



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RUMMENIGGE MELO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CARVÕES ATIVADOS VENDIDOS
COMERCIALMENTE E O CARVÃO PRODUZIDO COM INFLORESCÊNCIA DE
MACAMBIRA**

ANGICOS

2022

RUMMENIGGE MELO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CARVÕES ATIVADOS VENDIDOS
COMERCIALMENTE E O CARVÃO PRODUZIDO COM INFLORESCÊNCIA DE
MACAMBIRA**

Monografia apresentada ao Conselho do
Curso de Engenharia de Produção da
Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
como requisito parcial para elaboração do
Trabalho de Conclusão de curso.

Orientador (a): Prof. Dr. Joselito Medeiros
de Freitas Cavalcante

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M528e Melo, Rummenigge.

Estudo comparativo entre carvões ativados vendidos comercialmente e o carvão produzido com inflorescência de Macambira / Rummenigge Melo. - 2022.

38 f. : il.

Orientador: Joselito Medeiros de Freitas Cavalcante.

Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia de Produção, 2022.

1. adsorção . 2. carvão ativado. 3. inflorescência da Macambira. 4. porosidade. I. Medeiros de Freitas Cavalcante, Joselito, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos

Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte

CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RUMMENIGGE MELO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CARVÕES ATIVADOS VENDIDOS
COMERCIALMENTE E O CARVÃO PRODUZIDO COM INFLORESCÊNCIA DE
MACAMBIRA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 28 / 11 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Joselito Medeiros de Freitas Cavalcante
Presidente/Orientador (UFERSA)

Prof. Dr. Damilson Ferreira dos Santos
Examinador (UFERSA)

M.Sc. Hugo de Paiva Nunes
Examinador (UFERSA)

AGRADECIMENTOS

Gratidão primeiramente a Deus por ter me dado condições e forças para que realizasse esse trabalho.

Logo em seguida, de forma especial, vem minha família, uma base para todos os momentos. Responsáveis pela pessoa que sou e que sempre me coloca em uma posição agradável para o desenvolvimento de etapas da vida como esta.

Agradeço ao orientador Prof. Dr. Joselito Medeiros pela atenção dada e instrução nas etapas do trabalho, procedimentos, experimento e organização das ideias.

Grato também a banca Examinadora pela presença e por aceitar a exploração e avaliação desse meu trabalho de conclusão de curso.

Aos meus amigos pela constante motivação e interesse em sempre querer me ajudar de qualquer forma.

Em geral, sou grato a todos que me rodeiam, de forma direta, indireta, positiva ou negativamente, me dão forças para eu continuar lutando em busca dos objetivos e crescimento pessoal.

RESUMO

Bastante utilizados no mercado pela sua capacidade de adsorção, o carvão ativado é produzido a partir dos mais variados precursores. A competitividade entre as empresas, fatores ambientais e eficiência exigem uma boa escolha na hora de definir materiais precursores do carvão ativado ou algum outro material alternativo que atenda aos requisitos de adsorção. Pelo motivo das características natural da inflorescência da macambira apresentar aparentemente boas propriedades de adsorção, especialmente a porosidade, surge esse estudo com a intenção de especular a viabilidade dessa alternativa, fazendo a comparação com carvões ativados comercializados. Apenas feita a pirolise da inflorescência da macambira, comparando com os carvões ativados a partir dos resultados dos testes de adsorção feitos com o corante azul de metileno e verificando seu custo de produção energético. No resultado do teste de adsorção, o carvão da inflorescência da macambira, feito somente a pirolise a 400°C, mostrou um resultado desejável a partir da proporção de massa com 500 mg. Dessa forma, foi possível identificar a viabilidade desse produto no mercado, atingindo resultados satisfatórios e um baixo custo de produção, condizente com o esperado. Se bem utilizados, os resultados desse estudo, podem ser de alta relevância para quem atua nesse mercado.

