a areia tem propriedades hidrofóbicas que podem interagir fortemente com sólidos como o TSS. O filtro de

areia também formará camadas de poros que podem reter sólidos (Juniar et al., 2016). No entanto, o uso de um filtro de areia sozinho, sem quaisquer etapas de sedimentação anteriores para o tratamento de água cinza, exigirá um período mais curto de limpeza do filtro (NOUTSOPOULOS et al., 2017).

Para Friedler & Alfiya, (2010), o filtro de areia em si não é um método eficaz para reduzir os poluentes de carbono em águas cinzas porque a maioria dos elementos de carbono são dissolvidos. A presença de ligações carbono-oxigênio aumentando as propriedades hidrofílicas dos poluentes de carbono. Em geral, a eficácia do filtro de areia para reduzir os poluentes de carbono pode ser aumentada combinando o filtro de areia com o filtro de carbono ativo ou adicionando as etapas de coagulação e sedimentação antes da filtração (Noutsopoulos et al., 2017, Radha et al., 2019).

Como uso do carvão têm-se uma eficiência melhor em virtude das moléculas exercerem forças de adesão uma sobre as outras como também as forças de atração que envolve a superfície do carbono não polar e o contaminante, possuindo assim mais força do que as forças que mantêm o contaminante dissolvido em água. Consequentemente existem dois tipos de interações que controlam a adsorção de compostos orgânicos em carvão ativado, interações químicas e interações físicas (SILVA, 2000).

4.4. Caracterização da água cinza tratada

A Tabela 5 contém os resultados dos parâmetros medidos na AC bruta e os valores desses parâmetros obtidos em pesquisas que também tratam de AC provenientes de máquinas de lavar.

Tabela 5- Eficiência do tratamento da água cinza

Variável Analítica	Amostra 01			Amostra 02		
	AC Bruta	AC Decantada	AC Filtrada	AC Bruta	AC Decantada	AC Filtrada
pH	7,65	6,35	7,42	6,29	4,33	5,22
Turbidez (NTU)	12,3	8,90	3,60	16,8	5,37	3,77
Temperatura (°C)	29,7	30,5	27	29,3	29,7	26,8
Sólidos Totais (mgL ⁻¹)	677,5	-	456,5	345,0	-	149,5
Sólidos Fixos (mgL ⁻¹)	554,5	-	254,0	151,5	-	53,5
Sólidos Voláteis (mgL ⁻¹)	123,0	-	202,5	193,5	-	96

Fonte: Autor (2021)

Conforme mostram a Tabela 05, a amostra 01 de AC obteve remoção de Sólidos Totais (ST) de 32,62%, Sólidos Fixos 54,19% e acréscimo de 63,63% para Sólidos Voláteis. Quanto a amostra 02 houve uma remoção de 56,67% para ST, 64,82 para SF, e 50,34% para SV.

Esse resultado é observado pelo fato que o detergente em pó utilizando na lavagem de roupas, possui uma composição parecida entre as marcas e da mesma forma seus componentes e respectivas concentrações como tensoativo aniônico (alquil benzeno sulfonato de sódio), tamponantes, coadjuvantes, sinergista, corantes, branqueador ótico, fragrâncias, água e carga. Já os amaciantes apresentam cloretos de dialquil dimetil amônio, coadjuvantes, fragrâncias, 1,2 benzotiazolin-3-ona, corante, acidificante e água, segundo dados da ABRAS (2017).

Segundo Zavala e Estrada (2016) o que contribui para a alteração do parâmetro de ST, SF e SV é justificável uma vez que dos produtos analisados é utilizado de forma granular, podendo este fato ter uma influência direta no parâmetro, além de sua maior utilização diferente do amaciante de roupas apresenta um baixo consumo e ele pode não ter sido concentrado uma vez que a lavanderia não informou a marca utilizada.

NBR13969:1997 define as classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos, conforme o reuso para fins de utilização de água não potável:

- **Classe 1:** Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferiores a 200 mgL⁻¹; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mgL⁻¹ e 1,5 mgL⁻¹.
- **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 mgL⁻¹.
- **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 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mgL⁻¹.

Desse modo, a água cinza tratada nesta pesquisa se enquadra como de classe 3, pois as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma coagulação e decantação por meio da adição de Sulfato de alumínio seguido de filtração.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa realizada demonstrou que o processo de filtração pelo filtro de areia foi satisfatório, mas, para um resultado com melhores índices na redução de Sólidos, e turbidez é necessário a realização de filtração por meio de filtro de areia e com carvão ativado.

O coagulante sulfato de alumínio no estágio de coagulação/floculação/decantação da amostra 02 de água cinza foi capaz de remover a turbidez a um nível de 68,03% de remoção, utilizando a dosagem primária(30mL).

Constatou-se, similarmente que a amostra 02 apresenta os melhores resultado na redução de sólidos, com remoção de 56,67% para ST, 64,82 para SF, e 50,34% para SV.

O reuso de águas cinza é menos exigente, que podem ser utilizadas em descargas de sanitários, podem vir a ser uma alternativa local viável para diminuir a influência sobre os recursos hídricos, mas, essa não é o objetivo da pesquisa, pois necessita de análises mais superabundante.

É válido destacar, que para análises futuras faz-se necessário analisar parâmetros de Coliformes Fecais, Oxigênio dissolvido, Condutividade, Alcalinidade e Cloro residual.

