

**CENTRO ESTADUAL DA EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

Etec DE MAUÁ

Curso: Técnico em Química

Bianca Bataier de Sousa

Esther Vitória do Couto Crisóstomo

Fernanda Alves Lopes

Gabriely Adriani da Silva Lira

Letycia Goltara Lazaro

**Desenvolvimento de um Sistema de Filtração através do
Carvão Ativado e Carbonato de Cálcio para a Adsorção de
Fármacos em Águas de Consumo.**

Mauá

2024

Bianca Bataier de Sousa
Esther Vitória do Couto Crisostomo
Fernanda Alves Lopes
Gabriely Adriani da Silva Lira
Letycia Goltara Lazaro

**Desenvolvimento de um Sistema de Filtração através do
Carvão Ativado e Cálcio para a Adsorção de Fármacos em
Águas de Consumo.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado no Curso Técnico em Química
da Etec De Mauá, orientado pelo Prof.
Jeferson Eduardo Pereira e Prof. Camila de
Souza de Oliveira, como requisito parcial
para obtenção do título de técnico Química.

Mauá
2024

RESUMO

Este trabalho aborda a preocupação crescente com a contaminação de águas residuais por fármacos e propõe o desenvolvimento de um sistema de filtração utilizando carvão ativado e carbonato de cálcio para sua remoção. A metodologia incluiu a seleção e preparação dos materiais, montagem do sistema de filtração, coleta de amostras de água residual e testes de filtração em laboratório. Os resultados demonstraram a eficácia do sistema na remoção de fármacos, com variação de acordo com o tipo de composto e as condições de filtração. A discussão envolveu a comparação com outros métodos de extração, viabilidade e possíveis melhorias. Conclui-se que o sistema abordado apresenta potencial para aplicação na remoção de fármacos em águas residuais, embora necessite de estudos adicionais para otimização e escalabilidade.

Palavras chaves: filtração; fármaco; remoção; águas residuais.

ABSTRACT

This work addresses the growing concern about wastewater contamination by pharmaceuticals and proposes the development of a filtration system using activated carbon and calcium to remove them. The methodology included the selection and preparation of materials, assembly of the filtration system, collection of wastewater samples and filtration tests in the laboratory. The results demonstrated the efficiency of the system in removing drugs, with variation according to the type of compound and filtration conditions. The discussion involved comparison with other removal methods, feasibility and possible improvements. It is concluded that the proposed system has potential for application in the removal of drugs in wastewater, although it requires additional studies for optimization and scalability.

Keywords: filtration, pharmaceuticals, removal and wastewater

Índice de Figuras

<u>Figura 1</u> - Estrutura de um filtro de carvão ativado convencional.....	<u>12</u>
<u>Figura 2</u> - Esquema de adsorção do carvão ativado em processos industriais.	<u>17</u>
<u>Figura 3</u> - Filtração em duas etapas.	<u>20</u>
<u>Figura 4</u> - Filtração simplificada.....	<u>21</u>
<u>Figura 5</u> - Mistura dos reagentes para a filtração.	<u>21</u>
<u>Figura 6 e 7</u> - Análise de limpeza da água.	<u>22</u>

Índice de Tabelas

<u>Tabela 1 – Cálculo de quantificação 1</u>	<u>23</u>
<u>Tabela 2 - Cálculo de quantificação 2</u>	<u>23</u>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO:	7
1.1. RISCOS À SAÚDE HUMANA:	9
1.2. IMPACTOS AMBIENTAIS:	9
2. JUSTIFICATIVA:	10
3. OBJETIVOS:	11
3.1 OBJETIVO GERAL:	11
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO:	11
4. REFERENCIAL TEÓRICO:	12
4.1 FILTRAÇÃO:	12
4.2. ÁGUAS DE CONSUMO HUMANO:	12
4.3 FÁRMACOS:	13
4.4 ANTIBIÓTICOS:	14
4.5 RESISTÊNCIA BACTERIANA:	15
4.6 CARVÃO ATIVADO:	16
4.7 CARBONATO DE CÁLCIO:	17
5.1. REAGENTES/MATERIAIS:	18
5.2. PROCEDIMENTO DE MONTAGEM DO FILTRO:	19
6.1 TESTE 1:	20
6.2 TESTE 2:	20
6.3 TESTE 3:	21
6.4 TESTE 4:	22
7. CONCLUSÃO:	24
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	25

1. INTRODUÇÃO:

Nos últimos anos, o aumento do consumo de medicamentos tem gerado uma preocupação crescente sobre a contaminação das águas residuais por fármacos. A presença desses compostos nas águas pode ter impactos significativos no meio ambiente e na saúde pública. Diante desse cenário, o desenvolvimento de sistemas eficientes de filtração para remoção de fármacos torna-se essencial. Neste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de filtração utilizando carvão ativado e carbonato de cálcio, visando a inibição de fármacos em águas de consumo. Este estudo busca contribuir para a mitigação desse problema ambiental, bem como para o desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis para o tratamento de águas residuais contaminadas por fármacos (KYZAS, *et al*, 2015).

A quantidade total de medicamentos encontrados em água própria para consumo varia de acordo com a região, com o descarte errôneo de medicamentos e das técnicas de detecção utilizadas nos estudos. Não há um número absoluto que represente a quantidade total de medicamentos em todas as águas próprias para consumo (MORGILLO, *et al*, 2021).

No entanto, diversos estudos têm mostrado que uma variedade de medicamentos é detectada em águas próprias para consumo em concentrações que variam de traços a níveis detectáveis. Estes incluem analgésicos, antibióticos, anti-inflamatórios, hormônios e outros compostos farmacêuticos (MORGILLO, *et al*, 2021).

Por exemplo, o estudo “Occurrence and Risk Assessment of Pharmaceuticals in Drinking Water” relatou a presença de medicamentos em concentrações que variaram de ng/L (nanogramas por litro) a µg/L (microgramas por litro) (MORGILLO, *et al*, 2021).

Em um estudo global intitulado “Global Occurrence of Pharmaceuticals in Surface Waters: Sources, Levels, and Potential Risks”, foram encontrados medicamentos em concentrações que variavam de 0,01 a 1.000 ng/L (KUMMERER, 2009).

O filtro desenvolvido nesse projeto representa uma proposta para aplicação em larga escala, visando sua utilização em Estações de Tratamento

de Água (ETA's). O objetivo é assegurar a adsorção de fármacos antes que estes cheguem aos postos de distribuição, contribuindo, assim, não apenas para a saúde humana, mas também para a mitigação de impactos ambientais. Inicialmente, foi construído um filtro em escala residencial, devido às limitações de recursos e infraestrutura escolar; no entanto, o sistema de filtração e tratamento da água seguem os mesmos princípios de um filtro industrial.

A inibição dos medicamentos será feita pelo carvão ativado que de acordo com o artigo "Removal of pharmaceuticals from water and wastewater using adsorbents: A review", tem se mostrado altamente eficaz na remoção de uma ampla gama de fármacos da água, incluindo antibióticos, analgésicos e hormônios. A sua porosidade e a afinidade por moléculas orgânicas possibilitam a retenção eficiente desses compostos, tornando-o um adsorvente promissor para o tratamento de águas residuais contaminadas por fármacos. Além disso, o artigo "Removal of pharmaceuticals and personal care products from wastewater using algae-based technologies: A review" destaca que o carvão ativado é uma das opções mais utilizadas para a remoção de fármacos em águas residuais devido à sua disponibilidade, baixo custo e eficácia comprovada (KUMAR, *et al*, 2021)

O carbonato de cálcio pode adsorver fármacos dentro de um sistema de filtragem principalmente por formar complexos com os fármacos, aumentando assim a afinidade dos compostos farmacêuticos pelo meio filtrante. Além disso, a presença de cálcio pode modificar a carga e a estrutura da superfície do meio filtrante, criando sítios adicionais de adsorção para os fármacos (MANSOUR, *et al*, 2014).

O sistema de filtragem foi concebido com uma camada de carbonato de cálcio e uma camada de carvão ativado, ambas homogeneizadas, montadas em um filtro de ABS, que atua na retenção de resíduos. Este sistema permite um fluxo de água contínuo e um processo automático e eficiente de filtração, garantindo que a água tratada esteja livre de medicamentos assim que a torneira for acionada. Dessa maneira, a água estará em condições ideais para consumo, prevenindo consequências como:

1.1. RISCOS À SAÚDE HUMANA:

- Exposição crônica a baixas concentrações de fármacos pode levar ao desenvolvimento de resistência a antibióticos, tornando tratamentos futuros menos eficazes.
- Alguns fármacos, mesmo em doses muito baixas, podem ter efeitos hormonais, interferindo no sistema endócrino humano e causando disfunções hormonais;
- Efeitos adversos à saúde, como distúrbios gastrointestinais, alterações no sistema nervoso, efeitos cardiovasculares e renais, entre outros (KYZAS, *et al*, 2015).