Palavras-chave: adsorção; carvão ativado; inflorescência de macambira; porosidade.

ABSTRAT

Widely used in the market for its adsorption capacity, activated carbon is produced from the most varied precursors. Competitiveness between companies, environmental factors and efficiency favored a good choice when defining precursor materials for activated carbon or some other alternative material that meets the adsorption requirements. Due to the natural characteristics of the macambira inflorescences, which apparently have good adsorption properties, especially porosity, this study arises with the intention of speculating the viability of this alternative, making a comparison with commercialized activated carbons. Only the pyrolysis of the macambira inflorescence was performed, comparing it with the activated carbons based on the results of the adsorption tests carried out with the methylene blue dye and verifying its cost of energy production. In the result of the adsorption test, the charcoal from the macambira inflorescence, made only by pyrolysis at 400°C, showed a desirable result from the mass proportion of 500 mg. In this way, it was possible to identify the viability of this product in the market, achieving strong results and a low production cost, consistent with expectations. If well used, the results of this study can be of high vibration for those who work in this market.

Keywords: adsorption; activated charcoal; macambira inflorescence; porosity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formato de poros	18
Figura 2 – Interior poroso da inflorescência da macambira.	22
Figura 3 - Representação estrutural do azul de metileno.....	23
Figura 4 – Pesagem de pedaços da inflorescência da macambira.	25
Figura 5 - Pedaços da inflorescência de macambira carbonizado a 400°C	26
Figura 6 - Carvão ativado de babaçu e coco comercializados.....	27
Figura 7 - Triturando o carvão ativado comercializado com as ferramentas pistilo e almofariz.	27
Figura 8 - Erlenmeyer, funil e papel filtro.....	28
Figura 9 - Escala de azul de metileno para auxílio.....	29
Figura 10 - Béqueres com a solução azul de metileno e carvão.....	30
Figura 11 – Resultado após filtração do carvão ativado (CA) da inflorescência da macambira.	31
Figura 12 - Resultado da filtração do carvão ativado de coco.	32
Figura 13 - Resultado após filtração do carvão ativado de coco babaçu.	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de adsorção	17
Quadro 2 - Classificação de poros segundo a IUPAC.....	19
Quadro 3 – Resultados de adsorção baseados na escala azul de metileno.	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Azul de Metileno
CA	Carvão Ativado
Bel	Bacharel
Dr.	Doutor
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi Árido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	12
1.2	OBJETIVO GERAL	13
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4	PROBLEMA	13
1.5	JUSTIFICATIVA.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	CARVÃO ATIVADO (CA).....	15
2.2	ADSORÇÃO.	16
2.3	POROSIDADE	18
2.4	PRECURSORES DE PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO	19
2.4.1	Coco (coccus nucifera).....	20
2.4.2	Coco de babaçu	20
2.5	INFLORESCÊNCIA DE MACAMBIRA	21
2.6	AZUL DE METILENO	22
3	METODOLOGIA	24
3.1	MATERIAIS	24
3.2	PROCEDIMENTOS	25
3.2.1	produção de carvão a partir da inflorescência da macambira	25
3.2.2	teste de adsorção.....	26
4	RESULTADOS.....	30
5	CONSIDERAÇÕES.....	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Torna-se mais expressiva a crescente presença do carvão ativado no mercado. No mundo, por ano são produzidas cerca de 400.000 toneladas de carvão ativado a partir de aproximadamente 1.000.000 de toneladas de precursores variados (CLAUDINO et al., 2003).

As propriedades presentes no carvão ativado possui elevada capacidade de adsorção, muito utilizado no tratamento de água e efluentes devido a sua eficiência. Porém, existe um custo para isso, muitas vezes em razão do valor e origem da matéria prima, o custo de fabricação se torna elevado. Levando-se em conta as quantidades de massa dos precursores e do produto final que é o carvão ativado, é notório que há perdas durante o processo, muitas vezes resultando em onerosidade. Por esse motivo, cada vez mais cresce a procura por materiais alternativos como precursores, de baixo custo e com propriedade para se obter o carvão ativado de boa qualidade (WERLANG, 2013).

