

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS**

CAMPUS PALMAS

CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

LUCIANO GONÇALVES AYRES

**UTILIZAÇÃO DO CARVÃO DE SABUGO DE MILHO NA DECLORAÇÃO DE
ÁGUA PARA CONSUMO EM INDUSTRIA CERVEJEIRA**

PALMAS

2020

LUCIANO GONÇALVES AYRES

**UTILIZAÇÃO DO CARVÃO DE SABUGO DE MILHO NA DECLORAÇÃO DE
ÁGUA PARA CONSUMO EM INDUSTRIA CERVEJEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito para obtenção do Título de
Engenheiro Civil do Curso Superior de Engenharia
Civil do Instituto Federal do Tocantins, *Campus*
Palmas.

Área de concentração: Análises de água

Orientador: Prof.^a Dr. Marcelo Mendes Pedroza

PALMAS

2020

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

G635u Gonçalves Ayres, Luciano
 UTILIZAÇÃO DO CARVÃO DE SABUGO DE MILHO NA
 DECLORAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO EM INDÚSTRIA
 CERVEJEIRA / Luciano Gonçalves Ayres. – Palmas, TO, 2020.
 42 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2020.

Orientador: Marcelo Mendes Pedroza

1. Análise de Água. 2. Tratamento e Purificação de Água com
energia Renovável I. 3. UTILIZAÇÃO DO CARVÃO DE SABUGO DE
MILHO NA DECLORAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO EM
INDÚSTRIA CERVEJEIRA.. I. Mendes Pedroza, Marcelo. II. Título.

CDD 624

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

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

FOLHA DE APROVAÇÃO**LUCIANO GONÇALVES AYRES****UTILIZAÇÃO DO CARVÃO DE SABUGO DE MILHO NA DECLORAÇÃO DE ÁGUA
PARA CONSUMO EM INDUSTRIA CERVEJEIRA**

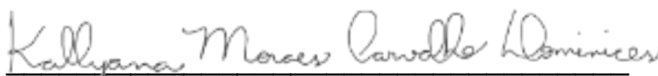
Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Civil Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas, como exigência à obtenção do grau em Engenheiro Civil.

Aprovado em: 06/11/2020

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza

Presidente/Orientador



Prof^a. Dr^a. Kallyana Moraes Carvalho Dominices

Avaliador 1



Prof. Me. Paulo Ricardo Silva Machado

Avaliador 2

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê”.

Arthur Schopenhauer.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela dádiva da vida, por sempre me guiar em minhas caminhadas e por tudo que conquistei até hoje. Sem sua proteção e amor, certamente não teria chegado onde estou e nem vencido todos os obstáculos enfrentados.

Aos meus pais Mário Antônio e Silmara, por todo apoio e amor que recebi durante toda minha vida, por me encorajarem sempre a seguir meus sonhos e por me manter forte mesmo nas maiores dificuldades. Sem vocês eu não estaria completando meu sonho, são minha base e meu maior exemplo.

Aos meus irmãos por todo amor dirigido a mim e por toda confiança depositada em minhas ações e por me fazer de exemplo. Sem a ajuda e afeto de vocês minha caminhada não teria sentido, minha vitória também é de vocês.

A todos meus familiares por sempre acreditarem em mim e por toda torcida para que meus objetivos fossem alcançados.

Aos meus amigos que mesmo de longe, sempre mantiveram contato e acreditaram em mim, fornecendo apoio. Às amizades que construí em Palmas também, por tornar essa caminhada mais divertida e pelo suporte que oferecido a mim no dia a dia.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo, por sempre acreditar no meu potencial e por toda dedicação exercida para o sucesso deste trabalho. Por todo incentivo fornecido a mim e por me indicar o caminho certo nas muitas vezes em que só existiam dúvidas.

Ao Instituto Federal do Tocantins e ao corpo docente da Engenharia Civil, por me propiciar a oportunidade de cursar um ensino superior de qualidade e a realização de um sonho.

RESUMO

AYRES, Luciano. **UTILIZAÇÃO DO CARVÃO DE SABUGO DE MILHO NA DECLORAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO EM INDUSTRIA CERVEJEIRA**. 2020. 43 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2020.

Os compostos clorados sempre foram utilizados na desinfecção da água, tornando-a potável e utilizável para consumo humano, por esse motivo, o uso deste composto é bastante comum na desinfecção da água, pelo seu potencial econômico e eficiente na remoção de microrganismos mesmo os mais resistentes. No entanto, Apesar de ser bastante utilizado nos sistemas de tratamento de água em todo país, esse desinfetante pode ser danoso a alguns processos industriais, ou mesmo indesejável para o consumo humano em níveis superiores a 2,0 mg/L. Diante deste cenário atual, surge o filtro contendo carvão ativado, um excelente material para adsorção de contaminantes aquosos, no entanto, o uso deste ainda é limitado devido ao seu alto custo no mercado. Por esse motivo, o presente trabalho tem como objetivo analisar a aplicabilidade do carvão ativado de sabugo de milho, obtido através de pirólise, utilizado na confecção de filtros para a tratamento de água de abastecimento, visando seu consumo na indústria cervejeira. O teste empregando o carvão ativado de sabugo de milho foi feito em coluna de filtração de fluxo contínuo a uma vazão média de 7,5 mL/min, para análise de decloração de água. De acordo com os resultados obtidos, o carvão ativado foi eficiente no processo de Adsorção de cloro dos primeiros 180 litros de água de abastecimento, com rendimento de 100% na remoção de cloro em sistema de filtração ao longo do período de 17 dias ininterruptos de experimento e apresentou uma redução de eficiência nos demais dias, tendo seu menor valor observado de 94% com tempo de operação de 22 dias.

Palavras-chave: carvão ativado, sabugo do milho, adsorção, decloração.

ABSTRACT

AYRES, Luciano. **USE OF CORN SABUGO COAL IN DECLORIFYING WATER FOR CONSUMPTION IN THE BEER INDUSTRY**. 2020. 43 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Undergraduate thesis – Civil Engineering – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2020.

Chlorinated compounds have always been used to disinfect water, making it water and usable for human consumption. For this reason, the use of this compound is quite common in water disinfection, due to its economic and efficient character in removing microorganisms even the most resistant. However, despite being widely used in water treatment systems across the country, this disinfectant can be harmful to some industrial processes, or even undesirable for human consumption at levels above 2.0 mg / L. Given the current scenario, the filter containing activated carbon appears, an excellent material for adsorption of aqueous contaminants, however, its use is still limited due to its high cost in the market. For this reason, the present work aims to analyze the applicability of corn cob activated carbon, pyrolysis supply, used in the manufacture of filters for the treatment of drinking water, military consumption in the beer industry. The test employing corn cob activated carbon was carried out in a continuous flow filtration column at an average flow rate of 7.5 mL / min, for analysis of water dechlorination. According to the results obtained, activated carbon was efficient in the chlorine adsorption process of the first 180 liters of water supply, with a 100% yield in the removal of chlorine in the filtration system over the period of 17 uninterrupted days of the experiment. and reduction of an efficiency reduction in the other days, with its lowest observed value of 94% with the operating time of 22 days.