1.2. IMPACTOS AMBIENTAIS:

- A liberação de fármacos na água pode afetar a vida aquática, causando mudanças no comportamento, reprodução e crescimento de organismos aquáticos;
- Os fármacos na água podem persistir no meio ambiente por longos períodos, contribuindo para a contaminação contínua de recursos hídricos;
- Dessa forma, é essencial o desenvolvimento de um sistema de filtragem, que não permita a adsorção de uma vasta gama de classes medicamentosas, no corpo humano (KYZAS, *et al*, 2015).

2. JUSTIFICATIVA:

O tema do desenvolvimento da pesquisa foi escolhido por motivos de seus impactos no bem-estar da população e principalmente pela falta de informação referente a esses impactos, de acordo com Carvalho (2021) nas águas das ETA's tem-se presença de substâncias farmacológicas, que vão diretamente para o consumo humano, trazendo diversos riscos à saúde, entretanto, este fato não é devidamente conhecido. Dentre os impactos, está a resistência bacteriana que ocorre por alterações em microrganismos causada por antibióticos [PAHO, 2024], este fator é ensejo para o prosseguimento do trabalho.

A proposta é que o sistema seja implementado antes que água chegue ao público ou antes do descarte de resíduos líquidos (em grande escala), como em indústrias e ETA's. Atrelado a isso visa também perpetuar a conscientização sobre o assunto para que a população tenha conhecimento dos riscos envolvidos e da importância de uma boa qualidade da água, assim desenvolvendo um senso crítico.

Direciona-se o estudo a toda e qualquer pessoa que visa prevenir danos causados à saúde, e que tem se preocupado com os impasses da resistência bacteriana na população e na saúde pública. É de suma importância a promoção de consciência ao consumidor.

3. OBJETIVOS:

3.1 OBJETIVO GERAL:

Desenvolver um sistema de filtração eficaz para a remoção de fármacos presentes em águas de consumo, utilizando carvão ativado e carbonato de cálcio, tendendo melhorar a qualidade da água e preservar o meio ambiente.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Desenvolver um sistema de filtração para importação em estações de tratamento de água;
- Proporcionar melhoria na qualidade da água, sem a presença de fármacos.

4. REFERENCIAL TEÓRICO:

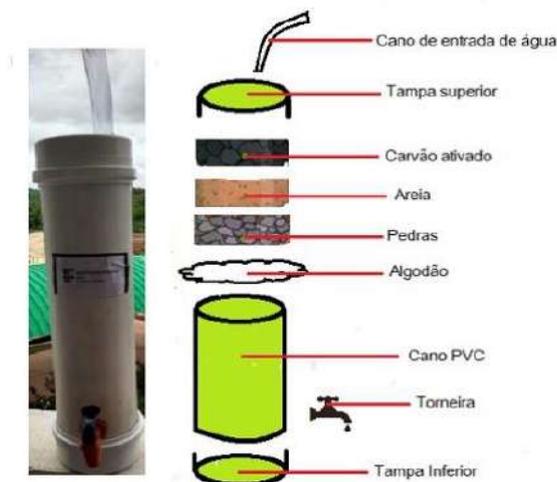
4.1 FILTRAÇÃO:

De acordo com Marques (2023), o processo de filtração visa a remoção de partículas, bem como microrganismos que não foram totalmente removidos durante o tratamento convencional da água (MARQUES, 2023).

Nesse processo, a água é passada por um meio poroso, onde ficam retidas as partículas e microrganismos, o carvão será usado como meio poroso que, devido à sua capacidade de adsorção e suas ligações intermoleculares, são atraídas para a superfície do carvão, onde ficam presos (MARQUES, 2023).

O filtro que será desenvolvido, além de conter carvão ativado, conterà o carbonato de cálcio, que desempenhará um papel importante na estabilização do pH da água, controlando a acidez (SILVA, 2023) e potencializando a ação do carvão ativado na absorção dos fármacos contidos em águas residuais, como mencionado no tópico acima.

Figura 1 – Estrutura de um filtro de carvão ativado convencional.



Fonte: PINHEIRO, *et al.*, 2019.

4.2. ÁGUAS DE CONSUMO HUMANO:

Até o ano de 2030, a ONU (Organização das Nações Unidas), pretende cumprir com 17 ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), objetivos, criados em 2015, que visam melhorar e guiar a humanidade a um desenvolvimento sustentável. Objeto do nosso estudo, a ODS de número 6,

Água Potável e Saneamento, visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos (ONU, 2015).

Sendo assim, o Ministério da Saúde do Brasil (2018), na cartilha sobre a Qualidade da água para o Consumo Humano, relata que a água destinada ao consumo humano deve estar livre de microrganismos patogênicos e de substâncias que possam representar qualquer risco à saúde, estando dentro dos limites máximos permitidos. Além disso, não deve apresentar características que causem aversão à população, como gosto, odor ou cor desagradáveis (BRASIL, 2018).

A assistente do Núcleo da Comunicação e Design da UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), Gabriela Sorice, (2016), declara que o relatório da Organização das Nações Unidas, em 2016, diz que aproximadamente 40% da população global enfrenta a falta de acesso seguro à água potável. Esse cenário se agrava ao considerar os sistemas de tratamento de água e esgoto: mais da metade da população mundial não dispõe de serviços de saneamento adequados. Estima-se que, respectivamente, cerca de 2,2 bilhões e 4,2 bilhões de pessoas em todo o mundo enfrentem essa carência de infraestrutura (SORICE, 2016).

4.3 FÁRMACOS:

Até o momento, estudos realizados identificaram a presença de uma variedade de medicamentos em diferentes ambientes, como águas residuais, águas superficiais e subterrâneas, sedimentos e organismos aquáticos. Esses medicamentos abrangem diversas classes terapêuticas, tais como analgésicos, anti-inflamatórios, antibióticos, antidepressivos, antiepiléticos, bloqueadores betas, reguladores de colesterol, meios de contraste para exames radiológicos, contraceptivos orais, broncodilatadores, agentes citotóxicos e medicamentos veterinários. A presença dessas substâncias em diferentes ambientes destaca a importância da gestão e monitoramento adequados para assegurar a qualidade da água e proteger a saúde pública (GAFFNEY, *et al*, 2014).

Fármacos retirados por carvão ativado podem incluir uma variedade de substâncias, como alguns medicamentos, toxinas ou produtos químicos. No entanto, é importante notar que nem todas as substâncias podem ser

efetivamente removidas por carvão ativado, e a eficácia desse método pode variar dependendo da substância em questão (TEVA.F, *et al*, 2008).

Fármacos que são adsorvidos na presença de carvão ativado:

- I. Analgésicos: Paracetamol (acetaminofeno), salicilatos (incluindo aspirina), opioides.
- II. Sedativos e hipnóticos: Benzodiazepínicos, barbitúricos.
- III. Antidepressivos: Antidepressivos tricíclicos, inibidores seletivos de recaptação de serotonina (ISRSs), inibidores da recaptação de serotonina e noradrenalina (IRSNs).
- IV. Antipsicóticos: Antipsicóticos típicos e atípicos.
- V. Anticonvulsivantes: Carbamazepina, fenitoína.
- VI. Antiarrítmicos: Digoxina, bloqueadores dos canais de sódio.
- VII. Anti-inflamatórios não esteroidais (AINEs): Ibuprofeno, naproxeno.
- VIII. Agentes cardiovasculares: Bloqueadores dos canais de cálcio, bloqueadores betas, antiarrítmicos.

Outros: Anticoagulantes, antidiabéticos, broncodilatadores, entre outros (OLSON, 2010).

As classes medicamentosas que podem ser retirados pelo cálcio formando complexos insolúveis, reduzindo sua absorção no trato gastrointestinal são: as tetraciclina e fluoroquinolonas (antibióticos) e os bisfosfonatos (ASHER, *et al*, 2017).

4.4 ANTIBIÓTICOS:

Antibióticos são definidos como compostos naturais que inibem o crescimento de bactérias, podendo ser bactericidas (quando matam a bactéria) ou bacteriostáticos quando inibem o crescimento de bactérias (GUIMARÃES, MOMESSO E PUPO, 2010). Alguns dos antibióticos mais conhecidos são, amoxicilina, antibióticos da classe tetraciclina, cefalexina, entre outros.

Dados mostram que 90% dos antibióticos ainda ativos vão para o meio ambiente. Deve-se estar em alerta, pois isso interfere diretamente na vida urbana, além desse ponto estar ligado com novas epidemias causadas por

superbactérias resistentes, assunto que vem sendo fortemente pontuado por cientistas da área (ALPACA, 2022)

4.5 RESISTÊNCIA BACTERIANA:

Beber água contaminada com antibióticos pode ter sérias consequências para a saúde. Além de promover o desenvolvimento de resistência bacteriana, a presença desses medicamentos na água pode causar toxicidade aguda ou crônica, afetando órgãos como rins, fígado e sistema nervoso. Além disso, alguns antibióticos podem atuar como disruptores hormonais, interferindo no sistema hormonal humano e causando distúrbios reprodutivos e de crescimento. A exposição a essas substâncias também pode desencadear reações alérgicas, desde sintomas leves até anafilaxia. Além disso, a presença de antibióticos na água pode promover o desenvolvimento de bactérias resistentes no ambiente aquático, afetando ecossistemas e organismos dependentes. Portanto, garantir a segurança da água que se bebe é crucial, envolvendo tratamento adequado e práticas de gestão de resíduos para minimizar a contaminação ambiental. (NUNES, *et al*, 2012).

A resistência bacteriana é um fenômeno complexo em que as bactérias desenvolvem a capacidade de resistir aos efeitos dos antibióticos ou outros agentes antimicrobianos. Esse fenômeno é uma grande preocupação global de saúde pública, pois pode levar ao fracasso do tratamento de infecções bacterianas comuns, tornando-as mais difíceis, e às vezes impossíveis, de tratar. Existem várias maneiras pelas quais as bactérias podem desenvolver resistência aos antibióticos. Uma delas é através de mutações genéticas aleatórias que ocorrem naturalmente durante o processo de reprodução das bactérias. Essas mutações podem conferir às bactérias a capacidade de resistir aos efeitos dos antibióticos. Além disso, as bactérias também podem adquirir genes de resistência de outras bactérias por meio de um processo chamado transferência horizontal de genes. Isso pode ocorrer através de diferentes mecanismos, como a transferência de plasmídeos, que são pequenos pedaços de DNA que podem ser trocados entre bactérias, ou por meio de elementos genéticos móveis, como os integrons, que podem transportar genes de resistência entre diferentes organismos bacterianos (BENJAMIM, *et al*, 2017).

A seleção de cepas bacterianas resistentes também é impulsionada pelo uso indiscriminado e inadequado de antibióticos. O uso excessivo cria uma pressão seletiva sobre as populações bacterianas, favorecendo o crescimento e a disseminação das cepas resistentes. A resistência bacteriana pode ocorrer em qualquer tipo de bactéria e pode afetar qualquer tipo de antibiótico. No entanto, algumas bactérias são naturalmente mais propensas a desenvolver resistência, enquanto certos antibióticos são mais suscetíveis a promover o desenvolvimento de resistência. A resistência bacteriana é uma ameaça crescente à saúde pública em todo o mundo, tornando cada vez mais difícil o tratamento de infecções bacterianas comuns. Para combater esse problema, são necessárias medidas abrangentes (JUNIOR, *et al*, 2017).

A resistência bacteriana pode causar uma série de problemas de saúde para as pessoas, pois torna mais difícil ou até mesmo impossível tratar infecções bacterianas comuns. Isso pode levar a complicações graves e prolongadas, aumentando o risco de morbidade e mortalidade (OLIVEIRA, *et al*, 2008).

4.6 CARVÃO ATIVADO:

O carvão ativado é um material de origem natural proveniente do carbono que tem suas propriedades de adsorção aumentadas. O processo de adsorção dos medicamentos na água de consumo, utilizando carvão ativado como meio filtrante, ocorre devido à alta capacidade do carvão de reter moléculas na sua superfície. O carvão ativado, por sua estrutura altamente porosa, oferece uma vasta área de adsorção, na qual as moléculas dos medicamentos presentes na água são capturadas. Essa interação ocorre principalmente por forças físicas, como as forças de Van der Waals, mas também pode envolver ligações químicas, dependendo da natureza do composto adsorvido e das propriedades do carvão ativado (MUCCIACITO, 2006).

Quando a água contendo medicamentos passa através de um filtro com carvão ativado, as moléculas dos medicamentos se ligam à superfície interna dos poros do carvão. Esses poros são extremamente pequenos (microporos), o que aumenta significativamente a área disponível para adsorção. Devido a essa estrutura, o carvão ativado é altamente eficaz na remoção de contaminantes de

baixa concentração, como resíduos de medicamentos, garantindo a purificação da água (NATURALTEC, 2017).

Nos processos de tratamento de água (Figura 2), esse material já é amplamente utilizado para a remoção de pesticidas, matéria orgânica e outros compostos indesejados desde os anos 1970. O princípio de adsorção de medicamentos segue a mesma lógica, onde o material adsorvente retém substâncias presentes na água, tornando o processo eficiente na remoção de poluentes. Esse mecanismo de adsorção é crucial para garantir a qualidade da água destinada ao consumo humano, especialmente em locais onde há contaminação por resíduos de medicamentos, uma vez que o carvão ativado age como uma barreira que captura e impede a passagem dessas substâncias indesejadas (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2018).

Figura 2 – Esquema de adsorção do carvão ativado em processos industriais.



Fonte: SOUZA, Bruna Ferraz de, *et al.*, 2022.

4.7 CARBONATO DE CÁLCIO:

Conforme Chotoli (2017), o carbonato de cálcio (CaCO_3) é um sal inorgânico que se forma quando a água se torna saturada com íons de carbonato (CO_3^{2-}) e cátions de cálcio (Ca^{2+}). Por causa de sua baixa solubilidade, essas partículas pequenas se juntam, criando uma estrutura sólida que, aos poucos, se organiza e dá origem a um mineral, o cálcio. (CHOTOLI, 2017).

O cálcio, um composto químico natural, tem o potencial de impedir a absorção de medicamentos por meio da formação de complexos insolúveis com o cálcio, como tetraciclinas (PAULA, 2021), fluoroquinolonas, e os bisfosfonatos (ASHER, *et al.*, 2017).

A cal é produzida a partir do carbonato de cálcio (CaCO_3), um mineral abundante na natureza, especialmente em rochas sedimentares. Para obtê-la, o carbonato de cálcio é aquecido em um processo chamado calcinação, que o transforma em óxido de cálcio (CaO) e libera dióxido de carbono (CO_2) (SILVA, 2023).

João Lucas Silva (2023) declara que o óxido de cálcio, mais conhecido como cal virgem, é um pó branco e inodoro, muito reativo. Ele é extremamente útil e é aplicado em várias indústrias, como a de cimento, siderurgia, tratamento de água, além da produção de alimentos, papel, plásticos e produtos químicos (SILVA, 2023).

A cal é bastante utilizada no tratamento de água e efluentes industriais porque ajuda a reduzir a acidez e neutralizar os ácidos presentes, o que torna a água mais segura para ser descartada. Ela também ajuda a remover metais pesados e outros contaminantes indesejados da água e do esgoto, garantindo maior segurança ambiental (SILVA, 2023).

O processo de tratamento de água e efluentes passa por diversas etapas, como coagulação, filtração e desinfecção, nas quais a cal desempenha um papel essencial. Em especial, a cal é muito usada para regular o pH, que é um aspecto crítico para o tratamento eficaz da água. Ao estabilizar o pH, a cal facilita todo o processo de tratamento, além de reduzir a acidez da água, prevenindo, assim, a corrosão de tubulações e equipamentos e prolongando sua vida útil (SILVA, 2023).

5. METODOLOGIA:

5.1. REAGENTES/MATERIAIS:

- 13,35g de Carbonato de cálcio;
- 26,65g de Carvão ativado;

- 2 filtros de polipropileno;
- Filtro material ABS com altura de 18 Centímetros;
- Rosca Conexão: Medida padrão 1/8 como base.

5.1. PROCEDIMENTO DE MONTAGEM DO FILTRO:

Primeiramente, utilizou-se copo de filtro material ABS como base, em seguida, conservou-se o filtro de polipropileno do copo, constituindo a primeira camada. Inseriu-se 26,65g de carvão ativado e 13,35g de carbonato de cálcio em uma única camada. Adicionou-se um filtro de polipropileno na parte superior, fechando o sistema. Constatou-se a durabilidade Média: 1000 litros ou 6 Meses de Uso (ou quando houver redução no fluxo da água).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

6.1 TESTE 1:

No primeiro teste realizado, em dois suportes universais com garra, funil e papel de filtro, realizou-se a filtração separadamente. Diluiu-se o carbonato de cálcio em água e posteriormente passou-se o filtrado para o meio filtrante de carvão ativado representado na Figura 3. O resultado obtido foi satisfatório, pois não houve passagem de resíduos de carbonato de cálcio que inicialmente ficou suspenso em água na primeira filtração.

Figura 3: Filtração em duas etapas.



Fonte: Autoria Própria, 2024.

6.2 TESTE 2:

O segundo teste foi feito em um mesmo suporte universal, garra e dois papéis de filtragem. No filtro em contato com a saída do funil foi adicionado o carvão ativado, por cima dele foi adicionado o filtro com carbonato de cálcio, de modo em que a água passaria primeiramente pelo CaCO_3 em seguida entraria em contato com o carvão ativado simplificando o processo, notou-se que a filtragem foi eficaz, sem apresentar sinais de turbidez.

Figura 4: Filtração simplificada.



Fonte: Autoria Própria, 2024.

6.3 TESTE 3:

No terceiro teste foi unido o carvão ativado e carbonato de cálcio em uma única mistura adicionada no papel de filtro, obteve-se resultados próximos ao do teste anterior, resultando em uma água límpida sem a necessidade de separação dos reagentes.

Figura 5: Mistura dos reagentes para a filtração.



Fonte: Autoria Própria, 2024.

6.4 TESTE 4:

Foi retirada água turva de um lago para a realização do quarto teste, replicou-se o método da análise três para a filtração, onde o carvão e carbonato de cálcio se encontram em uma só mistura, purificando a água analisada e a retirando totalmente sua turbidez e contaminação.

Figuras 6 e 7: Análise de limpeza da água.



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Após os testes realizados notou-se que o teste de melhor desempenho foi o terceiro, onde houve a mistura do carvão ativado e carbonato de cálcio, devido a fatores de praticidade e economia de recursos evitando a necessidade de duas fases.

Para determinação de quantidades dos reagentes, foi levado em consideração os fatores: tamanho do filtro, concentração de fármacos em águas de consumo (0,01 a 1000 ng/L) e capacidade de adsorção do carvão ativado e carbonato de cálcio, sendo ela, de acordo com Silva (2012), 0,1g de carvão ativado adsorve 50mg/L de fármacos em água e 0,05g de carbonato de cálcio inibe 50mg/L (ADAMS, 2002).

Chegou-se no resultado de que é necessário 0,006g de carvão ativado para a efetiva adsorção de medicamentos e 0,003 g de carbonato de cálcio.

Nota-se que houve uma proporção de 2:1 de carvão e cálcio, sendo assim atrelando os cálculos a capacidade do filtro (levando em conta que ele filtrará outras substância presentes na água além dos medicamentos), sendo assim adicionou-se 26,65g de carvão ativado e 13,35g de carbonato de cálcio, atingindo as 40g que o filtro comporta.

Tabelas 1 e 2: Cálculos de quantificação.

Quantidade de medicamentos	Adsorção do cálcio
50 mg/L	0,1 g
1000ng/L	0,003g

Quantidade de medicamentos	Adsorção do carvão
50 mg/L	0,005 g
1000ng/L	0,006 g

Fonte: Aatoria Própria, 2024.

7. CONCLUSÃO:

Em desfecho, o estudo apresentou o desenvolvimento de um sistema de filtração através do carvão ativado e carbonato de cálcio para adsorção de fármacos em águas de consumo, solucionado o impacto da contaminação por fármacos em águas consumidas pela população, contribuindo para a saúde pública e prevenindo futuros problemas relacionados a resistência bacteriana, reunindo a hipótese da eficácia do carvão ativado e cálcio para adsorção de medicamentos em um único sistema capaz de descontaminar a água, que pode ser aplicado em maior escala (ETAs ou grandes indústrias).

Como resultado, concluiu-se que a hipótese foi verificada, sendo ela de suma importância para o desenvolvimento de estratégias capazes de melhorar a qualidade de água para a população, atribuindo a comunidade científica métodos eficazes, promovendo a conscientização de consumidores. Ademais, acredita que é possível a adsorção de fármacos em águas é possível através de um sistema de filtração de baixo custo e que pode ser aplicado em maiores proporções.

Possíveis limitações e pontos pertinentes a avaliação tem congruência com a falta de recursos para testes químicos, pois houve escassez de métodos que avaliassem a concentração de fármacos nas práticas laboratoriais, este fator não se fez empecilho pois a eficiência dos reagentes é comprovada.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ADAMS, Craig et al. Removal of antibiotics from surface and distilled water in conventional water treatment processes. *Journal of environmental engineering*, v. 128, n. 3, p. 253-260, 2002.

BIDU, Nadielle Silva. RISCOS E BENEFÍCIOS DA SUPLEMENTAÇÃO MEDICAMENTOSA DE CÁLCIO NOS IDOSOS. *Infarma - Ciências Farmacêuticas*, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 53–59, 2014.

DOI: 10.14450/2318-9312.v26.e1.a2014.pp53-59. Disponível em: <https://revistas.cff.org.br/infarma/article/view/557>. Acesso em: 22 out. 2024.

BONFIM, Camila Vicente *et al.* Qualidade da água para o Consumo Humano: Cartilha para promoção e proteção da saúde. **Ministério da Saúde**, 2018. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/qualidade_agua_consumo_humano_cartilha_promocao.pdf. Acesso em: 30 abr. 2024.

BOXALL, A. B. A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: What are the big questions? **Environmental Pollution**, v. 152, n. 3, p. 619-624, 2009. DOI: 10.1016/j.envpol.2009.07.006. Acesso em: 29 abr. 2024.

CARVALHO, Ana Carla Coleone de. A presença de fármacos e cafeína em água superficial e destinada ao consumo humano. 2020. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Doi:10.11606/T.6.2021.tde-27012021-150527. Acesso em: 2024-04-23.

CHOTOLI, Fabiano Ferreira et al. Quantificação de polimorfos do carbonato de cálcio cristalizado em laboratório. *Encontro Nacional de Hidráulica de Perfuração de Poços de Petróleo e Gás*, v. 7, n. 2017, p. 1-6, 2017.

COSTA, Anderson Luiz Pena de; JUNIOR, A. C. S. S. Resistência bacteriana aos antibióticos e Saúde Pública: uma breve revisão de literatura. *Estação Científica (UNIFAP)*, v. 7, n. 2, p. 45-57, 2017. Acesso em: 23 abr. 2024

FAUSTINO, Éder. O que é filtração ou filtragem. LinkedIn, 2017. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/o-que-%C3%A9-filtra%C3%A7%C3%A3o-ou-filtragem-eder-faustino>. Acesso em: 23 abr. 2024.

FERREIRA, Ivanir. Resíduos farmacológicos são encontrados em água destinada ao consumo humano. Jornal da USP, 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/residuos-farmacologicos-sao-encontrados-em-agua-destinada-ao-consumo-humano/>. Acesso em: 23 abr. 2024

FISCHER, Helen Caroline Valter et al. Estudo da capacidade de adsorção de carvões ativados comerciais versus tempo de armazenamento. Ciência Florestal, v. 29, p. 1090-1099, 2019. Acesso em: 2024-04-23.

FONTES, Henrique. Unesp cria sensor para detectar antibiótico em rios e esgotos: Solução pode ajudar estações de tratamento a identificarem resíduos de remédios. UNESP, 2021. Disponível em: <https://www.iq.unesp.br/#!/noticia/737/unesp-cria-sensor-para-detectar-antibiotico-em-rios-e-esgotos>. Acesso em: 23 abr. 2024.

GREENFIELD, Emily. Introdução às águas residuais. **Sigma Earth**, 2022. Disponível em: <https://sigmaearth.com/pt/introduction-to-wastewater/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

GU, P. et al. Adsorption of Pharmaceuticals onto Activated Carbon in the Presence of Calcium. Acesso em: 29 abr. 2024.

GU, P. et al. Effect of Calcium Ions on the Adsorption of Pharmaceuticals onto Activated Carbon. Acesso em: 29 abr. 2024.

KHAMIDULLINA, A. et al. Removal of pharmaceuticals from water and wastewater using adsorbents: A review. **Science of the Total Environment**, v. 655, p. 285-307, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.266. Acesso em: 29 abr. 2024.

LIMA, Camila Correa; BENJAMIM, Sandra Cristina Calixto; SANTOS, Rosana Francisco Siqueira dos. Mecanismo de resistência bacteriana frente aos fármacos: uma revisão. *CuidArte, Enferm*, p. 105-113, 2017. Acesso em: 17 abr. 2024

MACEDO, Adriana Nori de; ALMEIDA, Mariana Ramos; QUADROS, Ana Luiza de. Carbonato de cálcio ou cálcio quelado? Elucidando essa dúvida por meio de estudo de caso. *Química Nova*, v. 44, n. 5, p. 659-666, 2021.

MANEES, A. et al. Removal of pharmaceuticals and personal care products from wastewater using algae-based technologies: A review. **Water Research**, v. 171, p. 116098, 2020. DOI: 10.1016/j.watres.2020.116098. Acesso em: 29 abr. 2024.

NUÑEZ, Lidia et al. Riscos à saúde associados com a presença de bactérias resistentes a antibióticos em águas cinzas. *Revista Ambiente & Água*, v. 7, p. 235-243, 2012.

OLIVEIRA, Adriana Cristina de; DA SILVA, Rafael Souza. Desafios do cuidar em saúde frente à resistência bacteriana: uma revisão. *Revista eletrônica de enfermagem*, v. 10, n. 1, 2008. Acesso em: 17 abr. 2024

PERCEVAL, O. et al. Pharmaceuticals in the environment: A review of their occurrence and environmental fate. **Chemosphere**, v. 91, n. 3, p. 265-276, 2013. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2013.04.025. Acesso em: 29 abr. 2024.

RUBERT, K. F. et al. The occurrence, fate, and effects of pharmaceuticals in the environment and their impact on aquatic microbial communities. **Chemosphere**, v. 165, p. 272-287, 2016. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.03.078. Acesso em: 29 abr. 2024.

SILVA, João Lucas. Como a cal é fundamental na indústria?. Gecal, 2023. Disponível em: <https://www.gecal.com.br/como-a-cal-e-fundamental-na-industria>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SILVA, Niléia Cristina da. Remoção de antibióticos da água por meio do processo de adsorção em carvão ativado. 2012.

SORICE, Gabriela. Água Potável e Saneamento. **UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais)**, 2016. Disponível em: <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/agua-potavel-e-saneamento/>. Acesso em: 30 abr. 2024.