REFERÊNCIAS

- ABEDIN, S. B.; RAKIB, Z. B. Generation and Quality Analysis fo Greywater at Dhaka City. *Environmental Research, Engineering and Management*, v. 64, n. 2, p. 29-41, 2013.
- ABRAS, Associação Brasileira De Supermercados. Líderes de vendas. **Superhiper**, São Paulo, v. 43, n. 488, p. 46-217, mar. 2017. Disponível em: <<http://www.abras.com.br/edicoes-antiores/main.php?magid=7>>. Acesso em: 19 abr. 2021.
- AMIRTHARAJAH, A.; O'MELIA, C. R. **Coagulation processes: Destabilization, mixing and flocculation. Water quality and treatment**. 1 ed. Toronto. Ed. McGraw-Hill. 220p. 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626: Instalação Predial de Água Fria**. Rio de Janeiro, 1998.
- AISSE, M.M. et al. **Avaliação do sistema reator RALF e flotação por ar dissolvido, no tratamento de esgoto sanitário**. In: Chemicharo, C.A.L. (Coord). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – Coletânea de artigos técnicos – v. 2, p. 49-58, Rio de Janeiro, 2001. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), 2001.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); **WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF)**. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21.ed., Washington, 2005.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos do Brasil**. 2009. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/abr_nacional.html> Acessado em: 11/11/2021.
- ANGELAKIS, A. N.; SNYDER, S. A. Wastewater treatment and reuse: past, present, and future. **Water**, v. 7, 2015. DOI:10.3390/w7094887.
- BARACUHY, V. S.; PEREIRA, J. P. G.; FERREIRA, A. C.; SILVA, V. F.; NICOLA, S. Eficiência na remoção de coliformes em águas cinza através da fotorremediação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, 2015.
- BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de águas cinza para uso não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, 2005.
- BRASIL - Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília-DF, 1981.
- BRASIL - Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília-DF, 1997.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente (MMA) - Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água. Brasília – DF, 2005.

CARISSIMI, E. **Desenvolvimento do Reator gerador de flocos (RGF): Aspectos teóricos e aplicações no tratamento e reúso de águas e efluentes**. 2007. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais e Metalúrgica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CHEN, G. Electrochemical technologies in wastewater treatment. **Separation purification technology**. v. 38, p. 11-41, 2004.

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

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. 1ed. São Carlos. Ed. Rima, 237p. 2002.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, D. A.; VOLTAN, N. E. P. Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos, São Paulo: LDiBE. 454 p., 2011.

ERIKSSON, E. et al. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**. n. 1, v. 4, p. 85–104, 2002.

FRIEDLER, E., ALFIYA, Y., Physicochemical treatment of office and public buildings greywater. **Water Sci. Technol.** 62 (10), 2357–2363, 2010.

GONÇALVES, R. F.; SIMÕES, G. M. S.; WANKE, R. Reúso de águas cinzas em edificações urbanas. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**. n. 1, v. 3, p. 120-131, 2010.

HANJRA, M. A.; QURESHI, M. E. Global water crisis and future food security in an era of climate change. **Food Policy**. n. 5, v. 35, p. 365–377, 2010.

JUNIAR, H., SAID, M., HARYANTI, S., FAIZAL, M.,. Removal of COD and TSS From Dye Solution Using Sand Filtration and Adsorption. **Indones. J. Fundam. adn Appl. Chem.** 1 (3), 67–71, 2016.

MAIA, J.L.C; BEZERRA, J. F. M. **Aplicação da flotação por ar dissolvido no tratamento dos despejos líquidos industriais**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (CETESB), 1981. Fortaleza, Ceará.

MAY, S. **Caracterização, Tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Noutsopoulos, C., Andreiadakis, A., Kouris, N., Charchousi, D., Mendrinou, P., Galani, A., Greywater characterization and loadings – Physicochemical treatment to promote onsite reuse. **J. Environ. Manage.** 216, 337–346, 2017.

OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey – the new colours of sanitation. **Water** 21, p. 37-41, 2001.

PEPRAH, M. O.; ACHEAMPONG, M. A.; VRIES, N. K. **Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception - a Review.** US National Library of Medicine – National Institute of Health, 2018. Disponível em: . Acesso em: 08 outubro 2019.

RADHA, D., CHIDAMBARAM, S., HARISH, S., Treatment and effective utilization of greywater. **Appl. Water Sci.** 9 (4), 1–12, 2019.

RAMPELOTTO, G. **Caracterização e Tratamento de Águas cinza visando reúso doméstico.** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFSM – Universidade Federal de Santa Maria). Santa Maria – RS, 2014.

SANT’ANA, D. R. (coordenador). **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinza em edificações: padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção.** Relatório Final 1/2017. Universidade de Brasília – Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico. Brasília – DF, 2017.

SOSTAR-TURK, S.; PETRINIC, I.; SIMONIC, M. Laundry Wastewater Treatment Using Coagulation and Membrane Filtration. **Resources Conservation and Recycling.** p. 185-196, 2005.

STIKKER, A. Water today and tomorrow: prospects for overcoming scarcity. **Futures.** n. 1, v. 30, p. 43 – 62, 1998.

ZAVALA, Miguel López; ESTRADA, Eunice Espinoza. The Contribution of the Type of Detergent to Domestic Laundry Graywater Composition and Its Effect on Treatment Performance. **Water**, v. 8, n. 5, p.214-224, 2016.