Palavras-chave: activated carbon, corn cob, adsorption, dechlorination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Adsorção Ativado Ativado.....	16
Figura 2 - Carvão Ativado Granular	18
Figura 3 - Sistema Representativo Adsorção do Carvão	19
Figura 4 - Reator de Pirólise de Leito Fixo	20
Figura 5 - Brique obtido do sabugo de milho	21
Figura 6 -Carvão Sababugo de Milho	21
Figura 7 - Etapas Produção de Cerveja.....	23
Figura 8 - Distribuição do Consumo de Água na Indústria Cervejeira	24
Figura 9 - Estrutura Clorofenol	26
Figura 10 - Fluxograma de Atividades a serem Desenvolvidas	27
Figura 11 – Azul Metileno Concentração de 3mg/L	28
Figura 12 – Filtro de Carvão Ativado de Sabugo de Milho 5g.....	29
Figura 13 – Sistema de Filtração de Corante em Filtro Descendente	29
Figura 14 – Espectrofotômetro	30
Figura 15 – Sistema de Decloração de água de abastecimento	30
Figura 16 – Filtro de Carvão Ativado de Sabugo de Milho 5g	31
Figura 17 – DPD Colorimétrico YSI Water Testing	31
Figura 18 - Sabugo de Milho	35
Figura 19 – Eficiência de Remoção do Azul de Metileno	36
Figura 20 – Eficiência de remoção de cloro em água de abastecimento	37
Figura 21 - Sistema de Produção Jalapa Choperia	37
Figura 22 - Sistema de Filtro Jalapa Choperia.....	38
Figura 23 - CA do endocarpo do coco babaçu	39
Figura 24 - Bioblock Tobasa.....	40

LISTA DE SIGLAS

TO	Tocantins
CA	Carvão Ativado
LARSEN	Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética Tocantins
OMS	Organização Mundial da Saúde
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
IFTO	Instituto Federal do Tocantins
IUPAC	União internacional da Química Pura e Aplicada

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Safra Mundial de Milho Biênio.....	18
Tabela 2 – Estimativa Safra 19/20 no Brasil	22
Tabela 3 – Classificação de Poros Segundo a IUPAC	25
Tabela 4 – Análise Imediata do Carvão	32
Tabela 5 – Consumo de Água por Etapa de Processo	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	PROBLEMA DA PESQUISA.....	14
3	JUSTIFICATIVA.....	14
4	OBJETIVOS.....	15
4.1	Objetivo Geral.....	15
4.2	Objetivos Específicos.....	15
5	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
5.1	Adsorção	16
5.2	Carvão Ativado.....	17
5.2.1.	Características do Carvão Ativado.....	19
5.3	Experiência de Carvão Ativado de Sabugo de Milho.....	20
5.4	Água na Indústria Cervejeira.....	22
5.4.1.	Importância.....	22
5.4.2.	Consumo	23
5.4.3.	Cloro.....	25
6	METODOLOGIA	27
6.1	Local da Pesquisa.....	28
6.2	Obtenção da Amostra.....	28
6.3	Testes de Adsorção	28
6.3.1.	Teste de adsorção de azul de metileno em coluna de carvão ativado... 28	
6.3.2.	Teste de decoloração de água de abastecimento	30
7.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
7.1	Cenário Agroindustrial do Milho	32
7.2	Geração de Resíduos na Produção do Milho	34
7.3	Testes de Adsorção	35
7.4	Aplicação do CA em processos de tratamento de água na indústria cervejeira	37
7.5	Produção de CA a partir de material residual	39
8.	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um cereal cultivado por grande parte do mundo, sendo os Estados Unidos da América (EUA) o maior produtor, seguido por China e Brasil (EBC, 2018). Os primeiros registros desse cultivo datam de há 7300 anos, onde foram encontrados em pequenas ilhas próximas ao litoral do México, no Golfo do México (POLL, 2007). Seu nome, de origem caribenha significa “sustento da vida” e caracterizou-se como alimentação básica de diversas civilizações ao longo dos séculos, sendo estes os Astecas, Olmecas, Maias e Incas. Atualmente, a produção de milho estimada mundialmente é de 1122,7 milhões de toneladas. Sendo deste, 352,4 milhões de toneladas nos EUA, 254,0 milhões de toneladas na China e 101 milhões de toneladas no Brasil para biênio de 2019/20 (USDA/FIESP,2019).

Em contrapartida ao desenvolvimento produtivo deste grão, verifica-se uma elevada produção de resíduos como: a palha, o colmo, as folhas e o sabugo. Sendo este último, a parte central da espiga onde os grãos estão fixados e é obtido após o milho ser debulhado, correspondendo a 18% do peso total da espiga com 70% base úmida (ALVES; BARCELLOS; ABUD,2015). A geração desse resíduo equivale a aproximadamente 2,3 t/t de milho colhido, com 15% de umidade (PRETO; MORTOZA,2010), o que condiciona um valor estimado de 227,24 milhões de toneladas de resíduos para o ano de 2019, somente no Brasil.

Entretanto, mesmo com essa gigantesca produção a utilização dos resíduos do milho ainda não é atrativa economicamente, uma vez que, a possibilidade de aproveitamento desse componente apresenta certa desvantagem quando comparado as outras culturas. Posto que, durante a colheita há despejo de todo o seu contingente ao longo da lavoura, através das colheitadeiras que fazem seu manejo o que inviabiliza seu consumo. Este ato, acarreta na necessidade de recolhimento, armazenamento e possivelmente compactação desse material deixado na lavoura (PRETO; MORTOZA,2010).

Tendo em vista a falta de preocupação com a coleta desses resíduos gerados e aos problemas causados pela sua destinação final incorreta, alguns pesquisadores buscam técnicas e métodos que tenham como objetivo solucionar efeitos adversos, visando uma finalidade ambientalmente correta e segura

(MACHADO,2019). Além de agregar valor comercial para os mesmos, incentivando a concepção de novos métodos de coleta eficientes, a fim de viabilizar a utilização e comercialização deste produto.

Dentre essas alternativas, que permitem uma destinação adequada a esse tipo de resíduo agroindustrial, prioriza-se nesta pesquisa sua utilização como adsorvente rentável e de baixo custo para produção de carvão de sabugo de milho, empregado em processos de tratamento de água na indústria cervejeira. Uma vez que essa, detém um alto consumo de água ao longo do processo de fabricação, com uma taxa que varia de 4L a 7L de água por litro de cerveja produzido. Consumo distribuído em diversas etapas, tais como: operações de limpeza e desinfecção, preparo do mosto, resfriamento, etc. (CETESB, 2005).

O tratamento de água, tem como objetivo obter um produto com alta qualidade sensorial e que tenha uma condição higiênico-sanitária que não proporcione risco à saúde do consumidor. Para tal, adotam-se diversos processos, dentre eles a desinfecção, que pode ser obtida utilizando sanificantes físicos ou químicos, sendo os compostos clorados mais adotados nesse processo, pois possuem custo relativamente baixo e, dentre outros fatores, são fáceis de preparar e aplicar. No entanto, a aplicação deste, pode causar alterações de sabor nos alimentos (MACHADO, 2018), o que torna a presença do mesmo, na composição da água consumida em cervejarias, um obstáculo. Uma vez que, o sabor desejado só é alcançado se a água atender aos padrões de potabilidade da indústria, para que não interfira no resultado final do produto.

Além disso, deve-se garantir uma água com teor de cloro nulo, pois ao longo do processo eles são consumidos por fenóis presentes na composição e produzem o clorofenol, que é percebido como um *off flavor* bastante desagradável, que remete ao sabor medicinal ou hospitalar (DINSLANKEN, 2017).

Frente a essa realidade, o presente trabalho busca avaliar a eficiência do uso de carvão ativado oriundo do sabugo de milho, *in natura* e pré tratado, no processo de adsorção para tratamento de água utilizada na indústria cervejeira, com enfoque na retirada de cloro de sua composição.

2 PROBLEMA DA PESQUISA

Qual a eficiência da utilização do carvão ativado proveniente de sabugo de milho no tratamento de água atendendo ao padrão de potabilidade da Indústria cervejeira? Quais as vantagens e desvantagens da aplicação deste tipo de produto?

3 JUSTIFICATIVA

Atualmente, o setor agroindustrial produz uma grande quantidade de resíduos que, ou não tem uma finalidade adequada ou não são devidamente aproveitados, sendo estes, em grande parte, descartados de forma incorreta. Por esse motivo, buscar alternativas para o emprego desses resíduos é de grande valia para se alcançar um desenvolvimento sustentável com desperdício mínimo de matéria prima.

Seguindo esta ótica, a utilização do sabugo de milho para a elaboração de carvão ativado visa sanar a carência de reaproveitamento desse material, proveniente do segundo maior cultivo em produção no país, de acordo com levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab,2013). Além disso, a aplicação de processos de pirólise para a obtenção de carvão ativado, apresenta-se como uma, importante, alternativa de aproveitamento e agregação de valor ao resíduo, uma vez que este processo o transforma em matéria prima para diversos processos.

Por ser um material que apresenta alta capacidade de adsorção, o carvão ativado é bastante utilizado no tratamento de água para consumo na indústria de alimento, Tal qual a indústria cervejeira, que utiliza a água em praticamente todas as etapas do processo de fabricação, sendo necessário o tratamento da mesma, uma vez que a água não pode apresentar cloro em sua composição, devido sua influência no sabor final do produto. No entanto, a produção deste adsorvente tem um custo elevado devido a origem e matéria prima, fazendo-se necessário o estudo da viabilidade da adoção de materiais alternativos e de baixo custo.