Qualquer material com alto teor carbono seria adequado para a produção do carvão ativado, mas sua porosidade e uma grande área superficial são essenciais para uma melhor qualidade do CA. Os materiais mais utilizados na síntese de carvão ativados são madeira, carvão mineral, linhito, casca de coco e turfa, com produções anuais de respectivamente, 130.000, 100.000, 50.000, 35.000 e 35.000 toneladas (SCHETTINO, 2004).

A maioria desses carvões são produzidos a partir de resíduos de outros processos, por exemplo, aparas de madeira. Passam por um processo de pirolise e são ativados de forma química ou física.

Muito presente na vegetação caatinga no Nordeste, a inflorescência da planta macambira, apresenta um “miolo” bastante poroso, assemelhando-se a uma cortiça. Tal característica atrai atenção para como uma possível alternativa de precursor na produção de um carvão ativado também poroso, o que pode levar vantagem quando comparado aos produzidos de forma comercial.

Outro fator que pode agregar a seu favor, é que baseado no estudo de Silva (2022), o carvão produzido a partir da inflorescência de macambira tende a ser produzido em temperaturas mais baixas, reflete em uma economia no gasto energético, o que leva a um menor custo de produção. Isso pode ser explicado porque aparentemente não há a necessidade de

passar pela etapa de ativação. Sendo assim, tornara-se, um carvão viável em relação ao custo de produção.

1.2 OBJETIVO GERAL

Comparar as propriedades e os custos de produção dos carvões ativados comerciais com o carvão produzido a partir da inflorescência da macambira.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir o carvão da inflorescência de macambira;
- Observar o resultado pós filtração dos carvões ativado das marcas comerciais;
- Observar as propriedades pós filtração do carvão da inflorescência de macambira;
- Averiguar a eficiência das diferentes proporções de massas dos carvões;
- Avaliar a eficiência do carvão de macambira baseado nos carvões ativados comerciais.

1.4 PROBLEMA

Devido à grande preocupação com a preservação do meio ambiente, é crescente o interesse pela busca de materiais alternativos e de baixo custo, como resíduos de biomassa, por exemplo, que possam ser utilizados como adsorventes para eliminação de contaminantes presentes em efluentes aquosos.

Dentre os materiais mais empregados neste tratamento, o carvão ativado se destaca por apresentar excelentes características adsorventes; este vem sendo utilizado em uma ampla variedade de aplicações, tais como, adsorvente de gases poluentes, purificação de água e do ar em indústrias químicas e petroquímicas, suporte catalítico na remoção de gases nocivos dispersos no ar, na recuperação de solvente, entre outras aplicações.

Algumas dessas aplicações exemplificam a utilidade do carvão ativado como um produto de interesse nos setores industriais, entretanto essas aplicações são restritas devido ao

alto custo de produção comercial, especialmente para os países em desenvolvimento. Para resolver os problemas de custos associados à produção dos carvões ativados, muitos pesquisadores optaram por precursores alternativos, como resíduos de biomassa, agrícolas e industriais. Por meio destes resíduos, pode ser possível a obtenção de materiais com características adsorventes semelhantes às do carvão ativado comercial, porém com um custo de produção mais baixo. Muitos precursores têm sido utilizados com sucesso para a produção de carvão ativado, incluindo bambu, casca de arroz, haste de algodão, microalgas, sementes de uva, talo da uva e resíduos vegetais, agrícolas, de pneu, dentre outros equivalentes (OLIVEIRA, 2016).

Nesse sentido a inflorescência de macambira apresenta propriedades que pode ser útil na produção de carvão ativado. Para isso se utilizou os processos listados na literatura para ativação os carvões feitos a partir da inflorescência, entretanto, para a realização dos ensaios de caracterização não dispomos de meios laboratoriais para tanto, então vamos comparar o uso desse carvão produzido com a inflorescência de macambira com carvões comerciais. Esses carvões comerciais são utilizados prioritariamente em processos de filtragem. Em outras palavras, se deseja validar o carvão ativado, produzido a partir da inflorescência de macambira, com carvões produzidos comercialmente.

1.5 JUSTIFICATIVA

A inflorescência de macambira é um material poroso, então há uma tendência natural que apresente características relevantes para seja um ótimo precursor para a produção de carvão ativado. Além disso, a inflorescência de macambira, por ser endêmica da região semiárida do Nordeste, pode ser no futuro uma fonte de renda para os moradores da região. Para que se possa ter uma medida da eficiência do carvão da inflorescência de macambira, foi feito uma comparação com produtos (carvões) já comercializados, o de coco e o de coco babaçu. Então, busca-se comparar os carvões comerciais com esse novo carvão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CARVÃO ATIVADO (CA)

Há inúmeras aplicações de carvões ativados, como para a purificação de água, a redução direta dos gases poluentes como monóxido de carbono e a suportação de catalisadores para reações gás-sólido (CLAUDINO et al., 2003). Segundo Araújo et al. (2018), o carvão ativado é o adsorvente mais eficiente no tratamento de água, capaz de adsorver composto que causam odor, gosto, cor, mutagenicidade e toxicidade a água.

O carvão ativado é um produto rico em carbono e poroso, conta com uma vasta área superficial específica de elevada capacidade de adsorção de fluidos (OLIVEIRA et al., 2016). Na composição do carvão ativado possui por volta de 87 a 97% de carbono e mais alguns elementos como oxigênio, hidrogênio, enxofre e nitrogênio, variando de acordo com os precursores utilizados para a produção (SILVA et al., 2015).

Quanto menor a densidade do carvão ativado, maior a resistência contra o rompimento da sua estrutura enquanto for exigido (SCHETTINO JUNIOR, 2004).

Dural et al. (2011) afirma que, “o carvão ativado é produzido a partir da desidratação de precursores e carbonização seguida de ativação. Suas características são influenciadas, sobretudo, pelo material precursor e pelo método utilizado na sua preparação.”

A ativação é necessária para aumentar a área superficial do carbono, desta forma, resulta também no aumento da porosidade do material e consequentemente uma maior adsorção. A grande maioria dos materiais que possuem alta proporção de carbono em sua composição são capazes de receber a ativação (MACÊDO et al., 2012). Esses materiais podem ser formados por compostos orgânicos natural com mais de 40% e macromoléculas encontrados em tecidos vegetais (RODRÍGUEZ-REINOSO, 2006).

O processo de ativação pode se dar por duas etapas: a pirolise e a verdadeiramente ativação, que por sua vez possui método químico e físico. A ativação química acontece pelo uso de agentes desidratantes no precursor, agentes como ácido fosfórico, hidróxido de potássio e cloreto de Zinco, antecedendo muitas vezes a etapa carbonização (pirólise) que o material irá sofrer posteriormente a temperaturas acima de 673K (CLAUDINO et al., 2003). A ativação física consiste em mais tratamento térmico do material após pirolise, com temperaturas normalmente mais elevadas utilizando gases oxidantes como vapor de água, dióxido de carbono ou a mistura deles (BOUCHELTA et al., 2008).

A pirolise é um processo de carbonização do material precursor a uma temperatura a partir de 400°C, sob a ausência de gás redutor ou oxidante. Esse processo ocorre a extração de gases leves e componentes voláteis do material, eliminando espécies não carbônicas e produzindo uma massa fixa de carbono (SILVA, 2022).

A utilização da ativação química possui a vantagem de ser um processo que precisa de um menor gasto energético devido a exigência de temperaturas mais baixas e possibilita ter um maior controle das características físico-químicas do produto final. Contudo, existe o custo do uso de agentes ativantes no processo e seu descarte adequado dos resíduos gerados (CASTRO, 2009).

2.2 ADSORÇÃO

Para Costa Junior et al. (2014), a adsorção é um processo físico-químico onde os elementos em estado líquido ou gasoso, chamados de adsorbato, ficam retidos na superfície sólida de um material, o adsorvente.

Existem diversas maneiras para realizar o tratamento de águas, uma delas é a adsorção, considerado um método universal, apresenta a capacidade de reter variados poluentes da água. Para essa adsorção, podem ser utilizados como elementos adsorventes o carvão ativado, sílica gel, alumina ativada e entre outros (WERLANG et al., 2013).

Os fatores que determinam a capacidade de um material de ser adsorvente é a sua área específica, a porosidade, teor de cinzas, densidade e a natureza dos grupos funcionais presentes na superfície (FERNANDES, 2008).

O processo de adsorção pode ser de dois métodos: o químico e o físico. O método químico se dá por interações químicas entre as moléculas do adsorbato e adsorvente, já no processo físico ocorre por forças de atração dispersivas fracas entre o adsorbato e adsorvente até atingir o equilíbrio, esse processo pode ser facilmente reversível (CASTRO, 2009). A tabela a seguir, mostra as principais diferenças entre esses dois tipos de adsorções:

Quadro 1 - Tipos de adsorção

Adsorção Física	Adsorção Química
Causada por forças de Van der Waals.	Causada por forças eletrostáticas e ligações covalentes.
Não há transferência de elétrons.	Há transferência de elétrons.
Calor de adsorção = 2 - 6 Kcal mol ⁻¹	Calor de adsorção = 10 - 200 Kcal mol ⁻¹
Fenômeno geral para qualquer espécie.	Fenômeno específico e seletivo.
A camada adsorvida pode ser removida por aplicação de vácuo à temperatura de adsorção.	A camada adsorvida só é removida por aplicação de vácuo e aquecimento a temperatura acima da de adsorção.
Formação de multicamadas abaixo da temperatura crítica.	Somente há formação de monocamadas.
Acontece somente abaixo da temperatura crítica.	Acontece também a altas temperaturas.
Lenta ou rápida.	Instantânea.
Adsorvente quase não é afetado.	Adsorvente altamente modificado na superfície.

Fonte: Revista Química Nova, vol. 24, N° 6, 808-818, 2001.

A capacidade de variação da adsorção do adsorvato, entre sua concentração restante e o equilíbrio sobre determinada temperatura, se denomina isotermas de adsorção (CLAUDINO et al., 2003).

A adsorção utilizando o carvão ativado é uma técnica de bastante praticidade, principalmente para efluentes de concentrações não muito elevadas de corantes (WU; TSENG; HU, 2005).

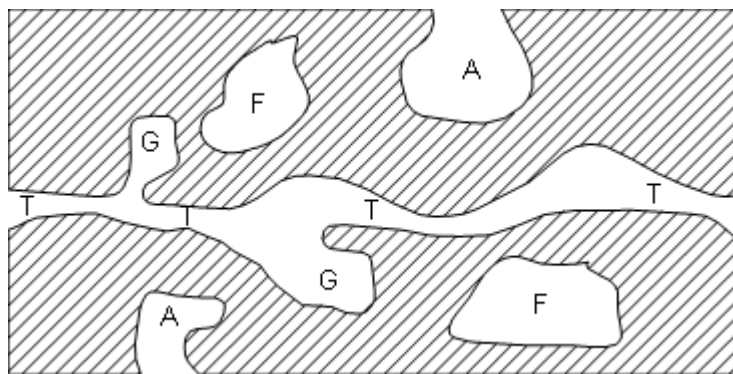
2.3 POROSIDADE

Uma das características do carvão que afetam diretamente no desempenho é a porosidade do material, esses poros na estrutura estão diretamente relacionados com a propriedade de adsorção do carvão. A relação entre especificações dos poros e a adsorção do produto podem ser classificadas considerando a forma dos poros e suas dimensões. (CLAUDINO et al., 2003)

A forma dos poros possui 3 classificações: poro aberto, aqueles que possuem cavidades em contato com ambiente externo ao material; poro fechado, não há contato com a superfície externa; de transporte, são poros abertos que permitem o fluxo de um fluido, podendo apresentar ramificações que não contribuem para o transporte (GREGG et al., 1967). O poro fechado não contribui para efeito de adsorção (OLIVEIRA, 2016).

A Figura abaixo exemplifica as diferentes formas de poros. A cavidade A, significa o poro aberto, o (F) poro fechado e o (T) poro de transporte (GREGG et al., 1967).

Figura 1 - Formato de poros.



Fonte: Gregg et al, 1967.

Quanto a dimensão os poros, segundo a IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), podem ser categorizados como microporos, mesoporos e macroporos (CLAUDINO et al., 2003). A classificação poderá ser assimilada pela seguinte Quadro:

Quadro 2 - Classificação de poros segundo a IUPAC

Tipo de poro	Diâmetro médio	Função Principal
Microporos	$q\ m < 2\ \text{nm}$	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	$2\ \text{nm} < q\ m < 50\text{nm}$	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	$q\ m > 50\ \text{nm}$	São normalmente considerados sem importância para a adsorção e sua função é servir como meio de transporte para as moléculas gasosas.

Fonte: Claudino, 2003.

2.4 PRECURSORES DE PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO

A utilização de resíduos vegetais para a produção do carvão ativado favorece questões ambientais, além de ser relativamente baratas e naturalmente disponíveis em profusão.

Buscando um meio de combinar fatores como econômico, ambiental e a eficácia. São analisados diversos precursores para o carvão ativado e muitos deles são do tipo agrícolas pelo motivo de serem renováveis, reprodutíveis, de baixo custo e pela elevada concentração de carbono. (OLIVEIRA et al., 2016).

2.4.1 Coco (*coccus nucifera*)

O *Coccus nucifera*, mais conhecido como coqueiro, é uma espécie de planta da família *Palmae*. A planta é considerada de grande porte, com alturas de aproximadamente 25 metros. O seu fruto, coco, possui uma epiderme lisa ou epicarpo que envolve o mesocarpo e mais interior vem o endocarpo. O cultivo do coco no Brasil acontece principalmente em áreas litorais, devido as condições que favorecem o seu desenvolvimento (LUCENA, 2018).

A planta coqueiro possui bastante importância na sociedade, dela pode-se aproveitar o fornecimento de óleos, gorduras, minerais e vitaminas essenciais além do fruto fresco. (MACÊDO, 2012).

O aumento do cultivo e do consumo resultando na geração de resíduos, aproximadamente de 80 a 85% do peso bruto do fruto é apontado como resíduo (ROSA et al., 2001).

A produção do coco tem chamado atenção pela elevada quantidade de resíduos gerados, descartados após o consumo de alguns dos benefícios do fruto. De acordo com Silva et al. (2015), foram produzidos em 2010 cerca de 55 milhões de toneladas de coco no mundo.

Segundo Stoppe et al (2019), o tempo de decomposição da casca do coco é de mais de 8 anos. Descartados em lixões provocando o esgotamento da capacidade devido ao elevado volume e consumo, a utilidade dos restos subprodutos do coqueiro traz preocupações ambientais em torno de como aproveitá-los.

2.4.2 Coco de babaçu

A planta babaçu é da espécie palmeira nativa da América do sul, da família botânica *Palmae*. Considerada de grande porte, a palmeira babaçu pode chegar até 20 metros de altura, possui o tronco no formato cilíndrico e copa no formato de taça. A palmeira possui um número elevado de frutos, sendo cerca de 150 a 250 cocos por cachos, normalmente uma palmeira possui 4 cachos (OLIVEIRA, 2016; TEIXEIRA, 2002; TEXEIRA; CARVALHO, 2007)

Responsável pela sobrevivência de muitas comunidades no Norte e Nordeste do Brasil, o fruto da palmeira, coco babaçu, é formado por epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas (MACHADO et al., 2006). Entre os principais produtos comercializados a partir da planta babaçu é o óleo extraído das amêndoas, representando 7% do peso do fruto (TEIXEIRA, 2002).

Apesar da principal fonte de extrativismo do babaçu ser as amêndoas, outras partes da palmeira são utilizadas como matéria prima de outros produtos como confecção de cestas, gaiolas e peneiras (OLIVEIRA, 2016).

2.5 INFLORESCÊNCIA DE MACAMBIRA

A macambira é uma vegetação do bioma brasileiro, caatinga, presente principalmente na região nordeste. Pertence à família das bromélias, localizada normalmente em áreas rochosas e conservadas. Por característica pertencente a caatinga, a macambira pode resistir a longos períodos de escassez de água e utilizada muitas vezes como alimento para animais e eventualmente para pessoas. A sobrevivência dessa planta nesse período se dar por causa da sua capacidade de se alimentar da umidade presente no ar, ela também consegue reter essa água em seu interior e assim suporta a escassez de água por muito tempo de seca (SILVA, 2022).

Cientificamente nomeado por Bromélia Lacíniosa, a macambira pode ser encontrada em diversas cores como verde claro, verde escuro, verde cinza, amarelo e roxo escuro. As folhas são consideradas finas e pode chegar ate um metro de comprimento são arrançadas em rosetas densa com espinhos nas margens. O fruto dessa planta é de capsula tri capelar. fica dentro de uma baga que quando madura fica amarelada, semelhante a um cacho de banana. Possui uma inflorescência axilar com presença de flores em volta do seu eixo (CAVALCANTE, 2000; SILVA 2022)

A inflorescência da macambira é racemosa, possui grandes quantidades de flores em forma de cachos, situadas em um pedúnculo que pode alcançar 2 metros de altura (DE SOUZA et al, 2021). Como pode ser visto na Figura 2, a inflorescência possui uma porosidade natural em seu interior, de forma que se assemelha a uma cortiça.

Figura 2 – Interior poroso da inflorescência da macambira.



Fonte: Autoria própria.

A macambira floresce anualmente dentre os meses de novembro e janeiro e seus frutos brotam entre os meses período de janeiro a março (SANTO et al., 2012).

Como espécie de planta forrageira, a macambira serve como alimento para animais, principalmente a rebanhos. A inflorescência não é descartada naturalmente da macambira, pois ela ainda sofre processos com participação direta na germinação da espécie, processos esses que procedem a geração de frutos e sementes. Então, pelo motivo da inflorescência não ser sobras de um processo, não pode ser considerado um resíduo agrícola porem é considerado um recurso natural renovável.

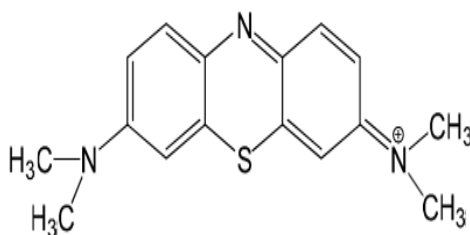
Não foi encontrado tantos trabalhos literários que apresente a utilização do pecíolo da folha do babaçu, descartado naturalmente da palmeira. Alternativa de baixo custo e de fonte renovável, agrega valor econômico ao produto (OLIVEIRA, 2016).

2.6 AZUL DE METILENO

O composto, azul de metileno (AM), vem sendo utilizado frequentemente como modelo de adsorvente em estudos de adsorção. Ele se classifica como um corante básico, orgânico, aromático, heterocíclico e solúvel em água e álcool. Os corantes, por sua vez, são formados por moléculas pequenas que possui dois principais grupos: o cromóforo, responsável pela cor, e o grupo funcional que permite a atração em elementos fibrosos (VALCARENGHI; RIBEIRO, 2013).

Segundo Castro (2009), o azul de metileno é um corante básico catiônico no qual sua estrutura química é representada na Figura 3. Facilmente monitorado, o azul de metileno apresenta forte absorção na faixa UV-visível, comprimento de onda de 665 nm, de difícil degradação, assim sendo muito utilizado como modelo de reações de oxidação (DE SOUZA et al., 2007).

Figura 3 - Representação estrutural do azul de metileno.



Fonte: Castro, 2019.

É importante ter um controle sobre a presença do Azul de metileno, pois seu aquecimento pode causar a geração de óxido de enxofre e óxido nítrico, pode acarretar também em efeitos toxicológicos em organismos aquáticos e na qualidade da água (VALCARENGHI; RIBEIRO, 2013).

2.7 CUSTO DE PRODUÇÃO

Os custos de produção, também conhecido como custo industriais, é definido pelo Conselho de Contabilidade como sendo o valor de bens ou serviços que são empregues em um processo produtivo. Alguns desses custos estão a matéria prima que integram o produto final, mão de obra direta e custos indiretos de fabricação como gasto de energia (ANTONI, 2017). A matéria prima é tida como o principal elemento bruto e indispensável na fabricação de um produto (RIBEIRO, 2017).

A origem da matéria prima e a quantidade da sua oferta, pode refletir no custo de sua aquisição. Muitas das empresas utilizam de resíduos como matéria prima para a sua produção, isso de dar muitas vezes pelo motivo do seu baixo custo, devido ser um material que está sendo gerado em profusão pelo mercado nos dias atuais.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem como predominante uma abordagem do tipo qualitativa e experimental. Serão identificadas propriedades dos materiais, realização de testes, comparações e qualificação de resultados.

Para o estudo, será utilizado carvão ativado produzido com a inflorescência de macambira, e esse será comparado com marcas já vendidas no mercado, feitas a partir da casca de coco verde e coco de babaçu. Para isso serão utilizadas as informações fornecidas pelos fabricantes para assim os mensurar na aplicação em comparações de eficiência da filtragem, o elemento reativo que será utilizada é uma solução de azul de metileno.

A inflorescência de macambira é endêmica da caatinga sendo facilmente obtida na região onde o campus se encontra. Os carvões ativados já comercializados serão adquiridos no comércio e suas características serão obtidas através das informações que forem disponibilizadas.

Todos os carvões, em iguais concentrações, serão empregados em um processo de filtragem (adsorção), tendo os resultados comparados.

A partir desses resultados poderemos comparar o comportamento do carvão produzido com a inflorescência de macambira com os comerciais, e a partir daí, saberemos se o comportamento desse carvão é similar ao comportamento do carvão vendido comercialmente.

3.1 MATERIAIS

Entre os materiais utilizados nesse processo, ou seja, os recursos, foram aproveitados de equipamentos e instalações de propriedade da UFERSA-Campus angicos, com exceção da inflorescência da macambira que foi adquirida na nossa vegetação e dos carvões ativados de coco e babaçu que foram obtidos comercialmente pela internet. O carvão ativado de coco foi comprado na Aquáriostop Show sem identificação da marca e o de coco babaçu foi comprada do fabricante, a SNatural Ambiente. Segue as listas dos materiais necessários para a realização do estudo:

- Inflorescência da macambira;
- Carvão ativado de coco;
- Carvão ativado de coco de babaçu;

- Balança;
- Azul de metileno, concentração 48,5 mg/L;
- Becker;
- Pipeta;
- Forno, Jung 815;
- Papel filtro;
- Peneira, malha 30 e abertura 0,6 mm;
- