



Mariana Scherer

**CARVÃO ATIVADO A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUA
APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA**

Horizontina - RS

2024

Mariana Scherer

**CARVÃO ATIVADO A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUA
APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária na Faculdade Horizontina, sob a orientação da Me. Darciane Eliete Kerkhoff

Horizontina - RS

2024

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**“CARVÃO ATIVADO A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUA
APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA”**

Elaborada por:

Mariana Scherer

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária

Aprovado em: 03/12/2024
Pela Comissão Examinadora

Me. Darciane Eliete Kerkhoff
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Dra. Ana Paula Cecatto
FAHOR – Faculdade Horizontina

Me. Claudia Verdum Viégas
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS
2024**

Dedico esse trabalho a todos que acreditaram em mim e me fizeram ser forte e nunca desistir. A minha família que é meu porto seguro e a todos meus amigos que estiveram comigo nessa jornada.

AGRADECIMENTO

Ao meu coorientador Dr. Augusto Cesar Huppes da Silva que me auxiliou no que foi preciso e esteve presente nos testes iniciais.

A minha professora Dra. Laís Coelho Teixeira Bins que esteve comigo no início do projeto e me ajudou a desenvolver a ideia.

A minha família, minha mãe Cristina Scherer, meu pai Gildor Scherer e minha irmã Júlia Scherer, que me apoiaram no que foi preciso.

A minha amiga Aline Peiter que me ajudou nos testes e sempre esteve comigo no que eu precisava.

Aos meus amigos que de alguma forma me apoiaram e auxiliaram no que foi possível e não me deixaram desistir.

Para todos o meu muito obrigada.

“De nada valem as ideias sem pessoas que possam colocá-las em prática”.

(Karl Marx)

RESUMO

A cana-de-açúcar no Brasil é de grande importância para a economia do país e bastante explorada pelos seus subprodutos produzidos sendo o açúcar e o etanol. Em 2023, o Brasil obteve uma produção de aproximadamente 6,1 milhões de toneladas, porém, o resíduo gerado após a extração do bagaço é muito grande, sendo por estimativa de 250 quilograma de bagaço por tonelada de cana-de-açúcar. Atualmente, 2024, grande parte desse bagaço é utilizado, principalmente em caldeiras, porém, uma parcela significativa ainda é descartada. Assim, o presente trabalho realizou pesquisas e testes para a transformação desse bagaço proveniente da cana-de-açúcar em carvão ativado, este que é utilizado como elemento filtrante em tratamento de água. Para a comprovação da eficiência e durabilidade do carvão ativado desenvolvido a partir do bagaço de cana-de-açúcar foi realizado análises físico químicas e microbiológicas e comparadas com análises de um carvão ativado industrial. Se obteve o carvão ativado oriundo do bagaço de cana-de-açúcar, porém com eficiência menor em comparação com o carvão ativado industrial. Na questão da durabilidade o carvão do bagaço de cana apresentou maior duração dos resultados dentro do padrão estabelecido pela norma.

Palavras-chave: subprodutos, resíduo, elemento filtrante.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bagaço de cana-de-açúcar no preparo.....	27
Figura 2 – Travessas no forno.....	28
Figura 3 – Forno industrial.....	28
Figura 4 - Filtros de água.....	30
Figura 5 – Amostras ACAB.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – ciclo 09/10.....	31
Quadro 2 – ciclo 19/10.....	31
Quadro 3 - ciclo 26/10.....	32
Quadro 4 – ciclo 05/11.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – análise pH	33
Gráfico 2 – Análise de turbidez	35
Gráfico 3 – SDT	36
Gráfico 4 – Análise condutividade	36
Gráfico 5 – Análise ferro total	37
Gráfico 6 – Análise cloretos	38
Gráfico 7 – Análise de cloro livre	39
Gráfico 8 – Análise de alcalinidade	39
Gráfico 9 – Análise de dureza	40

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

AB – Água Bruta;

ACAB – Água carvão ativado do bagaço;

ACAI – Água carvão ativado industrial;

STD – Sólidos totais dissolvidos;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA	13
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	14
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.4 JUSTIFICATIVA	14
1.5 OBJETIVOS	15
1.5.1 Objetivo geral	15
1.5.2 Objetivos específicos	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 CANA-DE-AÇÚCAR	16
2.2 BAGAÇO	17
2.3 CARVÃO ATIVADO	18
2.4 ADSORÇÃO	18
2.5 TRATAMENTO DE ÁGUA	19
3 METODOLOGIA	22
3.1 LOCAL DE ESTUDO	22
3.2 PREPARO E LIMPEZA DO BAGAÇO	22
3.3 CARVÃO ATIVADO	22
3.4 CONFIRMAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO	22
3.5 FILTRO DE ÁGUA	23
3.6 ANÁLISES MICROBIOLÓGICA	23
3.6.1 Aeróbios mesófilos/contagem global	23
3.6.2 Coliformes totais e termotolerantes	23
3.7 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	24
3.7.1 pH	24
3.7.2 Turbidez	24
3.7.3 Sólidos Totais Dissolvidos	24
3.7.4 Condutividade	24
3.7.5 Ferro total	25
3.7.6 Cloretos	25
3.7.7 Cloro livre	25
3.7.8 Alcalinidade	25
3.7.9 Dureza	26
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	27
4.1 LIMPEZA E PREPARO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR	27
4.2 CARBONIZAÇÃO	27
4.3 ATIVAÇÃO DO CARVÃO	28
4.4 CARVÃO ATIVADO INDUSTRIAL	29
4.5 CONFIRMAÇÃO DA ATIVAÇÃO DO CARVÃO	29
4.6 FILTROS DE ÁGUA	29
4.7 ANÁLISES LABORATORIAIS	30
4.7.1 Primeiro ciclo	31
4.7.2 Segundo ciclo	31
4.7.3 Terceiro ciclo	32
4.7.4 Quarto ciclo	32
4.8 EFICIÊNCIA	33
4.8.1 Análises microbiológicas	33
4.8.2 pH	33

4.8.3 Turbidez	34
4.8.4 Sólidos Totais Dissolvidos	36
4.8.5 Condutividade.....	36
4.8.6 Ferro total.....	37
4.8.7 Cloretos.....	38
4.8.8 Cloro livre.....	38
4.8.9 Alcalinidade	39
4.8.10 Dureza	40
4.9 DURABILIDADE	40
CONSIDERAÇÃO FINAL	42
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar para o agro brasileiro é de extrema importância devido a sua alta produção e exportação, conquistando ao Brasil, em escala mundial, 30% de participação e lucro superior a oito bilhões de dólares, com dados do ano de 2020. Isso se deve ao seu alto valor comercial devido ao açúcar e etanol gerados por ela, se tornando indispensável no cenário urbano atual (Embrapa, 2022). Porém, após a extração do óleo e dos principais componentes, o bagaço se torna um subproduto gerado em grandes quantidades e pouco aplicado, sendo em sua maioria considerado resíduo sólido e conseqüentemente não utilizado (Sarmiento, 1999).

O bagaço da cana apresenta em sua estrutura fibras naturais, o que pode se tornar uma alternativa para inúmeras aplicações do resíduo gerado, como exemplo de suas principais utilizações se encontra o uso nas caldeiras para geração de energia e parte de material para a produção de papel (Campos, 2014).

Além disso, estudos mostram ser possível transformar o bagaço da cana em um tipo de carvão ativado, para posterior utilização no tratamento da água, em substituição ao carvão ativado comercial (Soares, 2014). Segundo o autor, o bagaço da cana pode ser transformado em carvão ativado a partir da queima do material com substâncias químicas, fazendo com que ele adquira características similares ao carvão comercial, ou seja, capacidade de adsorção de materiais orgânicos. Esta característica resulta na purificação da água, sendo uma das etapas seguidas para a limpeza até estar potável.

Contudo, para uma água ser considerada pura e livre de contaminação é recomendado que este passe por um tratamento adequado e posteriormente por um filtro (Bellingieri, 2006). Porém, os filtros utilizam do carvão ativado industrial em sua constituição, sendo uma alternativa não sustentável e com pouca durabilidade.

Assim, o objetivo do presente trabalho consiste em uma alternativa de uso para o resíduo sólido gerado a partir da retirada do caldo da cana-de-açúcar, ou seja, o bagaço. Trazendo o desenvolvimento do carvão ativado vindo do bagaço da cana-de-açúcar e implementado em um filtro de água a fim de comprovar a sua eficiência.

1.1 TEMA

Carvão ativado de bagaço da cana-de-açúcar no tratamento de água.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Produção de carvão ativado a partir do bagaço da cana-de-açúcar e a sua utilização em um filtro no processo de tratamento de água.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

De que forma o bagaço da cana-de-açúcar descartado como resíduo sólido pode ser reaproveitado e utilizado para a substituição de carvão ativado industrial no processo de tratamento de água?

O carvão ativado produzido a partir do bagaço da cana-de-açúcar, utilizado em um filtro de água, possui a mesma eficiência e durabilidade de um filtro produzido com carvão ativado industrial?

1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) publicados no ano de 2023, o Brasil apresentou a maior produção de cana-de-açúcar nos anos de 2020/2021, tendo uma safra média de 654,5 milhões de toneladas, que foram destinadas para a produção de açúcar e etanol. No entanto, no processo produtivo de derivados da cana-de-açúcar o bagaço é um resíduo gerado em grande quantidade e pouco utilizado como subproduto em outras cadeias produtivas (Gonçalves, 2006).

Uma alternativa para o aproveitamento do bagaço da cana-de-açúcar é a transformação do mesmo em carvão, podendo ser ativado quimicamente, e assim, apresentando uma boa capacidade de adsorção pela conta da quantidade de poros distribuída por toda sua superfície (Abreu, 2015).

Atualmente, o carvão ativado é um dos principais componentes presentes no processo de tratamento de água biológico, atuando como adsorvente de materiais orgânicos, além de influenciar no gosto e odor gerado pelos compostos. Porém, no Brasil o carvão ativado utilizado é 90% das vezes exportado e industrializado (Westphalen, 2016).

Frente ao exposto, a substituição do carvão ativado comercial por um carvão alternativo, produzido a partir de um subproduto da cadeia produtiva da cana-de-açúcar se torna uma opção interessante, principalmente pelo apelo sustentável e ecológico.

Assim, o presente projeto tem-se como justificativa uma alternativa de subproduto para o bagaço gerado a partir da produção de suco de cana-de-açúcar, sendo o desenvolvimento de carvão ativado feito com o mesmo e aplicado em um modelo de filtro de água caseiro como um tratamento de água realizado através de biossorvente.

1.5 OBJETIVOS

Decisivo e simples, os objetivos servem para esclarecer e identificar o que se deseja alcançar ao decorrer da pesquisa (Severino, 2002).

1.5.1 Objetivo geral

Desenvolver carvão ativado a partir do bagaço da cana-de-açúcar e comparar sua eficiência e durabilidade com um filtro caseiro visando ser uma alternativa de tratamento como biossorvente.

1.5.2 Objetivos específicos

Destaca-se como objetivos específicos os seguintes tópicos:

- Analisar as características físicas do carvão ativado;
- Desenvolver um filtro de água utilizando o carvão ativado feito a partir do bagaço da cana-de-açúcar;
- Analisar a durabilidade e eficiência do elemento filtrante (carvão ativado), a partir de análises físico-químicas e microbiológicas, comparado com um mesmo filtro utilizando o carvão ativado industrial;

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CANA-DE-AÇÚCAR

Com o nome científico de *Saccharum officinarum*, a cultura de sua plantação movimentou o país desde o Brasil Colônia em que era o principal produto comercializado para o exterior e a base das plantações agrícolas com maior lucro. Atualmente, 2024, a cana-de-açúcar continua sendo uma mercadoria altamente explorada e de importância financeira para o Brasil (Yogitha,2020).

Para sua plantação e crescimento serem efetivos, a cana-de-açúcar é uma planta que cresce em meio silvestre e necessita de grandes quantidades de água durante seu ciclo, além da planta semiperene conseguir armazenar sacarose, elevando sua importância (Sobrinho, 2019).

Conforme dados do levantamento de todas as unidades produtoras do país realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) da safra 2022/23, publicados em abril de 2023, a produção no Brasil foi de aproximadamente 6,1 milhões de toneladas, com as regiões centro-sul representando mais de 60% desse número (com 5,5 milhões de toneladas), e com um aumento de 5,4% da última safra registrada (que foi baixa por questões climáticas enfrentadas ao decorrer do período de 2021/22).

Com os mesmos dados do quarto levantamento da CONAB, 2023, os principais subprodutos que a produção é destinada se deve pelo açúcar, com uma produção de 37 milhões de toneladas e aumento de 6% da última safra, e do etanol (anidro e do combustível hidratado) como produção de biocombustível, com um número estimado de 27 bilhões de litros e aumento de cerca de 4% da última safra.

O açúcar é utilizado pela maioria da população no cotidiano, seja para receitas e consumo próprio. Nas indústrias o açúcar está presente no desenvolvimento do chocolate, adoçante, balas, bolachas, entre outros. O setor açucareiro se expande a cada ano e seus usos são explorados pelo setor alimentício (Levi, 2009).

O etanol, produzido a partir da cana-de-açúcar, se tornou um produto comercializado por conta da crise petrolífera nos anos 70, que foi preciso para suprir as demandas de combustível do país e derivados do petróleo, e se tornou um produto altamente comercializado para o exterior, tornando o Brasil o país como maior exportador e o segundo com maior produção do álcool anidro e hidratado, ficando apenas atrás dos Estados Unidos (Levi, 2009)

2.2 BAGAÇO

Após a extração do caldo da cana-de-açúcar para a produção dos produtos principais (açúcar e etanol) e passar pelo processo de moagem, o que resta de material orgânico consiste na palha e no bagaço. Segundo Silva (2010) a cada uma tonelada de cana-de-açúcar produzida gera um total de 250 quilogramas de bagaço.

Esse material por sua vez pode produzir subprodutos por conta de ser constituído de celulose e lignina e sua composição química, rica em nutrientes e fibras mesmo após a extração do caldo. Além disso, o bagaço possui diversas funcionalidade, passando por processos como a queima ou extração (Gouveia, 2009).

Pela produção abundante de cana-de-açúcar no território brasileiro, o bagaço se torna o maior resíduo proveniente da agroindústria gerado. Seu principal uso se dá pelas próprias usinas, que utilizam o bagaço como fonte de alimentação das caldeiras e fonte de energia. Porém segundo Teixeira (2007) cerca de 20% do bagaço não recebe uma destinação e aproveitamento necessário.

Outra forma de sua utilização é o desenvolvimento de concreto a partir das cinzas geradas pela queima do bagaço nas caldeiras, em que se estima que do bagaço gerado e passa nas caldeiras, cerca de 25 quilogramas de cinza são gerados. Segundo pesquisa de Campos, 2014, ao passar por um processo de aquecimento (entre 600°C a 800°C) a cinza se torna um material com as características da constituição do concreto, podendo substituir o cimento.

Para seu aproveitamento total, são realizados diversos estudos e pesquisas sobre formas de utilizar o bagaço da cana-de-açúcar. Conforme Teixeira (2007) após o bagaço passar por um processo físico com vapor e pressão elevados, o material apresenta valor nutritivo suficiente para ser inserido na alimentação de bovinos, com o objetivo do ganho de peso do animal.

Na China, que corresponde ao segundo país com maior produção de cana-de-açúcar e conseqüentemente de resíduo orgânico gerado, o bagaço é destinado para a fabricação de papel, por ser constituído de material fibroso, em sua maioria e na produção de eletricidade por possuir um alto poder calorífero (Campos, 2014).

Em pesquisas mais recentes, o bagaço da cana-de-açúcar tem sido transformado em carvão ativado após sua queima e ativação, com um solvente, e utilizado para a adsorção de materiais orgânicos, metais e ácidos. Segundo, Almeida, 2021, que realizou um estudo e desenvolvimento do carvão ativado proveniente do

bagaço da cana e ativado com cloreto de zinco, apresentou eficiência para a adsorção do ácido málico.

2.3 CARVÃO ATIVADO

Podendo ser visto como ingrediente em pastas de dente, para a remoção de cárie e limpeza do esmalte do dente, ou nas farmácias para desintoxicação intestinal. As propriedades presentes no carvão ativado fazem ele ser um produto de grande importância e comercializado em diversos setores e áreas (Costa, 2015).

Caracterizado por ser um material poroso, o carvão ativado é constituído de poros formados pela mistura do carbono com oxigênio, o que faz com que o material adsorva, ou seja, grude/retém em sua superfície materiais orgânicos em nível microscópico, além de diversos contaminantes e substâncias químicas (Costa, 2015).

Utilizado principalmente em meios aquosos por conta de sua estrutura física, o carvão ativado é um material que necessita de manutenção e troca e é usado para diversos fins e produtos (Costa, 2015).

Para sua produção, o bagaço da cana-de-açúcar é uma alternativa, por apresentar material fibroso em sua constituição e ter alto poder calorífero, o que é uma característica presente no carvão ativado (Gonçalves, 2006).

O principal uso do carvão ativado é visto no tratamento de água para consumo humano. Sendo utilizado em tratamento biológico de água presente em estação de tratamento de água (ETA) ou em filtros comerciais usados em residências (Westphalen, 2016).

O carvão ativado empregado a um processo de tratamento ou filtração de água tem como objetivo a remoção da matéria orgânica, além de diminuir o odor e resíduos que geram uma tonalidade diferente para a água. Além disso, ele também é responsável por remover uma parte do cloro para que ao final do processo a água fique sem micro-organismos patogênicos sem ficar clorada (Westphalen, 2016).

2.4 ADSORÇÃO

A adsorção corresponde a um material poroso que é muito utilizado como componente de elemento filtrante no processo de purificação de água e efluentes, por conta do acúmulo da matéria pela sua superfície. Ela corresponde a um fenômeno

físico e químico em que ocorre a transferência de substâncias presentes no líquido ou em gases para um sólido poroso com a sua superfície adsorvente (Bonassa, 2017).

Para um material poder ser considerado adsorvente ele depende de condições especiais, como a sua estrutura molecular e/ou polaridade. Além disso o tamanho das partículas e poros influencia no que irá ser transferido para a superfície (Bonassa, 2017).

Outros fatores que afetam no seu processo de adsorção está a temperatura que se relaciona com a velocidade e a capacidade de adsorção. Conforme Nascimento, 2020, uma temperatura alta resulta na diminuição da viscosidade do fluido, além de aumentar de forma gradativa a energia cinética, assim, afetando na sua mobilidade e tamanho dos poros.

No processo de adsorção de um sistema líquido-sólido as impurezas presentes na fase líquida irão ser transferidas para a superfície do material sólido (que possui capacidade de adsorção), este que irá acumular em toda a camada superficial (Duarte-Neto, 2014).

2.5 TRATAMENTO DE ÁGUA

Conforme Braga, 2002, a qualidade da água está associada as suas características físicas, químicas e biológicas, em que, se considera uma água adequada aquela que possa ser consumida pela população e animais, e assim sendo necessário que esteja dentro dos valores estabelecidos pela resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e passe pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

Uma água limpa não pode ser definida apenas por parâmetros visuais, como sua cor. Para isso são analisados os parâmetros físicos, que são caracterizados pela percepção e sentidos humanos, como odor, gosto, cor e se possui sólidos presentes em seu interior. Para uma água ser considerada potável ela não deve possuir cheiro e nem gosto, além de ser transparente e sem partículas orgânicas visíveis a olho nu (Santos, 2017).

São consideradas características físicas também a turbidez, que corresponde na passagem de luz pelo líquido, em que partículas presentes podem alterar e absorver parte. E condutividade, que é a capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica, em que é determinada pela associação e ligação com ânions e cátions (Santos, 2017).

As características químicas da água correspondem aquelas que não podem ser vistas e está ligada à sua estrutura química. São parâmetros analisados nessa categoria o potencial hidrogeniônico (pH) que varia em uma escala de 0 a 14, em que se é caracterizado se a água é ácida (abaixo de 7), neutra (igual a 7) ou básica (a cima de 7). Interligado ao pH a alcalinidade, causada por um potencial hidrogeniônico mais alto, é a capacidade da água de neutralizar e não mudar seu pH quando adicionados ou em contato com substâncias ácidas (Cunha, 2012).

Outros parâmetros químicos da água são a dureza, que corresponde aos minerais presentes na água, sendo os principais cálcio e magnésio, e é classificada como mole ou dura dependendo da quantidade de carbonato de cálcio presentes em sua molécula. Cloretos é outro parâmetro ligado aos minerais e sua dissolução (Cunha, 2012).

Ferro, manganês, nitrogênio e fósforo são outros parâmetros que devem ser monitorados e tratados para estarem nos valores definidos na legislação. A água também possui em sua estrutura oxigênio dissolvido (OD) e o seu consumo desestabiliza e torna a água inapropriada, por isso, são utilizados indicadores de matéria orgânica como a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), com ação de bactérias aeróbias, e a demanda química de oxigênio (DQO), com ação de agente químico (Cunha, 2012).

Segundo Santos (2017) outro parâmetro analisado para caracterizar uma água em potável são os microbiológicos, referentes as bactérias, patogênicas ou não, presentes. Os principais indicadores de contaminação fecal e presença de compostos orgânicos e infecciosos são pelos coliformes totais (CT) e termotolerantes, ou *escherichia coli* (EC), e aeróbios mesófilos.

Atualmente, 2024, com as poluições hídricas e aumento populacional a água potável deixou de ser um recurso natural viável e para a água seguir todos os padrões estabelecidos nos parágrafos a cima e estar no enquadramento de água potável é necessário passar por um tratamento (Reali, 2019).

Presente nas cidades com rede de distribuição para as casas, as estações de tratamento de água superficial fazem com que a água passe por uma série de etapas até a remoção de substâncias patogênicas e fora do padrão para ser abastecida nas casas. A água passa pelo processo de coagulação, floculação, filtração e sedimentação para a remoção da matéria orgânica e partículas sólidas presentes. Os passos seguintes são para a desinfecção e correção do pH (Bittencourt, 2014).

Os filtros constituídos com carvão ativado servem como um tratamento avançado para a água, afim de remover impurezas e ajudar na remoção de odor e sabor presentes, além de deixar a água mais transparente e menos clorada (Westphalen, 2016).

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE ESTUDO

Localizado em um canavial em Três de Maio - RS, na localidade de Flor de Maio, com coordenadas 3 27°47'44.1"S 54°13'08.1"W. Com menos de 1 hectare de plantação, a cana-de-açúcar é utilizada para fazer guarapo.

3.2 PREPARO E LIMPEZA DO BAGAÇO

O bagaço de cana-de-açúcar passa por um pré-tratamento conforme metodologia de Ferreira, 2017. Após o bagaço ser cortado em pequenos pedaços, é lavado com água destilada e mantido submerso e em agitação durante uma hora. Posterior, é levado a uma estufa a 110°C por um dia para secagem.

3.3 CARVÃO ATIVADO

Com o bagaço já limpo, ele passa pelo processo de carbonização em mufla a 400°C por uma hora. Após a carbonização sem vestígios de cinzas o carvão passa pelo processo de ativação.

Para a ativação é realizada uma mistura física sobre maceração de 3 gramas de Hidróxido de Sódio (NaOH) e 2 gramas do carvão, e posteriormente um tratamento térmico de ativação, em mufla a 400°C por uma hora. Após resfriamento o carvão passa por uma limpeza que consiste na sua diluição em 200 ml de água destilada sobre agitação constante durante 20 minutos, e em seguida sua filtração. O carvão ativado já lavado é seco em estufa a 105°C durante meio dia (Schettino, 2004).

3.4 CONFIRMAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO

Conforme Nobre (2015) o teor de cinza baixo é um indicativo positivo na produção do carvão ativado, tornando ele mais apto conforme maior teor de carbono e menor de cinzas.

A análise de resíduo por incineração-cinzas é realizada a partir da metodologia de Baird (2017) em que é utilizado 5 gramas da amostra e aquecida em uma mufla a uma média de 550°C , após é passada por resfriamento até chegar a temperatura ambiente. O procedimento é repetido até as cinzas ficarem na coloração branca ou

ligeiramente acinzentadas e possuírem peso constante. Após, os dados são passados para a fórmula: $\frac{100 * N}{P} = \text{cinzas por cento m/m}$ Em que:

$$\frac{100 * N}{P} = \text{cinzas por cento m/m}$$

P= peso amostra em gramas.

N= nº de gramas em cinzas.

3.5 FILTRO DE ÁGUA

A construção dos filtros de água segue a ordem dos elementos filtrantes conforme Pinheiro (2019). Em que o carvão ativado é representado como primeiro elemento filtrante estando na superfície, após uma camada de areia fina e posterior uma camada de areia grossa (ou cascalho). No fundo do filtro, após a areia grossa, sendo constituído de algodão.

As medidas dos elementos filtrantes seguem metodologia de Costa (2022) em que sua montagem original é de 2,5 gramas de carvão ativado; 7,5 gramas de areia fina; 12,5 gramas de areia grossa e algodão (sem limite de peso).

3.6 ANÁLISES MICROBIOLÓGICA

As análises microbiológicas seguem metodologia de Silva (2007) para a contagem global de aeróbios mesófilos e Avril (2009) para coliformes totais a 30°C e termotolerantes a 44°C. Comparadas com o padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021.

3.6.1 Aeróbios mesófilos/contagem global

Utilizando o meio de cultura ágar PCA, o método é por superfície com 0,1 ml de amostra e com diluições iniciais de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} com a leitura e contagem de todas as colônias presentes após um dia em estufa de 30° C. O resultado é expresso em UFC/ml.

3.6.2 Coliformes totais e termotolerantes

Utilizando o meio de cultura ágar VRB, o método é por profundidade inserindo 1 ml da amostra na placa de petri vazia e derramando em média 20 mL do meio de cultura. As placas ficam armazenadas em estufa a 30° C (coliformes totais) e a 44°C

(coliformes termotolerantes) por um dia, e após são contabilizadas as colônias da coloração roxa. O resultado é expresso em UFC/ml.

3.7 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises seguem padrão de Baird (2017) comparadas com o padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021.

3.7.1 pH

Realizada em duplicata com a amostra distribuída em 3 béqueres e lida no medidor de pH PROX P1000.

3.7.2 Turbidez

Realizada em duplicata após a calibração com o turbidímetro digital com registro. O resultado é expresso com a unidade de medida NTU.

3.7.3 Sólidos Totais Dissolvidos

Realizada em duplicata, em primeiro momento filtrando 250 ml da amostra e transferindo 90 ml para um cadinho vazio (esse já tendo sido aquecido a 1 hora na estufa a 180°C). O cadinho ficando na estufa a 170°C até a completa evaporação da amostra. Após, pesar o cadinho em temperatura ambiente e aplicar na

fórmula: $mg \text{ de sólidos totais dissolvidos/L} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{volume de amostra em mL}}$

$$mg \text{ de sólidos totais dissolvidos/L} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{volume de amostra em mL}}$$

Em que:

A = peso final de resíduo seco + cadinho, mg

B = peso do cadinho, mg.

3.7.4 Condutividade

Realizada em duplicata após a calibração do condutivímetro digital portátil PHOZ C50. O resultado é expresso com a unidade de medida uS/cm.

3.7.5 Ferro total

Com a amostra homogeneizada, é transferida 50 ml para um erlenmeyer e adicionado 2 ml da solução de HCl concentrado e 1 ml da solução hidroxilamina. O conteúdo do erlenmeyer é aquecido até reduzir o volume em 20 ml e após (em temperatura ambiente) é transferido para um balão volumétrico de 50 ml e completado com 1 ml da solução tampão, 4 ml da solução de fenantrolina e água deionizada.

Após a homogeneização a amostra é lida no espectrofotômetro UV-VIS, com o comprimento de onda de 510 nm.

3.7.6 Cloretos

Realizada em duplicata, utilizando 100 ml da amostra com 1 ml da solução indicadora de cromato de potássio e titulada com a solução de nitrato de prata até o surgimento de precipitado vermelho escuro. Ao final, calculado o resultado de cloretos pela fórmula:

$$mgCl/L = \frac{(A - B) * M * 35453}{V_{am}}$$

Onde:

A = volume da solução de AgNO₃ gasto para titular a amostra, em ml

B = volume da solução de AgNO₃ gasto para titular o branco, em ml

M = concentração molar da solução de AgNO₃

V_{am} = volume utilizado na amostra, em ml

3.7.7 Cloro livre

Realizada em duplicata com o fotômetro de cloro livre e total da marca Hanna, após a sua calibração. O resultado é exibido em mg/L de cloro (Cl₂).

3.7.8 Alcalinidade

Realizada a partir da titulação de 50 ml da amostra com 3 gotas da solução indicado verde de bromocresol verde-vermelho de metila. Titulada com a solução de ácido sulfúrico 0,02N até a mudança de coloração para róseo. O que foi titulado é multiplicado por 20 e se tem o resultado de alcalinidade.

3.7.9 Dureza

25 ml da amostra é diluída em um balão de 50 ml (completado com água deionizada) e ajustado seu pH para a faixa de 10, após é adicionada uma pequena porção do indicador negro de eriocromo e titulada com a solução EDTA até sumir a coloração avermelhada. Os dados são inseridos na fórmula:

$$EDTA \text{ em } mg \text{ CaCO}_3/L = \frac{A * B * 1000}{mL \text{ de amostra}}$$

Em que:

A = ml de titulação para a amostra.

B = mg de CaCO₃, equivalente a 1,00 ml de titulante de EDTA.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 LIMPEZA E PREPARO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

No dia 25 de agosto de 2024, domingo, foram coletados cerca de 10 quilogramas de bagaço de cana-de-açúcar, logo após a retirada do seu caldo. A amostra foi doada pelos donos de um pequeno canavial localizado em Flor de Maio – RS.

O bagaço já cortado e limpo pode ser visto na Figura 1:

Figura 1 – Bagaço de cana-de-açúcar no preparo



Fonte: Autora, 2024

4.2 CARBONIZAÇÃO

Nos dias 28, 29 e 30 de agosto de 2024 o bagaço já seco foi separado e espalhado em travessas de metal e encapados com papel alumínio, colocadas em um forno industrial da marca Venâncio durante uma hora após atingir a temperatura média de 350°C, até que o bagaço se transformasse em carvão (descartando as partes que viraram cinzas ou que pegou fogo). O processo pode ser visto nas imagens abaixo denominadas Figura 2 e Figura 3:

Figura 2 – Travessas no forno



Fonte: Autora, 2024

Figura 3 – Forno industrial.



Fonte: Autora, 2024

A amostra foi resfriada em temperatura ambiente e armazenada em béqueres para as posteriores etapas do processo.

4.3 ATIVAÇÃO DO CARVÃO

A ativação do carvão foi realizada nos dias 31 de agosto de 2024 e no dia 3 de setembro de 2024.

O procedimento foi repetido 8 vezes e se obteve um total de 32 gramas de carvão ativado.

4.4 CARVÃO ATIVADO INDUSTRIAL

O carvão ativado industrial utilizado foi da marca “EXÔDO CIENTÍFICA”, com especificações sendo um carvão ativo granulado (1-2) MM, tendo 1 quilograma presente no frasco e peso molecular de 12,01 g/mol.

4.5 CONFIRMAÇÃO DA ATIVAÇÃO DO CARVÃO

A análise de cinza foi realizada no dia 7 de novembro de 2024 no laboratório de química geral da Faculdade de Horizontina – FAHOR. Foi realizada a análise de cinzas do carvão ativado produzido a partir do bagaço de cana-de-açúcar e com o carvão ativado industrial.

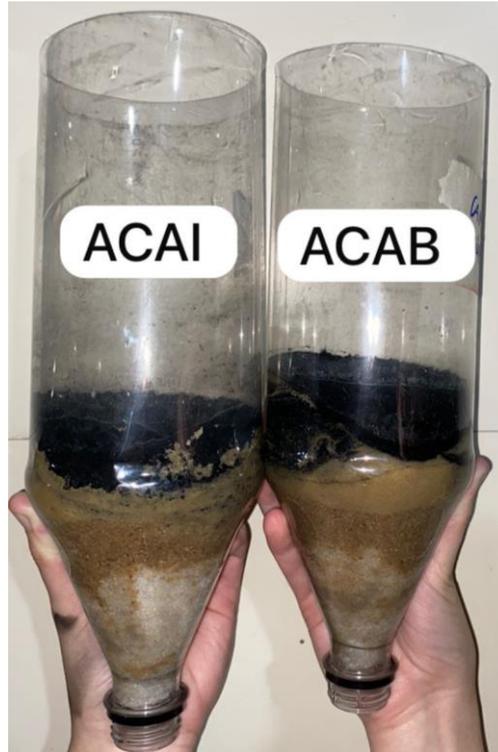
O carvão industrial possui um baixo teor de cinzas de 3,35%, em comparação com o carvão ativado oriundo do bagaço que apresentou um teor de cinzas de 24,8%.

Conforme Ramos (2009) após o processo de ativação do carvão o teor de cinzas se torna elevado (média de 20%) estando relacionado ao seu método de ativação. Segundo pesquisas de Soares, 1998, que apresentou em um carvão mineral ativado um teor de cinza de 60%, este tendo uma área superficial pequena. Ao comparar com o teor de cinzas de um carvão ativado industrial que apresenta uma média de 5%.

4.6 FILTROS DE ÁGUA

Os filtros foram construídos e montados no dia 8 de outubro de 2024. Utilizando como base garrafa pet de 1,5 litros, foi realizada a pesagem dos elementos filtrantes com as mesmas medidas nos dois filtros, utilizando 10 gramas de carvão ativado (industrial e do bagaço de cana-de-açúcar), 30 gramas de areia fina, 50 gramas de areia grossa e completada a sua saída com fibra. A montagem foi seguida com a ordem do algodão, areia grossa, areia fina e na parte superior o carvão ativado. Os filtros podem ser vistos na Figura 4:

Figura 4 – Filtros de Água



Fonte: Autora, 2024

4.7 ANÁLISES LABORATORIAIS

As análises foram realizadas nos laboratórios de química geral e de microbiologia da Faculdade de Horizontina – FAHOR. Foram realizados 4 ciclos com uma diferença média de 10 dias entre as coletas e análises.

Todas as análises foram realizadas em duplicata a fim de obter maior precisão e passada para o quadro de resultados a média obtida. As análises foram feitas com a faixa de temperatura de 20°C, com uma variação de mais ou menos dois.

A água coletada para as análises foi de um ponto de coleta da água da chuva localizada no prédio da CT da Faculdade de Horizontina – FAHOR. Esta água foi utilizada como referência e ponto de partida das análises, utilizando a abreviação “AB” (água bruta).

A água que foi filtrada no filtro utilizando o carvão ativado oriundo do bagaço da cana-de-açúcar é chamada de “ACAB” e a água filtrada com o filtro de carvão ativado industrial recebeu a sigla de “ACAI”.

Todos os ciclos foram utilizados com os mesmos filtros em que a cada filtragem de um período de tempo foi passado água para limpeza e retirada de impurezas.

4.7.1 Primeiro ciclo

O primeiro ciclo ocorreu no dia 9 de outubro de 2024, com a filtração e coleta das amostras realizadas às 19 horas. Antes da coleta foi filtrado 5 litros da AB e descartado, com o intuito de retirar qualquer impureza presente no filtro e compactar os elementos filtrantes.

Após, foi realizada a coleta de 1,5 litros para as análises físico-químicas e 100 ml para as análises microbiológicas.

O resultado das análises pode ser visto no Quadro 1:

Quadro 1 – ciclo 09/10

Análises físico químicas	AB	ACAB	ACAI
Dureza;	48,2	34,5	46,2
Alcalinidade;	75,4	182	102,9
Cloro livre;	0,65	0,7	0,17
Cloretos;	9	8	7
Ferro total;	abaixo do limite de detecção	0,6	0,1
pH;	6,96	10,29	8,01
Turbidez;	0,75	92,4	3,31
Sólidos totais dissolvidos;	0,4	0,8	0,5
Condutividade;	75,6	127,1	76,8
Análise microbiológicas	AB	ACAB	ACAI
Contagem global	ausência	1,0 x 10 ²	2,0 x 10 ²
Coliformes totais	ausência	ausência	ausência
Coliformes termotolerantes	ausência	ausência	ausência

4.7.2 Segundo ciclo

O segundo ciclo ocorreu no dia 19 de outubro de 2024, com a coleta da água e sua filtração as 8 horas da manhã. Para o filtro ACAI foi passado 1 litro de água antes da coleta. Para o filtro ACAB foi passado novamente 5 litros de água por conta do alto valor de pH visto na análise do dia 09 de outubro, após a passagem dos 5 litros foi filtrado a água para coleta.

Os resultados das análises do segundo ciclo podem ser vistos no Quadro 2:

Quadro 2 – ciclo 19/10

Análises físico químicas	AB	ACAB	ACAI
Dureza;	56,8	30,9	49,5
Alcalinidade;	82,5	110,8	93,2
Cloro livre;	0,51	0,4	0,06
Cloretos;	11,7	10,2	10,7

Ferro total;	abaixo do limite de detecção	0,3	0,1
pH;	7,44	9,21	8,06
Turbidez;	3,9	67,7	3,96
Sólidos totais dissolvidos;	0,11	0,11	0,11
Condutividade;	67,1	88,1	72,1
Análise microbiológicas	AB	ACAB	ACAI
Contagem global	ausência	$1,1 \times 10^4$	$8,7 \times 10^3$
Coliformes totais	ausência	ausência	ausência
Coliformes termotolerantes	ausência	ausência	ausência

4.7.3 Terceiro ciclo

O terceiro ciclo ocorreu no dia 26 de outubro de 2024, em que foi coletado as 8 horas da manhã. Antes da coleta, foi passado 1 litro da AB em cada filtro, e após, foi passada a água para coleta. Os resultados podem ser vistos no Quadro 3:

Quadro 3 - ciclo 26/10

Análises físico químicas	AB	ACAB	ACAI
Dureza;	46,9	43,9	48,2
Alcalinidade;	46,1	68,2	66,7
Cloro livre;	0,88	0,23	0,16
Cloretos;	10	7,7	9
Ferro total;	abaixo do limite de detecção	0,2	0,1
pH;	6,81	7,35	7,34
Turbidez;	0,71	6,53	4,45
Sólidos totais dissolvidos;	0,12	0,12	0,12
Condutividade;	68,5	75,5	72,4
Análise microbiológicas	AB	ACAB	ACAI
Contagem global	ausência	$3,6 \times 10^3$	$3,9 \times 10^3$
Coliformes totais	ausência	$>300 \times 10^1$	ausência
Coliformes termotolerantes	ausência	ausência	ausência

4.7.4 Quarto ciclo

O quarto e último ciclo foi realizado no dia 5 de novembro de 2024, com as coletas e análises realizadas as 19 horas. Foi passado 1 litro de AB em cada um dos filtros antes da coleta. Os resultados podem ser vistos no Quadro 4:

Quadro 4 – ciclo 05/11

Análises físico químicas	AB	ACAB	ACAI
Dureza;	46,4	42,8	45,5
Alcalinidade;	73,5	86,7	86,6
Cloro livre;	0,56	0,19	0,21

Cloretos;	8,7	8,7	10,7
Ferro total;	abaixo do limite de detecção	0,3	0,4
pH;	7,25	7,65	7,6
Turbidez;	0,89	6,05	6,83
Sólidos totais dissolvidos;	0,22	0,13	0,1
Condutividade;	66,9	68,2	67,7
Análise microbiológicas	AB	ACAB	ACAI
Contagem global	ausência	$1,3 \times 10^3$	$1,0 \times 10^2$
Coliformes totais	ausência	$>300 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$
Coliformes termotolerantes	ausência	ausência	ausência

4.8 EFICIÊNCIA

4.8.1 Análises microbiológicas

Para as análises microbiológicas ter um resultado confiável e preciso é necessário a descontaminação do local que será coletado, isso pode ser feito por algumas técnicas, conforme Meirelles (1994) é importante a esterilização que pode ser feita através da lavagem com álcool, isolamento do local com contaminantes externos ou flambar a área.

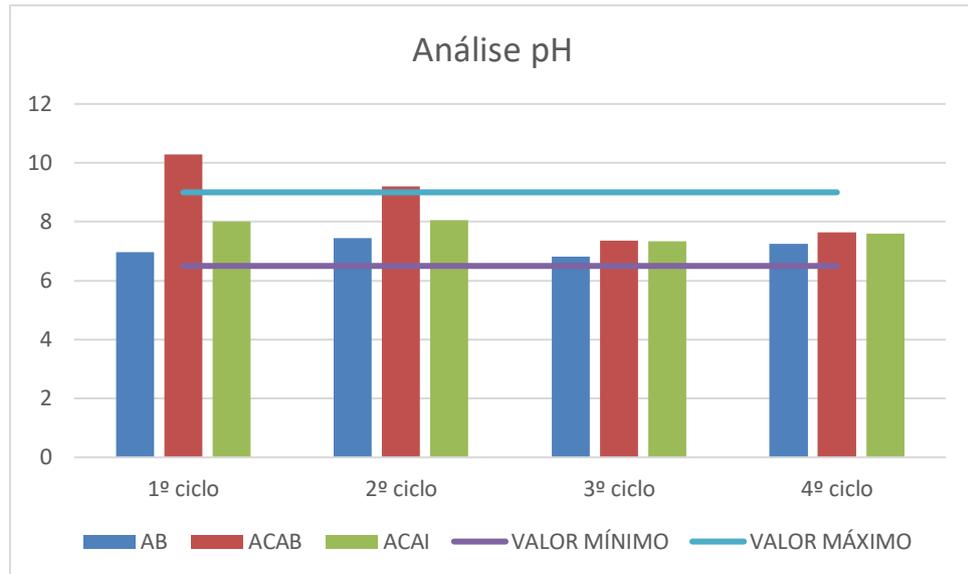
Tanto o ponto de coleta da AB quanto os filtros foram feitos de um material que não é possível flambar (plástico) e por isso para as coletas microbiológicas o ponto de coleta foi lavado apenas com álcool 70%. O ponto AB consiste em uma torneira com água constante, já o filtro a água sai em gotas e em um tempo maior. Por conta disso, a contaminação da coleta microbiológica e dos filtros se torna grande e pode ser vista pelos resultados das análises realizadas, em que no ponto AB não apresentou nenhuma contaminação em nenhuma das análises, enquanto nos outros dois pontos dos filtros as análises apresentaram resultados não confiáveis e com pouca precisão e exatidão.

4.8.2 pH

Lido em uma escala de 0 a 14, o potencial hidrogeniônico (conhecido como pH) têm como objetivo classificar a amostra como ácida (menor que 7 na escala), básica (maior que 7 na escala) ou neutra (igual a 7 na escala) (Almeida, 2017).

O resultado representado graficamente da análise de pH pode ser visto no gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1 – análise pH



Fonte: Autora, 2024

Após a passagem da água bruta pelo filtro se percebe o aumento do pH, no caso dos primeiros dois ciclos da ACAB ainda possuía resíduos da soda cáustica utilizada no processo de ativação do carvão e por isso os valores ficaram acima do padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021, em que o padrão corresponde está entre 6 e 9 na escala.

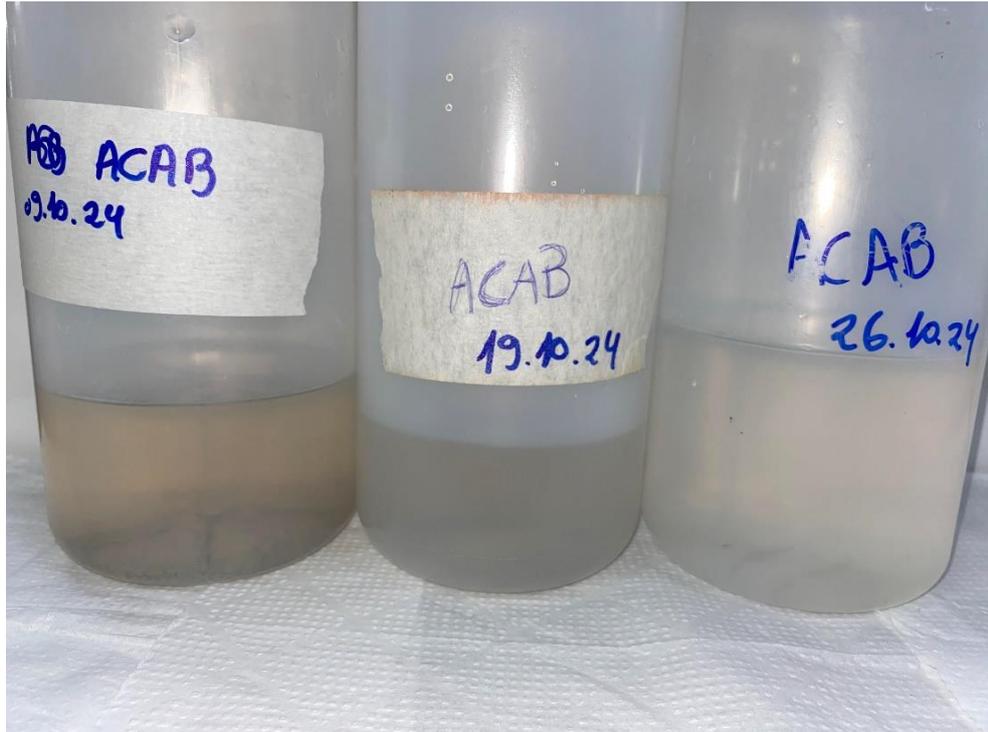
Após o 2º ciclo o pH se equilibrou em uma média de 7,5 em ambos os filtros ficando dentro do padrão.

4.8.3 Turbidez

Correspondendo a um parâmetro físico, a turbidez corresponde a quantidade de feixes de luz que passam pela água, detectando a presença de partículas em suspensão presentes no líquido (Matos, 2007). Segundo o padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021, o valor máximo permitido de turbidez se concentra em 5 UT.

Por ser um padrão físico ele pode ser observado a olho nu, em que quanto mais cristalina a água menor será sua turbidez. Na Figura 5, abaixo pode ser visto a água ficando mais clara a cada ciclo.

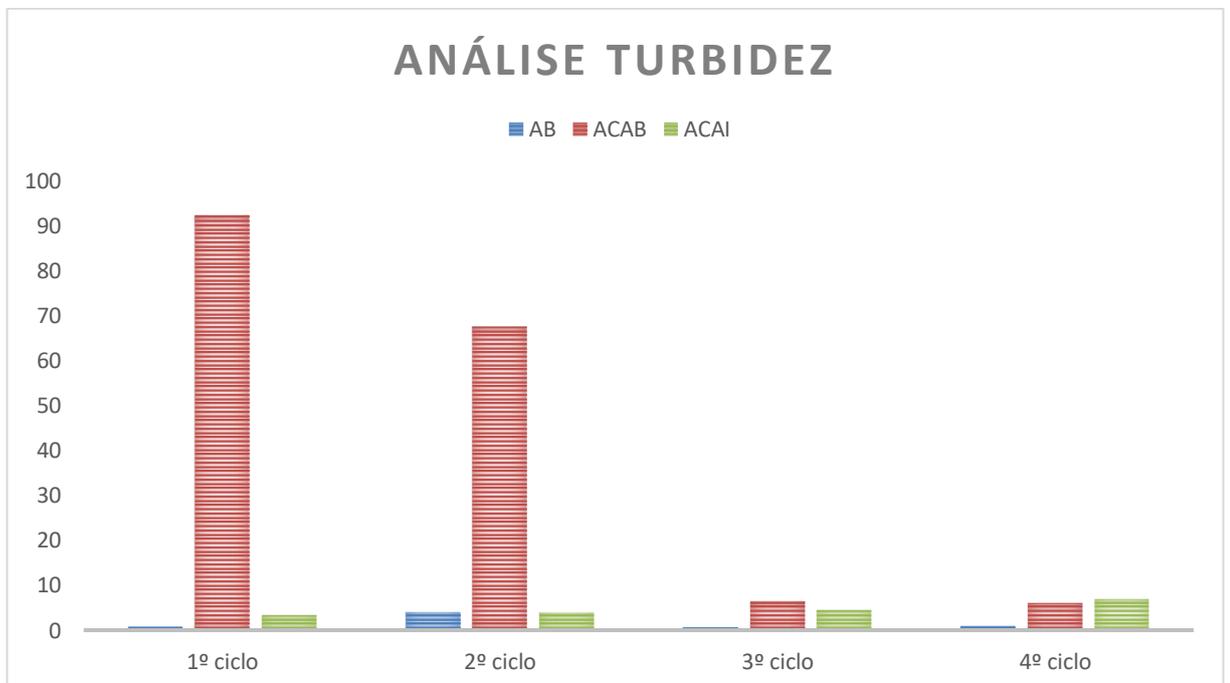
Figura 5 – Amostras ACAB



Fonte: Autora, 2024

O que explica os valores demonstrados no gráfico visualizados abaixo:

Gráfico 2 – Análise de turbidez



Fonte: Autora, 2024

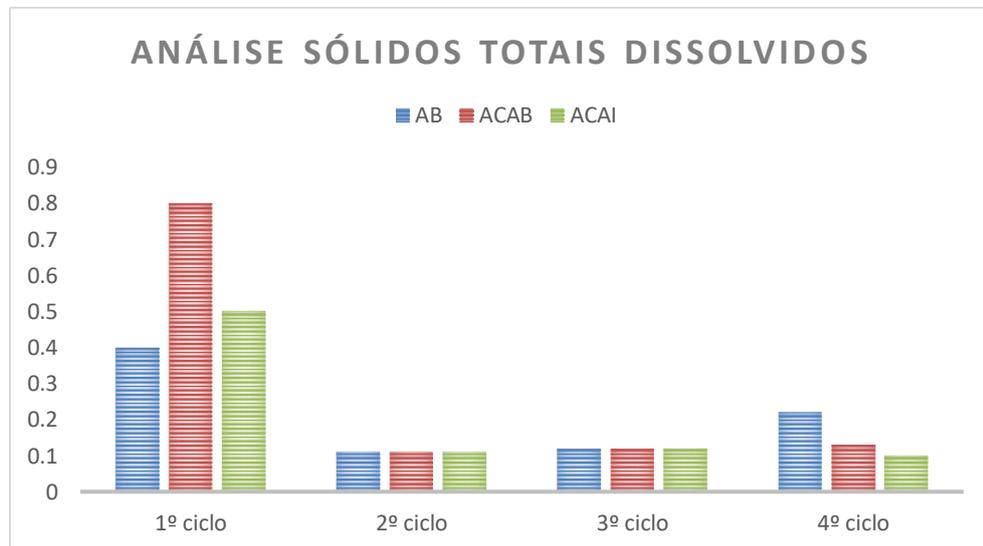
Conforme Bonassa (2017) o tamanho das partículas de carvão ativado influencia no seu processo de adsorção, de forma que o carvão ativado do ACAI foi granulado (possuindo uma superfície de contato maior) enquanto o carvão ativado do

ACAB foi em pó, ficando mais solto e precisando de mais água para ser compactado e possuir maior capacidade de adsorção, mesmo assim não ficando dentro do padrão estabelecido.

4.8.4 Sólidos Totais Dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos representam todos os sais inorgânicos e minerais presentes na água conforme Morais, 2015. No padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, o valor máximo permitido é de 500mg por litro. Os resultados visualizados graficamente da análise de sólidos totais dissolvidos (SDT) pode ser vista no Gráfico 3:

Gráfico 3 – SDT



Fonte: Autora, 2024

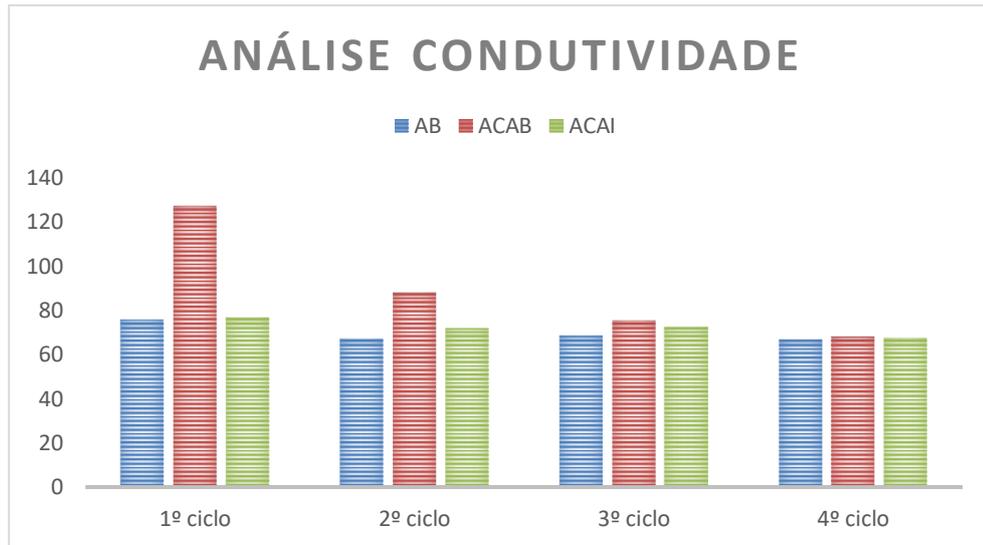
Como pode ser observado teve uma variância grande nos ciclos 1 e 4, enquanto no 2 e 3 ciclos os resultados permaneceram constantes. Isso é visto com o valor de AB alto e influenciando nos filtros.

4.8.5 Condutividade

Conforme Vieira (2002) a condutividade elétrica do teor da água pode ser definida como seu próprio nome a quantidade da capacidade da água de conduzir corrente elétrica, com base no fluxo de elétrons. Na legislação a condutividade não possui um padrão ou valor máximo/ mínimo permitido.

Os resultados das análises comparadas podem ser observados no Gráfico 4:

Gráfico 4 – Análise condutividade



Autora, 2024

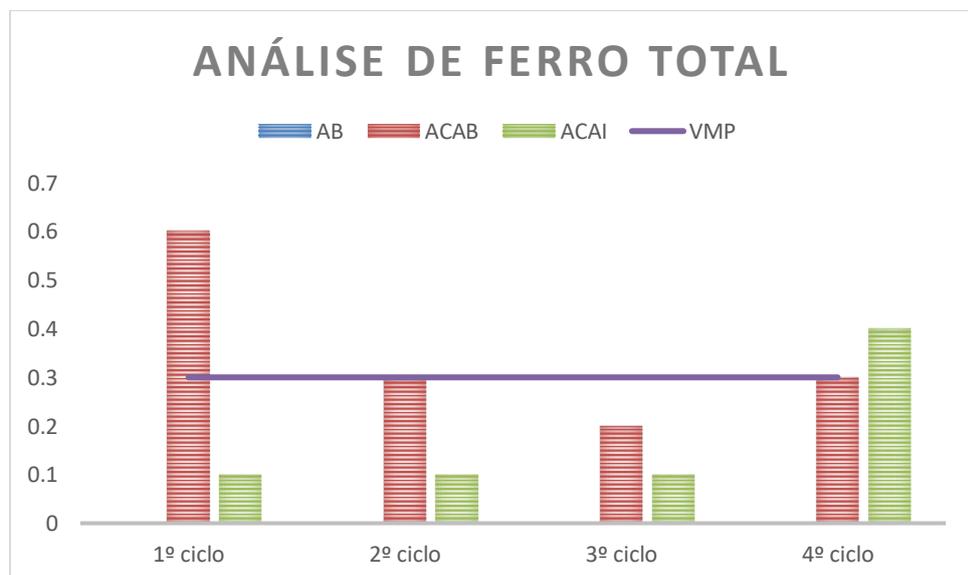
Se observa um padrão nos resultados, com a ACAB tendo uma variância maior nos dois primeiros ciclos em relação a AB e ACAI. Também pode ser visto que o carvão ativado influencia no aumento da condutividade.

4.8.6 Ferro total

Na água pode ser encontrado ferro dissolvido ou solúvel, em que o padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, define como valor máximo permitido que pode estar presente na água de 0,3mg/L.

Os resultados da análise de ferro total realizadas podem ser vistas no Gráfico 5:

Gráfico 5 – Análise ferro total



Fonte: Autora, 2024

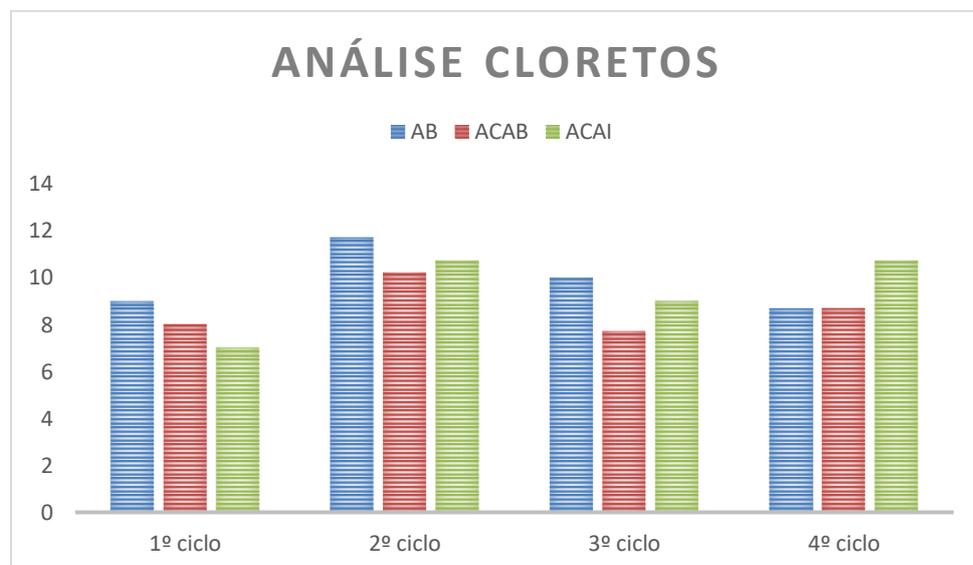
Na AB o ferro total não foi detectado pois ficou abaixo do limite de detecção da curva do espectrofotômetro. Nos três primeiros ciclos do ACAI não teve variação, em que o último ciclo aumentou seu teor de ferro, já no ACAB que ocorreu o contrário no último ciclo diminuindo seu teor em comparação com o ACAI e aumentando o teor que nos 3 outros ciclos estava diminuindo gradativamente.

4.8.7 Cloretos

No padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, o valor máximo permitido para detecção de cloretos é de 250mg/L. Conforme Zuge (2020) as análises de cloretos têm por objetivo detectar os graus de mineralização da água, o que pode ser um indício de poluição e contaminação da água.

Todos os resultados das análises de cloretos realizadas ficaram bem abaixo do padrão estabelecido e podem ser observadas graficamente no Gráfico 6:

Gráfico 6 – Análise cloretos



Fonte: Autora, 2024

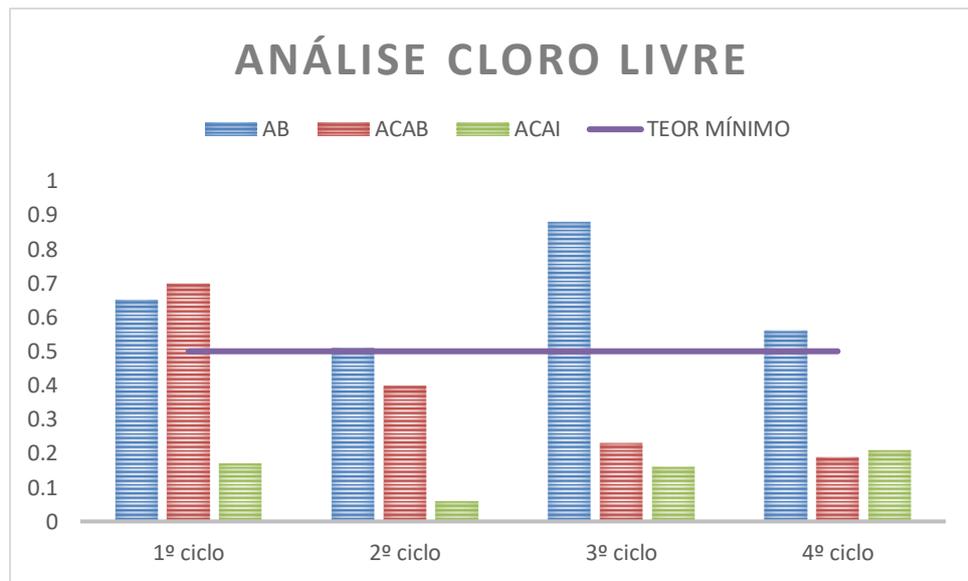
4.8.8 Cloro livre

O cloro presente na água tem como principal finalidade a desinfecção (Berbari, 2001). No que corresponde no padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, apresenta um valor mínimo permitido de 0,5 mg/L de teor.

Na AB que foi coletada como água padrão para se basear as análises após a passagem pelos filtros é uma água armazenada em uma cisterna coletada da água da chuva. Na cisterna é adicionado pedras de cloro como uma pré-desinfecção e armazenamento da água.

Os resultados da análise de cloro livre podem ser visualizados no Gráfico 7:

Gráfico 7 – Análise de cloro livre



Fonte: Autora, 2024

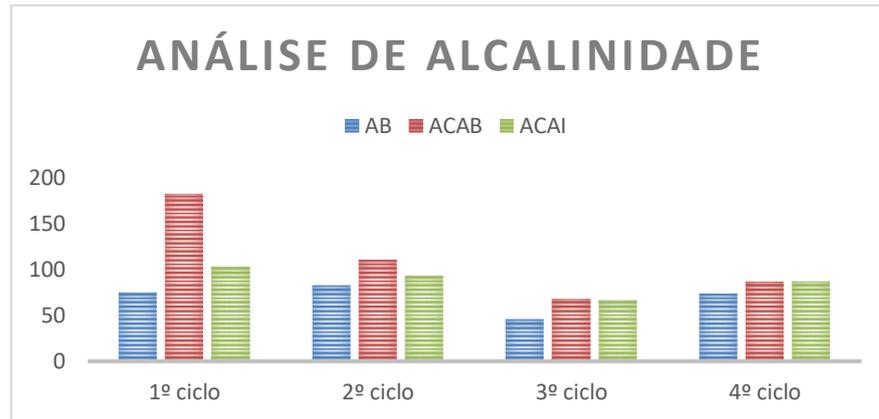
O cloro presente na AB reage com o carvão ativado e (tirando a análise de ACAB do primeiro ciclo) se observa que o teor de cloro abaixa.

4.8.9 Alcalinidade

Conforme Fritzsos (2009), a alcalinidade corresponde a porcentagem que a água é capaz de neutralizar os ácidos adicionados ou presentes nela. No padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, a alcalinidade possui 200mg/L como valor máximo permitido.

Os resultados das análises realizadas podem ser vistos graficamente no Gráfico 8:

Gráfico 8– Análise de Alcalinidade



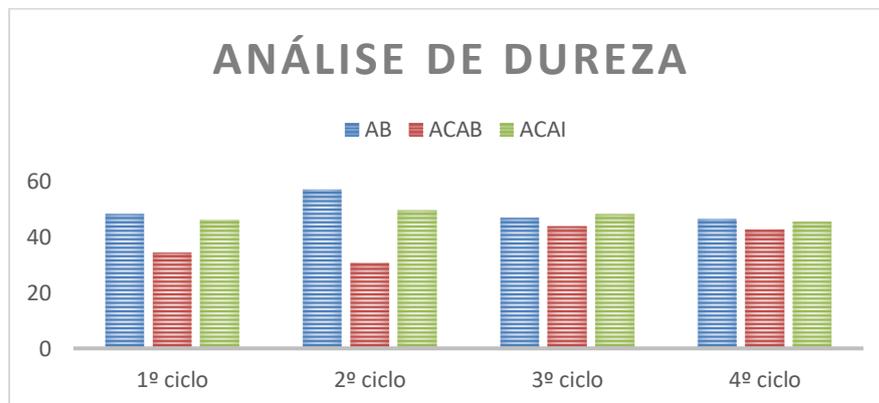
Fonte: Autora, 2024

A análise de alcalinidade está ligada ao pH da água (Fritzsons, 2009), o que explica os valores iniciais dos dois primeiros ciclos do ACAB que apresentou um pH superior a 9. Após a passagem pelo carvão é visto que a alcalinidade aumenta.

4.8.10 Dureza

Os resultados da análise de dureza podem ser vistos no Gráfico 9:

Gráfico 9 – Análise de Dureza



Fonte: Autora, 2024

Conforme Savoy (2004) a dureza da água corresponde a quantidade dos sais de cálcio e magnésio que estão presentes na água, em que o padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, apresenta valor máximo permitido de 300 mg/L.

4.9 DURABILIDADE

Para o determinar a durabilidade do carvão ativado ao decorrer dos 4 ciclos foi analisado a variação das análises e a comparação do primeiro ciclo com o quarto e último ciclo.

As análises de dureza, alcalinidade, cloro livre, cloretos, STD e pH apresentaram resultados com pouca variação e diferença entre os filtros e ciclos. Nas análises microbiológicas por conta da falta de esterilização e contaminação não foi possível analisar no quesito de durabilidade.

Na análise de ferro total no primeiro ciclo o ACAB apresentou um valor alto de 0,6mg/L e no seu último ciclo o valor de 0,3mg/L, já no ACAI o primeiro valor detectado foi de 0,1mg/L e o último resultado de 0,4mg/L demonstrando a divergência entre os dois tipos de carvão ativado.

Na análise de turbidez o ACAI foi aumentando gradativamente o valor, em que no primeiro ciclo apresentou 3,31UT e no último aumentou para 6,83UT (ficando acima do valor padronizado). Já no ACAB o valor foi diminuindo e ficando na mesma faixa do ACAI no último ciclo, com valor do 1º ciclo de 92,4UT e no último ciclo de 6,05UT.

Por último, na questão da análise de condutividade, ao decorrer dos quatro ciclos o ACAB apresentou valor superior do ACAI.

CONSIDERAÇÃO FINAL

Ao final, conclui-se que por meio da realização de pesquisa bibliográfica e testes é possível transformar o bagaço da cana-de-açúcar em carvão ativado, analisando e entendendo as características físicas e químicas que constitui o carvão ativado e o seu processo de adsorção.

A elaboração e aplicação em um filtro de água demonstrou que foi possível desenvolver o filtro de forma que o carvão ativado pudesse ser visto e analisado a sua eficiência e durabilidade de forma separada.

Na questão da eficiência o ACAI por possuir partículas granuladas e não necessitar de uma limpeza maior possuiu melhores resultados e dentro dos parâmetros estabelecidos. O ACAB por conta do processo de ativação utilizando soda cáustica e o seu formato em pó demonstrou pouca eficiência nos dois primeiros ciclos até o carvão estar compactado.

Quanto a durabilidade se conclui que o ACAI saturou e abaixou na qualidade no quarto ciclo em comparação ao ACAB que apresentou resultados melhores e mais próximos do padrão.

Para trabalhos futuros pode-se produzir e desenvolver o carvão ativado com maior área de contato e com partículas maiores. Além de realizar outro método para limpeza após ativação do carvão para evitar resíduos de soda no filtro.

Outra oportunidade de melhoria seria o filtro ser montado e instalado em um material que possa ser esterilizado e flambado para evitar a contaminação da amostragem e coleta microbiológica.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. B. et al. Aplicação de carvão ativado de bagaço de cana-de-açúcar na adsorção de Cd (II) e Cu (II). In: **Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados-ENEMP, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. 2015.**
- ALMEIDA, Marília Cunha; SILVA, Maiara Macêdo; DE PAULA, Marcelo. Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de água em relação à turbidez, cor e pH da água. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, p. 25-40, 2017.
- ALMEIDA, Milla Araújo et al. Desenvolvimento de carvão ativado a partir de bagaço de cana-de-açúcar e sua aplicação na adsorção de ácido orgânico. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 3, p. 2955-2965, 2021.
- AVRIL. Microbiologie des aliments. Dénombrement des coliformes présumés par comptage des colonies obtenues à 30°C . NF V08-050. 2009
- AVRIL. Microbiologie des aliments. Dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44°C F V08-060. 2009.
- BAIRD, Rodger B.; EATON, Andrew D.; RICE, Eugene W. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23. ed. Washington: American Public Health Association, 2017.
- BELLINGIERI, Julio Cesar. Uma análise da indústria de filtros de água no Brasil. In: **50º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Blumenau. SC. 2006.** p. 31-35.
- BERBARI, Shirley Aparecida Garcia; PASCHOALINO, José Eduardo; SILVEIRA, Neliane F. Arruda. Efeito do cloro na água de lavagem para desinfecção de alface minimamente processada. **Food Science and Technology**, v. 21, p. 197-201, 2001.
- BITTENCOURT, C.; PAULA, M.A.S.D. **Tratamento de Água e Efluentes - Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos.**: Editora Saraiva, 2014.
- BONASSA, Gabriela. **Aplicação das cinzas de bagaço de cana-de-açúcar como material adsorvente na purificação de óleo residual.** Cascavel - Paraná. FEVEREIRO, 2017.
- CAMPOS, Liliane Pereira. **Aplicação de cinza de bagaço de cana-de-açúcar nos atributos químicos e biológicos do solo.** 2014.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar.** Quarto levantamento. Brasília: Conab, abril, 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Cana-de-açúcar – agrícola, série histórica de área colhida.** 2023.
- COSTA, Hudson Pimentel et al. Produção e uso de filtros de água com carvão ativado derivado de matérias sustentáveis. **Journal of Health & Biological Sciences**, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2022.

COSTA, Patrícia D.; FURMANSKI, Luana M.; DOMINGUINI, Lucas. Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de casca de nozes para adsorção de azul de metileno. **Revista virtual de química**, v. 7, n. 4, p. 1272-1285, 2015.

CUNHA, Helenilza Ferreira Albuquerque et al. **Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação**. Revista Ambiente & Água, v. 7, p. 155-165, 2012.

DUARTE-NETO, J. F. et al. Processos de adsorção de corantes em argilas esmectíticas: uma revisão. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 9, n. 1, p. 51-59, 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Desempenho Recente do Agro Nacional. **Cana-de-açúcar**. 2022.

FERREIRA, Jade de Carvalho. **Carvão ativado de bagaço de cana-de-açúcar: adsorção de íons de chumbo**. Universidade de Uberaba. UBERABA-MG, 2017.

FRITZSONS, Elenice et al. A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, p. 381-390, 2009.

GONÇALVES, Gilberto C. et al. Aproveitamento de bagaço de cana-de-açúcar na produção de carvão ativado. **Cadernos de Agroecologia [Volumes 1 (2006) a 12 (2017)]**, v. 1, n. 1, 2006.

GOUVEIA, Ester Ribeiro et al. Validação de metodologia para a caracterização química de bagaço de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v. 32, p. 1500-1503, 2009.

LEVI, Elizabeth Rojas. **Análise do mercado e estimação das demandas de cana-de-açúcar, açúcar e etanol brasileiro**. 2009.

MATOS, Antonio T. et al. Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 544-551, 2007.

MEIRELLES KALIL, Erika; DA COSTA, Aldo José Fernando. Desinfecção e esterilização. **Acta Ortop Bras**, v. 2, n. 4, p. 1, 1994.

MORAIS, Reurysson Chagas; DE ARAÚJO, Inessa Racine Gomes. Análise espacial da concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) em águas subterrâneas da região norte do Piauí. **Revista Equador**, v. 4, n. 4, p. 67-80, 2015.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do et al. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. 2020.

PINHEIRO, A.J.; FILHO, M.B.S.; MENDES, M.H.S.; MIRANDA, A.M.S.; MIRANDA, I.S. **Produção de filtros de água utilizando carvão ativado proveniente do caroço do açaí como uma proposta para melhoria na qualidade das águas consumidas na cidade de Óbidos** – pa. 59 congresso brasileiro de química. 2019

RAMOS, Paulize H. et al. Produção e caracterização de carvão ativado produzido a partir do defeito preto, verde, ardido (PVA) do café. **Química nova**, v. 32, p. 1139-1143, 2009.

SANTOS, M. A. **Poluição do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017.

SARMENTO, Patrícia et al. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 1203-1208, 1999.

SAVOY, V. L. T.; PRISCO, R. C. B.; ALMEIDA, SDB de. Determinação da dureza da água de regiões Agrícolas do estado de São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 71, n. 3, p. 387-389, 2004.

SCHETTIGNO, Jr M.A. **Ativação química do carvão de casca de arroz utilizando NaOH**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2004.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

SILVA, Neusely da... [et al.]. **Manual de métodos de análise microbiológicas de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 552p.

SILVA, Renato Ribeiro da. **Carvão ativado a partir do bagaço de cana de açúcar**. 2014.

SILVA, Vanessa Souza, et al; **O DESTINO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: UM ESTUDO A PARTIR DAS AGROINDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS DO PARANÁ**. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.3, n.1, p. 59-76, jan./abr. 2010

SOARES, José Luciano. Remoção de corantes têxteis por adsorção em carvão mineral ativado com alto teor de cinzas. **Universidade Federal de Santa Catarina, Dissertação de Mestrado: Florianópolis**, 1998.

SOARES, L. A. **Síntese, ativação e caracterização de carvão obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar e avaliação da capacidade de adsorção**. Dissertação de Mestrado de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN. Natal, RN, 2014.

SOBRINHO, Oswaldo et al. **A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR (Saccharum officinarum) E O MANEJO DA IRRIGAÇÃO**. Rev. Agro. Amb., v. 12, n.4, p. 1605-1625, out./dez. 2019.

TEIXEIRA, Fábio Andrade; PIRES, Aureliano Vieira; NASCIMENTO, Paulo Valter Nunes. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. **REDVET. Revista electrónica de Veterinaria**, v. 8, n. 6, p. 1-9, 2007.

VIEIRA, Roberval Daiton et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, p. 1333-1338, 2002.

WESTPHALEN, Ana Paula Campos; CORÇÃO, Gertrudes; BENETTI, Antônio Domingues. Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, p. 425-436, 2016.

YOGITHA B. *et al.*, **Progress of sugarcane bagasse ash applications in production of Eco-Friendly concrete – Review**. Materials Today: Proceedings, 2020.

ZÜGE, Gabriele; VENDRAME, Zilda Baratto. Caracterização e análise de cloretos da água do Parque Ecológico Honorato Toniolo, Guaporé-RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 2020.