Tendo em vista que a produção de carvões ativados a partir de biomassa é viável, segundo diversos estudos já realizados, e conhecendo-se a necessidade das indústrias de encontrar metodologias alternativas, de menor custo, para o tratamento de água, pode-se justificar a pesquisa realizada neste projeto, uma vez que a adsorção realizada em carvão de sabugo de milho pode representar uma dessas possibilidades.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Analisar a aplicabilidade do carvão ativado de sabugo de milho, obtido através de pirólise, em pesquisa realizada juntamente com o Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética Tocantins (LARSEN) Instituto Federal do Tocantins– Campus Palmas, na adsorção de cloro para tratamento de água utilizada na indústria cervejeira, com intuito de agregar valor ao produto e baratear os custos do processo de tratamento de água, já realizado pela indústria.

4.2 Objetivos Específicos

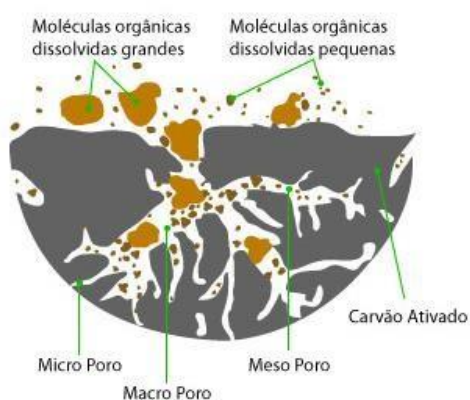
- Realizar uma revisão bibliográfica, a respeito da produção de milho e de resíduos, através de pesquisa em livros e artigos científicos;
- Avaliar a eficácia de remoção de cloro residual de água em coluna de filtração constituído de filtros em série de carvão, realizado por ensaio laboratorial;
- Verificar o desempenho do adsorvente preparado a partir da pirólise do sabugo de milho.

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 Adsorção

A adsorção confere-se pelo aumento da concentração de um determinado constituinte em uma interface formada por duas fases imiscíveis, adsorvente e adsorvato. No qual, em uma situação em que os gases ou líquidos são adsorvidos sobre uma fase sólida, este sólido, é chamado de adsorvente e o gás ou líquido é chamado de adsorvato (COELHO, 2006). Conforme ilustrado na Figura 1, onde o carvão é o adsorvente e as moléculas orgânicas são os adsorvato.

Figura 1 - Adsorção Carvão Ativado



Fonte: <http://www.naturaltec.com.br/Carvao-Ativado.html>

Segundo Coelho (2006), a formação de uma camada adsorvida em uma superfície não é um processo instantâneo, no entanto, geralmente direcionada pela velocidade de difusão da substância tensoativa através da solução, em direção à interface. Este mecanismo de adsorção depende de parâmetros tais como, estrutura, composição química, propriedades físico-químicas e natureza do adsorvente e adsorvato. A adsorção pode ser física, envolvendo interações eletrostáticas e as forças de Van der Waals entre o adsorvato e o adsorvente, ou química, quando há reação química entre o sítio ativo de adsorção e o adsorvato (FERNANDES, 2010).

Quando ocorre a adsorção física, as moléculas encontram-se fracamente ligadas à superfície e os calores de adsorção são baixos, inferiores a 10 Kcal/mol, e comparam-se ao calor de vaporização do adsorvato, pois há apenas uma atração ocasionada pela força de Van der Waals, e o aumento da temperatura produz uma

diminuição notável na quantidade adsorvida. Já na adsorção química, onde ocorrem reações na superfície e ligações são formadas e rompidas, o calor de adsorção é da mesma ordem dos calores de reação química, superior a 25 Kcal/mol, limitando-se a formação de uma única camada sobre a superfície do adsorvente (COELHO, 2010).

O uso da tecnologia de adsorção para controle da poluição envolve tanto e compostos inorgânicos quanto orgânicos. Os compostos orgânicos voláteis, pesticidas, fenóis e complexos orgânicos sintéticos são os adsorvatos típicos. Devido ao alto grau de purificação que pode ser alcançado, esse processo é geralmente utilizado no final de uma sequência de tratamento (TOLEDO, 2005).

Segundo Coelho (2010), a utilização da adsorção tem-se tornado um método economicamente viável possuindo ampla aplicabilidade em processos de:

- a) descolorimento, secagem ou separação das frações de petróleo (solventes, óleos, lubrificantes, ceras);
- b) remoção da cor, odor e sabor de abastecimentos de água municipal;
- c) descolorimento de óleos vegetais e animais;
- d) descolorimento de xaropes;
- e) clarificação de bebidas e produtos farmacêuticos;
- f) separação de gases raros (criptônios e xenônio);
- g) recuperação de vitaminas e outros produtos de mistura fermentadas;
- h) purificação de efluentes no controle de poluição de água (incluindo troca iônica).

5.2 Carvão Ativado

Egípcios e gregos já descreviam o carvão na antiguidade por seus efeitos no combate à intoxicação. No Século XIX, surgiram os primeiros relatos de experimentação em público, demonstrando a sua capacidade na neutralização de venenos potencialmente letais (RICHTER, 2003).

O Carvão ativado (CA) (Figura 2) é um material carbonoso, não grafitico, de forma microcristalina, no qual sofreu um processamento para aumentar a sua porosidade. Materiais como, cascas de coco, de arroz, de nozes, carvões minerais (antracita, betuminoso, linhito), turfas, resíduos de petróleo, ossos de animais, caroços de pêssgo, de damasco, de amêndoa, de ameixa, de azeitona e grão de café, entre

outros materiais carbonáceos, são precursores utilizados na fabricação deste material uma vez que, possuem alto teor de carbono. (CLAUDINO, 2003).

Figura 2 - Carvão Ativado Granular



Fonte: Liter, 2010

Segundo Claudino (2003), grande parte dos materiais carbonáceos apresentam um certo grau de porosidade, onde a sua área superficial varia entre 10 e 15m²/g. Durante o processo de ativação esse valor aumenta com a oxidação dos átomos de carbono podendo apresentar uma área superficial acima de 800m²/g. Todo carvão ativado apresenta micro, meso e macroporos (Tabela 1) em sua estrutura, no entanto essa proporção está diretamente ligada ao tipo de material precursor e o processo de produção utilizado para obtenção do mesmo. Sua aplicação vai desde a purificação de águas residuais, industriais, a redução direta de gases poluentes como o monóxido de carbono e suportação de catalizadores para reações de gás-sólido.

Tabela 1- Classificação de poros segundo a IUPAC

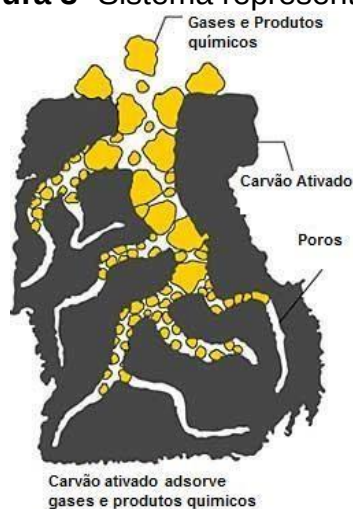
Tipo de Poro	Diâmetro médio θ	Função Principal
Microporos	$\theta < 2 \text{ nm}$	Contribuem para a maioria da área superficial que proporciona alta capacidade de adsorção para moléculas de dimensões pequenas, tais como gases e solventes comuns.
Mesoporos	$2\text{nm} < \theta < 50\text{nm}$	São importantes para a adsorção de moléculas grandes tais como corantes e proporcionam a maioria da área superficial para carvões impregnados com produtos químicos.
Macroporos	$\theta > 50\text{nm}$	São normalmente considerados sem importância para a adsorção e sua função é servir como meio de transporte para as moléculas gasosas.

Fonte: IUPAC

5.2.1. Características do Carvão Ativado

O CA apresenta como propriedade característica a adsorção (Figura 3), atribuída essencialmente a sua grande área de superfície, alta reatividade, efeito de adsorção universal e aumento da taxa de adsorção (FERNANDES, 2010). Podendo este, adsorver moléculas tanto na fase líquida como na fase gasosa. Conferindo-lhe um excelente poder de clarificação, desodorização, desintoxicação, filtração, decoloração e purificação de líquidos ou gases (CLAUDINO, 2003).

Figura 3- Sistema representativo



Fonte: <http://www.naturaltec.com.br/Carvao-Ativado.html>

O processo de produção desse material envolve duas etapas principais: A carbonização ou pirólise da matéria-prima (Figura 4) e a ativação do material. A primeira etapa é realizada à temperatura elevada (superior a 400°C), no qual envolve a decomposição térmica da matéria orgânica com desprendimento dos produtos voláteis (monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂, hidrogênio H₂, metano CH₄) sob atmosfera inerte, restando apenas os elementos minerais e um esqueleto carbonizado, com massa fixa de carbono e área superficial específica pequena, pois possui estrutura porosa rudimentar. (FERNANDES, 2010).

Figura 4- Reator de pirólise de leito Fixo



Fonte: MACHADO, 2018

Segundo Fernandes (2010), durante a segunda etapa ocorre a ativação, podendo esta ser de natureza física, química ou química e física. Na ativação física, utilizam-se as propriedades oxidantes de gases como vapor d'água, CO_2 ou uma mistura destes a uma temperatura superior a 800°C , tal procedimento produz uma estrutura de poro tipo fenda bastante fina, tornando o material apropriado para o uso em processos de adsorção. Já na ativação química, utilizam-se compostos como cloreto de zinco (ZnCl_2), hidróxidos de metais alcalinos, entre outros e aquecendo moderado entre 400°C e 600°C , este tipo de ativação gera carvões com poros maiores, mais apropriados e aplicações em fase líquida.

5.3 Experiência de Carvão Ativado de Sabugo de Milho

Para a produção de carvão ativado, Machado (2018) realizou uma série de processos, Tais como:

- Coleta de material, sabugo de milho *in natura* proveniente do processo de produção e utilização do milho (*Zea mays L.*)
- Secagem dos resíduos, a 60°C em estufa de marca Thoth, modelo Th-520.150.1 por um período de 24h
- Trituração da biomassa em moinho de facas forrageiro, da marca Trapp, modelo Trf- 300, 3.0 Cv. A fim de garantir a homogeneidade da biomassa e facilitar os procedimentos analíticos.

- Elaboração de briquetes a partir da biomassa de sabugo de milho. Para tal, inicialmente hidratou-se a biomassa com água destilada, deixando-a em repouso por 30min. Após esse período realizou-se a prensagem da mesma, para obtenção do formato de briquetes (Figura 5), em seguida as amostras foram secas em estufa a 40°C por um período de 24h.

Figura 5- Briquete obtido do sabugo de milho



Fonte: MACHADO, 2018

A conversão térmica foi realizada em um reator de leito fixo de quartzo, de 100 cm de comprimento e diâmetro de 10 cm. As dimensões da biomassa introduzida ao reator foi, 20 cm de comprimento e 20 cm de largura em forma de pallets. O reator foi aquecido através de um forno bipartido reclinável, com uma faixa de temperatura de empregado na planta de pirólise variando entre 360 a 640°C e taxa de aquecimento entre 13 a 27 °C/min com tempo de reação do ensaio de 30 min.

Figura 6 - Carvão sabugo de milho



Fonte: MACHADO, 2018

O carvão ativado de biomassa obtido a partir desse experimento, como observado na Figura 6, apresentou as seguintes características, conforme Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Análise imediata do carvão

Carvão Ativado	Umidade (%)	Materiais Voláteis (%)	Cinzas (%)	Carbono Fixo (%)
Sabugo de Milho	3,4297	38,683	17,09	40,7973

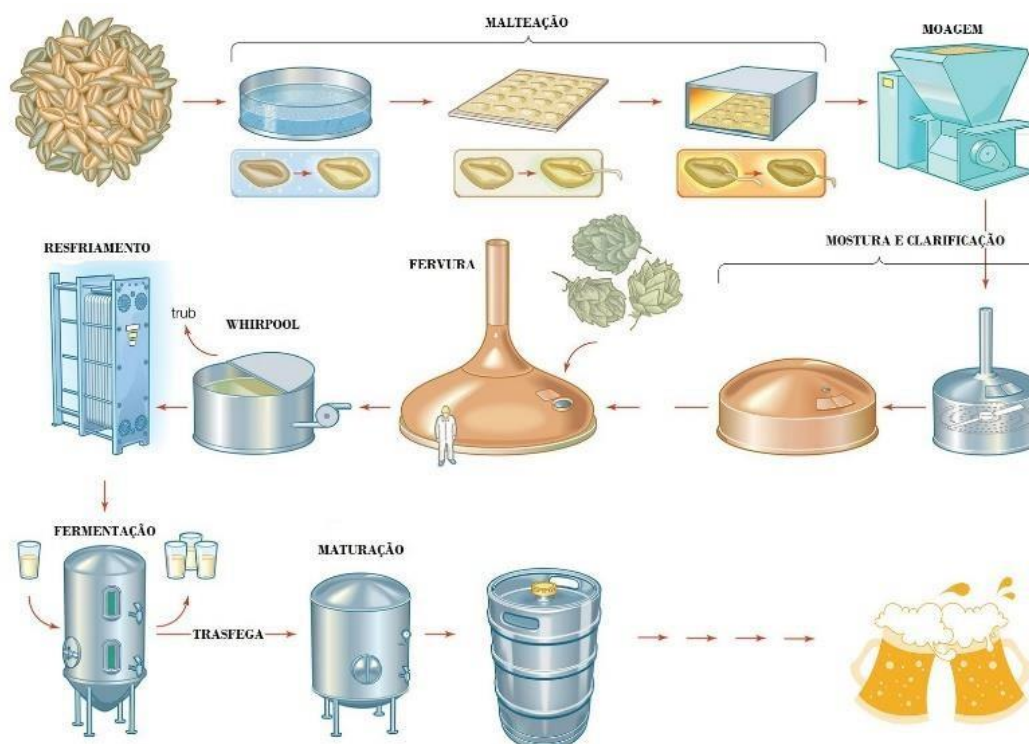
Fonte: Adaptado MACHADO, 2018

5.4 Água na Indústria Cervejeira

5.4.1. Importância

A água é uma das principais matérias primas na fabricação de cerveja, correspondendo a aproximadamente 95% da bebida e, além disso, está presente em todos os processos produtivos que levam a desenvolver os aspectos sensoriais indispensáveis à degustação determinando o sabor final da bebida. Ela está presente, nas seguintes etapas (Figura 7):

- Fabricação: Para a mostura, lavagem do bagaço, resfriamento etc.;
- Fermentação/ maturação;
- Filtração: Formação de pré-camada, diluição etc.;
- Higienização: nas CIP's, esterilização de linhas com água quente etc.
- Engarrafamento, entre outras aplicações (CERVEJA E MALTE, 2017)

Figura 7 -Etapas Produção de Cerveja

Fonte: https://miro.medium.com/max/3200/1*Ws8-8u5yokIOW3Osi_MEbw.jpeg

Esse é o motivo pelo qual a qualidade da água na produção de cerveja é de suma importância. Por isso, para que esta seja utilizada nesse processo de fabricação, é necessário prepará-la, atentando-se a alguns parâmetros básicos como pH, condutividade elétrica, potencial de oxirredução, turbidez, temperatura, nível estático e quantidade cloro. Inicialmente deve-se corrigir o pH (potencial de hidrogênio) uma vez que, este, influencia em todas as etapas do processo, ajudando as reações enzimáticas e reduzindo taninos, para garantir um amargor mais agradável na cerveja. Outro fator importante é garantir a ausência de cloro na água, uma vez que este reage com outros compostos no decorrer do processo e resultar em uma cerveja de sabor desagradável (SANTA RITA, 2018).

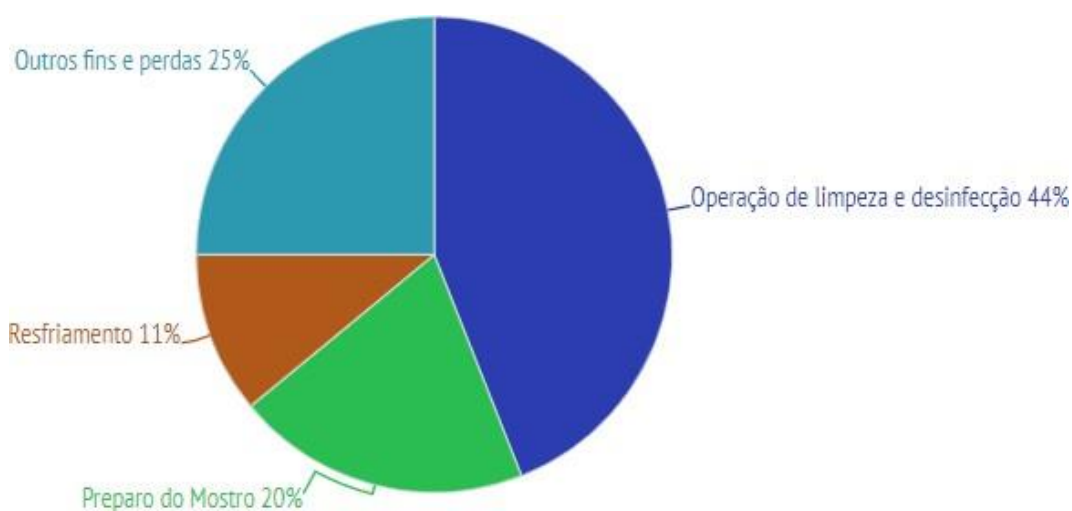
5.4.2. Consumo

O consumo de água em uma cervejaria varia em uma ampla faixa, que se dispõe em função, principalmente, dos seguintes fatores: Tecnologia de pasteurização, idade da planta, tipo de envase (garrafas retornáveis, garrafas

descartáveis, latas etc.), nível tecnológico e aspectos operacionais. Segundo levantamentos realizados junto às grandes cervejarias do Estado de São Paulo, este índice tem variado de 4 a 7l/ 1L de bebida produzido. Determinantes como por exemplo, o tipo de vasilhame, utilizado para atender a necessidade de determinadas plantas que só aceitam esse tratamento, pode demandar um alto emprego de água uma vez será introduzido ao processo de fabricação a etapa de remoção dos rótulos e limpeza antes do enchimento (CETESB, 2005).

No decorrer do processo de produção da bebida, a distribuição do consumo de água por uso, segundo um estudo realizado em uma cervejaria da Holanda, caracteriza-se de acordo com a Figura 8.

Figura 8 - Distribuição consumo de água



Fonte: Autor, 2020

A partir da análise desses valores é possível observar que são grandes as possibilidades de otimização do uso da água, atuando sobre os procedimentos operacionais, equipamentos de limpeza, resfriamento e eliminação de perdas. A Tabela 3, elaborada segundo estudo europeu realizado recentemente, detalha o consumo de água em cervejarias por etapa do processo (CETESB, 2005).

Tabela 3 - Consumo de água por etapa de processo

Etapa do processo	Valores medidos (L água/ L cerveja)
Produção do mosto	1,30- 2,36
Fermentação	0,32- 0,53
Maturação	0,24- 0,67
Filtração	0,31- 1,09
Envase em garrafa	0,59- 1,63
Envase em barril	0,13- 0,61
Outros usos	2,00- 2,04
TOTAL	4,03- 6,80

Fonte: CETESB, 2005

5.4.3. Cloro

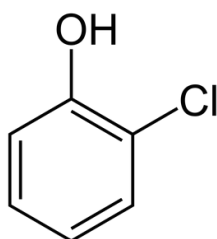
A portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do ministério da Saúde (BRASIL,2011), estabelece os valores mínimos e máximos de cloro residual na água para abastecimento sendo 0,2 e 2 mg/L, respectivamente, em toda a extensão do sistema de distribuição. Essa substância química que está diretamente ligada à qualidade de água de abastecimento e é bastante comum na desinfecção de água, pelo seu carácter econômico e eficiente na remoção de microrganismos, mesmo os mais resistentes, tornando-o cada vez mais comum em tratamento de água de abastecimento.

No entanto, segundo Machado 2018, apesar de ser bastante utilizado nos sistemas de tratamento de água em todo o país, esse desinfetante pode ser indesejável para o consumo humano em níveis superiores a 2,0 mg/L. Pois em contato com matéria orgânica traz ressecamento e irritação das vias respiratórias, forçando um edema pulmonar que pode levar à morte. Para a OMS o uso deste composto é visto como um importante item no tratamento de água desde que usados em volumes seguros, quando esses volumes são ultrapassados, eleva o risco de intoxicação.

5.4.3.1. Presença do Cloro na água

A água oriunda da rede de distribuição, de forma geral, contém cloro em sua composição, uma vez que este é utilizado no processo de desinfecção para a eliminação de microrganismos nocivos à saúde humana. Durante o processo de fabricação da cerveja, as leveduras produzem naturalmente substâncias chamadas de fenóis. Entretanto quando elas consomem o cloro/cloraminas presentes na água, elas produzem o clorofenol (Figura 9), um composto com sabor muito característico na cerveja. Este é percebido como um *off flavor* bastante desagradável, que remete ao sabor medicinal ou hospitalar, comparável à de esparadrapo, antisséptico ou band-aid.

Figura 9- Fórmula estrutural clorofenol

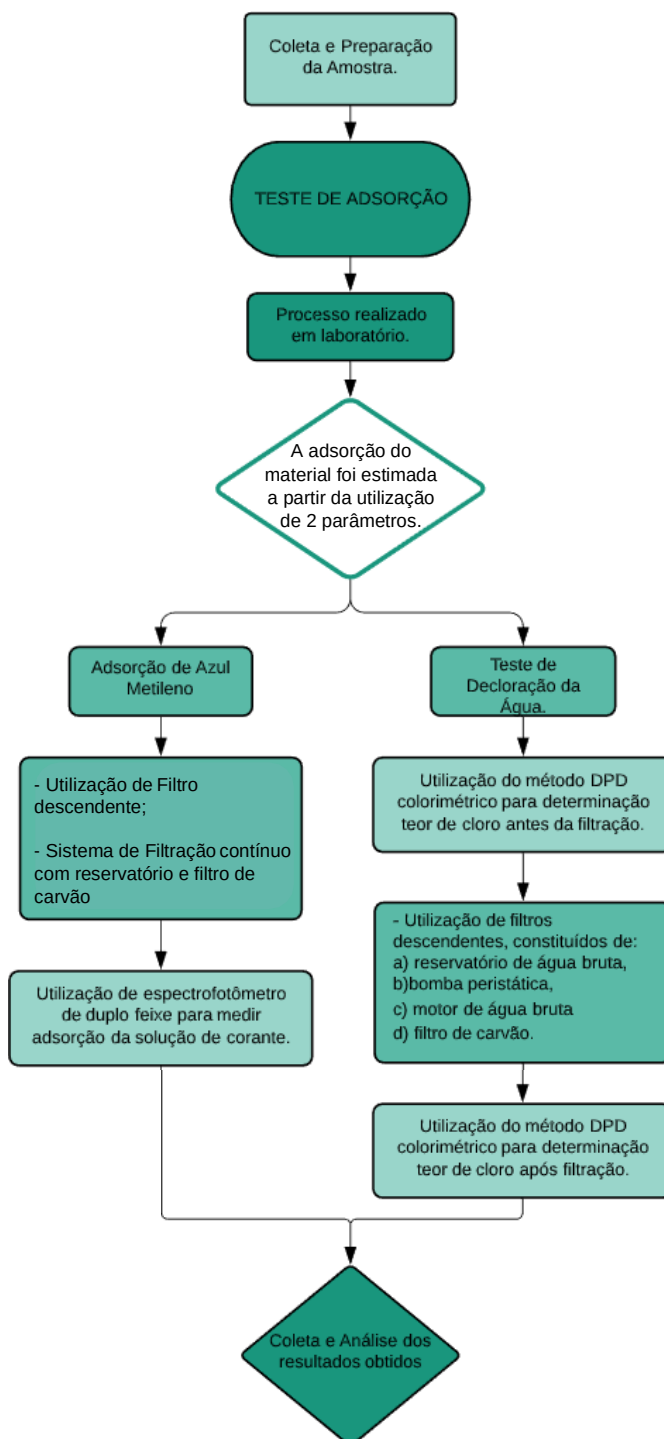


Fonte: Dinslaken, 2017

6 METODOLOGIA

Neste item será apresentada a metodologia que foi adotada pra a execução do experimento. Conforme exposto na Figura 10 no qual é possível visualizar as principais atividades realizadas em laboratório.

Figura 10 -Fluxograma de atividades desenvolvidas



6.1 Local da Pesquisa

Essa pesquisa foi desenvolvida nas dependências do Instituto Federal do Tocantins (IFTO) – Campus Palmas, juntamente com o Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética Tocantins (LARSEN) – Campus Palmas.

6.2 Obtenção da Amostra

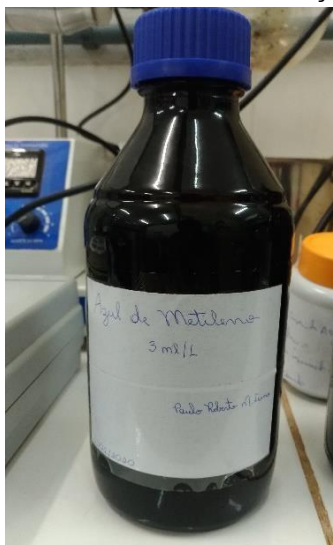
A amostra utilizada no experimento teve como origem a rede de distribuição de água da cidade de Palmas-TO. Onde foi coletada nas dependências do próprio Instituto Federal. Essa coleta foi realizada com recipiente adequado e preparado para recebimento do produto, sem que aja alteração na composição do mesmo.

6.3 Testes de Adsorção

6.3.1. Teste de adsorção de azul de metileno em coluna de carvão ativado

O teste foi realizado através do emprego de um filtro descendente contendo como meio filtrante o carvão ativado de sabugo de milho. Utilizando uma solução de corante a uma concentração de 3mg/L com pH a 7,0 (Figura 11) em fluxo contínuo. O filtro empregado no experimento foi constituído por: Reservatório de 1 litro, filtro de carvão ativado 5g (Figura 12) e torneira para regulação da vazão de fluxo.

Figura 11- Azul metileno concentração de 3mg/L



Fonte: Autor, 2020

Figura 12- Filtro de carvão ativado



Fonte: Autor, 2020

Para operação do sistema, instalou-se o reservatório de forma elevada para que a solução pudesse passar pelo sistema de filtro conforme Figura 13.

Figura 13- Sistema de filtração de corante em filtro descendente



Fonte: Autor, 2020

A adsorção da solução do corante foi medida em espectrofotômetro de duplo feixe em 660 (Figura 14), com amostra sendo coletada a cada hora. A vazão adotada para o experimento foi de 10mL/min.

Figura 14- Espectrofotômetro



Fonte: Autor, 2020

6.3.2. Teste de decoloração de água de abastecimento

Para análise da eficiência do carvão ativado na adsorção de cloro residual na água de abastecimento. O experimento, foi realizado no LARSEN- IFTO/Campus Palmas Tocantins, utilizando um sistema de filtração constituído dos seguintes componentes: Reservatório de água bruta, bomba peristáltica, motor-agitador de água bruta, filtro de carvão, tubulação em silicone e torneira para regulagem de vazão conforme Figura 15.

Figura 15 - Sistema de decoloração de água de abastecimento.



Fonte: Autor, 2020

A capacidade de armazenamento do reservatório de água bruta foi de 100 litros. O motor-agitador tinha como meta distribuir o cloro residual da água bruta para 2mg/L, em todo o volume armazenado. A alimentação do filtro foi controlada pela vazão programável da bomba peristáltica, durante 30 dias para avaliar a eficiência do filtro.

O filtro utilizado seguiu modelo adotado por Machado (2018), produzido em tubulação PVC com 20 mm de diâmetro e 5cm de comprimento, onde foi adicionado 5 gramas de carvão ativado de sabugo de milho. As juntas foram fixadas com conexões “luva” nas extremidades do tubo e conexões “bico torneira” de plástico para melhor vedação dos tubos de silicone, aplicando fita veda-rosca em torno das conexões para garantir que os líquidos não vazem do sistema conforme Figura 16.

Figura 16 – Filtro de carvão ativado de sabugo de milho



Fonte: Autor, 2020

O teor de cloro ativo nas amostras, antes e após a filtração de carvão ativado foi determinada a partir da utilização do método DPD colorimétrico da marca YSI Water Testing (Figura 17).

Figura 17 - DPD colorimétrico YSI Water Testing



Fonte: MACHADO, 2019

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Cenário Agroindustrial do Milho

A agroindústria nacional está em alta nos setores de colheita de grãos. Em agosto/2019 a produção foi estimada em 239,8 milhões de toneladas, atingindo um valor de 13,3 milhões de toneladas superior à safra de 2018. (IBGE, 2019). Já a estimativa da área a ser colhida foi de 62,9 milhões de hectares, um montante 3,2% maior que o ano anterior. Segundo pesquisa apontada pelo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola), o arroz, milho e soja representam 92,7% da estimativa de produção e respondem por 87,2% da área a ser colhida. (IBGE, 2019).

De forma geral, a produção de grãos, destaca-se sobre as demais por seu uso na fabricação de óleos com fins alimentícios e na geração de energia; atendem também as indústrias alimentares (massas, pães, biscoitos, etc.) e de ração; e alguns são importantes componentes da cesta básica brasileira (IBGE, 2010).

O milho é o cereal de maior volume de produção no mundo, atingindo a estimativa de aproximadamente 1122,7 milhões de toneladas para a produção anual. Sendo que, destes os Estados Unidos, Brasil e Argentina (Tabela 4) são os maiores produtores, representando 70% dessa produção (USDA/FIESP, 2019).

Tabela 4- Safra mundial de milho biênio

Países	Safras (milhões de t)		Variação
	18/19	19/20'	(%)
EUA	366,3	352,4	-3,8
China	257,3	254,0	-1,3
Brasil	101,0	101,0	0,0
U.E.28	63,4	64,2	1,3
Demais	334,7	333,5	-0,4
Mundo	1.122,7	1.105,1	-1,6

Fonte: adaptado de USDA, (2019).

No Brasil, a área cultivada de milho equivale a 15,12 milhões de hectares sendo o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial de milho. A estimativa para o ano de 2019, houve um acréscimo de 3,6% em relação a estimativa anterior, totalizando 98,4 milhões de toneladas conforme consta na Tabela 5. Sendo deste, 26,3 milhões para a 1ª safra de milho e 72, milhões estimados para a 2ª safra (IBGE, 2019).

Tabela 5- Estimativa Safra 19/20 no Brasil

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)	PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)	PRODUÇÃO (Em mil t)
NORTE	738	4.050	2.990
RR	13	6.000	78
RO	190	4.782	909
AC	35	2396	84
AM	11	2536	28
AP	1	972	1
PA	249	3255	809
TO	239	4517	1.081
NORDESTE	2.518	2.614	6.584
MA	427	4.281	1.826
PI	448	3.577	1.602
CE	502	834	419
RN	54	551	30
PB	96	511	49
PE	218	524	114
AL	37	1010	38
SE	148	4193	620
BA	589	3205	1.886
CENTRO-OESTE	8.551	6.129	52.406
MT	4.909	6.365	31.242
MS	1.872	5.218	9.768
GO	1.706	6.390	10.900
DF	64	7.718	496
SUDESTE	2.027	5.867	11.893
MG	1.172	6.192	7.255
ES	12	2.838	34
RJ	1	3.010	4
SP	842	5.462	4.601
SUL	3.703	6.622	24.518
PR	2.585	6.125	15.831
SC	336	8.278	2.781
RS	782	7.553	5.905
NORTE/NORDESTE	3.257	2.940	9.574
CENTRO-SUL	14.280	6.219	88.816
BRASIL	17.537	5.610	98.390

Fonte: adaptado de USDA, (2019).

O Tocantins é um dos principais produtores desse grão, na região norte, na qual apresentou o quinto maior aumento de produção, atingindo um montante

equivalente a 42,1 mil toneladas, proporcional a uma porcentagem de coleta 7,9% superior, em relação a produção do ano anterior. Segundo levantamento divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento, para a safra de 2018/2019 indicadores apontam para uma produção total de 917mil toneladas para o estado. As áreas de maior produção no estado ficam nos municípios de Campos Lindos, Porto Nacional, Pedro Afonso e Silvanópolis, onde maior parte da produção é destinado ao mercado interno e o restante comercializado para outras regiões.

7.2 Geração de Resíduos na Produção do Milho

Os resíduos gerados a partir da agricultura e das agroindústrias estão em alta, devido ao aumento de processamento de produtos agrícolas tais como arroz, feijão, milho, cana de açúcar e o amendoim para consumo, geração de energia e outros fins. Estes resíduos são potencialmente valiosos, no entanto seu valor econômico atual é menor do que o custo necessário para coleta, transporte e processamento para a realização do que reaproveitamento.

Na indústria do milho, são considerados resíduos: sabugo, casca, palha e haste. Nos últimos anos, o milho se destacou como uma das fontes econômicas de produtos diretos. No entanto, as milhares de toneladas de sabugo permanecem sem aplicação e são consideradas como desperdícios agrícolas nos campos e nas fábricas.

Segundo Kaliyan e Morey (2010), a caracterização desse resíduo (Figura 18) pode ser baseada nas propriedades físicas (granulometria, massa específica, densidade e teor de umidade), na análise imediata (teor de umidade, voláteis, cinzas e carbono fixo), análise elementar, a qual se determina os elementos químicos presentes na biomassa, análise somativa (teor de lignina, celulose e hemicelulose) no qual é composto, aproximadamente, por 40% celulose, 41% de hemicelulose, 6% lignina e 13% de proteína, amido, gordura e umidade.

Figura 18- Sabugo de milho



Fonte: <https://www.thedailygardener.com/wp-content/uploads/2019/05/Corncobs.jpg>

Dentre as principais finalidades dos resíduos agroindustriais, palhas, cascas, folhas, sabugo, etc. destaca-se o emprego para alimentação/consumo da indústria pecuária devido aos seus valores nutritivos e quantidade disponível (BISTANJI *et al*, 2000). No entanto, estes resíduos apresentam possibilidades de maiores ganhos com o reaproveitamento total da sua biomassa.

Estes resíduos são materiais com disponibilidade em abundância, renováveis (ecologicamente correto) e de grande eficiência na adsorção, também conhecido com bioadsorção (SUD *et al*, 2008). Adsorventes alternativos vêm sendo utilizados atualmente na purificação de águas, no qual materiais sem importância comercial, que seriam normalmente descartados, podem ser utilizados como matéria-prima eficiente na remoção de contaminantes em meio aquoso sendo por isso denominados bioadsorventes (VIJAYARAGHAVAN *et al*, 2005).

7.3 Testes de Adsorção

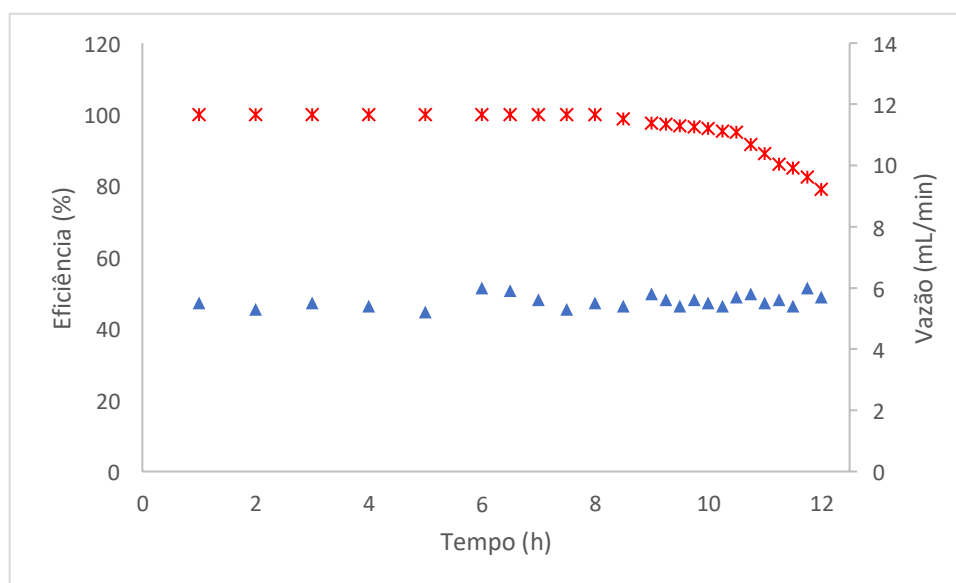
Os testes foram realizados empregando dois sistemas de adsorção, sendo eles: (1) Teste de adsorção de corante azul de metileno e (2) teste de decoloração de água de abastecimento. Em ambos os ensaios, como visto no item metodologia, aplicou-se um filtro com 5 gramas de carvão ativado de sabugo de milho, obtido nas condições de 500 °C.

7.3.1 Teste de adsorção de corante azul metileno em coluna de carvão ativado

A adsorção de Azul de Metileno refere-se à capacidade que o carvão tem de adsorver partículas ou moléculas que tenham dimensões similares à do azul de

metileno, referindo-se também, a área superficial dos poros superiores a 1,5 nm (VALCARENGHI e RIBEIRO, 2013). Tal determinação faz-se de suma importância neste processo de qualificação do carvão, uma vez que avalia a eficiência dessa propriedade nesse material. A Figura 19, mostra os dados experimentais obtidos durante os testes de adsorção de azul de metileno em função do tempo de operação e da vazão do sistema.

Figura 19 – Eficiência de remoção do azul de metileno



Fonte: Autor, 2020

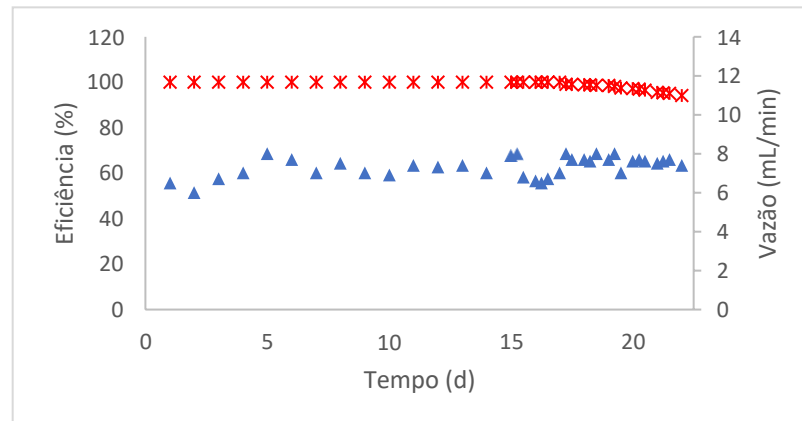
O sistema permaneceu em operação durante 12h, sendo medida a vazão média e a concentração do efluente filtrado a cada 1 hora as primeiras 6 horas de experimento, a cada 30 min nas 3 horas seguintes e a cada 30 minutos nas 3 horas finais do experimento. O filtro apresentou uma remoção máxima nos primeiros 3 litros de solução do corante em estudo, operando à uma vazão média de 5,5 mL/min. Observou-se ainda um decaimento da eficiência de remoção devido a saturação do carvão. A menor eficiência observada foi de 79% com o tempo de operação de 12h.

7.3.2 Teste de decoloração em água de abastecimento

De acordo com os dados coletados no experimento laboratorial, a remoção do cloro residual para tratamento de um volume total de 230 litros de água de abastecimento bruta com cloro ajustado à 2 mg/L, foi de 100% para tratamento dos 180 litros iniciais (17 dias correntes ininterruptos). Após esse período, foi observada

uma redução da eficiência de retirada de cloro pelo sistema empregado, atingindo um valor de 94% de remoção do sanitizante num período de 22 dias de experimento, conforme Figura 20.

Figura 20 – Eficiência de remoção de cloro em água de abastecimento



Fonte: Autor, 2020

7.4 Aplicação do CA em processos de tratamento de água na indústria cervejeira

A cervejaria Jalapa, indústria situada em Palmas no distrito de Taquaralto, detém de uma produção estimada em 20 a 40 mil litros de chopp puro malte por mês, e utiliza dois tipos de cevada maltada, uma de origem nacional e outra alemã. Seu produto é distribuído para todo o estado do Tocantins, Goiás, Pará e Maranhão e seus equipamentos são em aço inoxidável AISI 304, atendendo aos rígidos padrões sanitários conforme Figura 21.

Figura 21 – Sistema de Produção Jalapa Choperia



Fonte: Autor, 2020

Para fabricação do chopp, a indústria é alimentada com água de abastecimento da BRK Ambiental, por esse motivo, a água recebida nesse processo é rica em aditivos químicos, tendo um maior destaque o cloro residual. Para se adaptar aos parâmetros adequados a produção de cerveja, a indústria emprega um sistema de filtros contendo carvão ativado com o intuito de purificar a água, removendo assim, componentes químicos indesejáveis ao processo produtivo. O sistema de filtro (Figura 22) da indústria Jalapa é composto por um filtro primário de polipropileno, que realiza a primeira filtragem e em seguida é passado por 6 filtros de carbono block (carvão ativado) para uma filtragem mais rigorosa.

Figura 22 – Sistema de Filtro Jalapa Choperia



Fonte: MACHADO, 2019

Esse sistema de filtros, composto por filtros da marca Big Blue 20 polegadas, com diâmetro de 18 cm, altura de 50 cm, e capacidade de vazão de até 6.000 L/hora cada, tem preço estimado em R\$ 250,00 - 450,00 reais a unidade, sendo que ainda cada filtro tem validade de 6 meses, fazendo-se necessária, assim, sua troca a cada semestre. O custo operacional com aquisição dos filtros de carvão ativado pela referida indústria é de aproximadamente 4.410,00 R\$/ano.

7.5 Produção de CA a partir de material residual

Uma empresa pioneira no desenvolvimento de processos e tecnologias envolvidas no extrativismo e aproveitamento integral do coco de babaçu é a TOBASA BIOINDUSTRIAL DE BABAÇU S/A, a qual gera “economia circular” e “soluções sustentáveis” para diversos setores da indústria. Localizada na cidade de Tocantinópolis - TO, contempla em seu parque industrial cerca de 175.000 m² de área total, a maior fábrica de carvão ativado de coco da América Latina.

A TOBASA, fabrica o carvão ativado a partir do endocarpo do coco de babaçu (Figura 23), que é considerado uma matéria-prima nobre por ser naturalmente de elevada dureza, o que possibilita tecnicamente a obtenção de elevados índices de ativação. Por esse motivo, esse carvão ativado ecológico, apresenta grande área superficial de adsorção (700 a 1.200 m²/g), é constituído essencialmente de microporos e mesoporos, mantendo - após o processo de ativação- uma elevada dureza e um excelente índice de resistência à abrasão. Essas características fazem com que este material seja apto e atrativo para utilização, dentre outras inúmeras aplicações, em meios dinâmicos de tratamento de água nos filtros decoloradores industriais e especialmente em filtros e purificadores residenciais.

Figura 23 – CA do endocarpo do coco babaçu



Fonte: <https://www.tobasa.com.br/carvao-ativado-granulado>

A empresa produz cerca de 300 toneladas/ mês de carvão ativado, contando com clientes nas áreas de tratamento de água, indústria farmacêutica, indústria alimentícia e de extração de ouro. A TOBASA fornece CA para indústrias de Bebidas e

Refrigerantes como à IBI (River), Tomaz de Aquino (São João da Barra), para hospitais (processo de Hemólise) e para clientes que trabalha, na extração de ouro, substituindo o mercúrio por carvão ativado. O preço estimado do CA produzido varia de 5,00 – 12,00 R\$/kg de acordo à granulometria do mesmo, e seu BIOBLOCK TOBASA (Figura 24) é fabricado através de rigoroso processo de extrusão, com controle de temperatura e umidade, utilizando-se CA com impregnação de prata coloidal. Esse apresenta elevada eficiência para redução de cloro, remoção de sabor e odor da água, além de ter função bacteriostática, impedindo a proliferação de bactérias no interior dos filtros e purificadores.

Figura 24 – BIOBLOCK TOBASA



Fonte: <https://www.tobasa.com.br/carbon-block>

8. CONCLUSÃO

Após análise de todos os dados obtidos e verificação a partir de referencial obtido, o carvão ativado obtido da pirólise de sabugo de milho foi muito eficiente no processo de decoloração de água de abastecimento. A eficiência na remoção de cloro residual em sistema de filtração com carvão dessa pesquisa foi de 94% ao longo do período monitorado (22 dias ininterruptos de operação). Os resultados obtidos corroboram de forma positiva, indicando o potencial da utilização do carvão ativado de sabugo de milho, para produção de filtros de carvão ativado em indústrias de bebidas e alimentos. Podendo afirmar a viabilidade técnica do uso do mesmo, substituindo assim as matérias primas tradicionais empregadas na produção de material adsorvente.

REFERÊNCIAS

- ALVES, D. A. de H.; BARCELLOS, K. M.; ABUD; A. K. de S. - **Caracterização de Briquetes Obtidos a partir de Resíduos do Beneficiamento da Mandioca e do Milho**, 2016. Disponível em: < <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev181/rev1815.pdf>> Acesso em 26 de out. de 2019.
- BISTANJI, G.; HAMADEH, S.; HASSAN, H.; TAMI, F.; TANNOUS, R. **The potential of agro- industrial byproducts feeds for livestock in Lebanon**. Livestock Research for Rural Development. 12, p. 3-10, 2000.
- CETESB- **Cervejas e Refrigerantes, Série P+L**, Governo de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/downloads/cervejas_refrigerantes.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2019.
- CLAUDINO, Antônio. **Preparação de Carvão Ativado a partir de turma e sua utilização na remoção de poluentes**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2003. Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/mt01.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2019.
- COELHO, T. C. **Estudos de Adsorção de cobre (ii) em microesferas de quitosana reticuladas com epícloridrina e impregnadas com heparina**. Florianópolis- SC, 2006. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88790/226924.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 02 nov. 2019.
- DINSLAKEN, D. **O cloro interfere na minha cerveja?** 2017. Disponível em: <<https://concerveja.com.br/cloro/>> Acessado em 26 de outubro de 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Alta na taxa de Coleta de Grãos para Safra de Agosto de 2019** - 2019. Disponível via url: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25405-em-agosto-ibge-preve-alta-de-5-9-na-safra-de-graos-de-2019>> Arquivo capturado em 06 de novembro de 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal- Milho (em grãos) 1ª e 2ª safras** - 2019. Disponível via url: <<http://www.contabilidadenatv.com.br/2019/08/em-julho-ibge-preve-alta-de-58-na-safra-de-2019/>> Arquivo capturado em 06 de novembro de 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal- Milho (em grãos) 1ª e 2ª safras** - 2006.
- MACHADO, P. R. S. **Prospecção de Bioprodutos a partir da Degradação Termoquímica do Sabugo de Milho Visando Aplicação Industrial**. UFT, Palmas-TO, 2018. Disponível em:< <http://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/1242/1/Paulo%20Ricardo%20Silva%20Machado%20-%20Disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2019.
- PRETO, E. V.; MORTOZA, G. L.; **Geração de Energia Elétrica Utilizando Biomassa**, UFB, 2010. Disponível em: < <http://www.lippel.com.br/dados/download/02-05-2014-15-08geracao-de-energia-eletrica-utilizando-biomassa.pdf>> Acesso em 26 de outubro de 2019.

RICHTER. H. B. (org.) **Conheça Outras Terapias**- Terapias usadas há muito tempo em diversas partes do mundo, 3ª ed, 104 p ilustradas, 2003.

SUD, D.; MAHAJAN, G.; KAUR, M. P. **Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions – A review.** Bioresource Technology. 99, p. 6017-6027, 2008.

TOLEDO, B. L.; GARCIA, M. A. F.; UTRILLA., J. R.; CASTILLA, C. M.; FERNÁNDEZ F.J.V.; **Bisphenol A removal from water by activated carbon. Effects of carbon characteristics and solution chemistry,** Environ. Sci. Technol., 39: 6246, 2005.

TSAI, W. T.; CHANG, C. Y.; WANG, S. Y.; CHANG, C. F.; CHIEN, S. F.; SUN, H. F. **Cleaner production of carbon adsorbents by utilizing agricultural waste corn cob. Resources, Conservation and Recycling.** 32. p. 43 -53, 2000.

USDA/Fiesp – **Produção de Milho em 2019: cenário internacional.** Disponível em: < <https://blog.aegro.com.br/producao-de-milho-2019/> > Acessado em 26 de outubro de 2019.

VALCARENGHI, G.; RIBEIRO, L. F. P. (2013). **Adsorção de azul de metileno de solução aquosa com utilização de pó de serragem de MDF e madeirite e carvão ativado granular.** 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

VIJAYARAGHAVAN, K.; PALANIVELU, K.; VELAN, M. **Crab shell -based biosorption technology for treatment of nickel -bearing electroplating industrial effluents.** Journal of Hazardous Material. 119, p. 251-254, 2005.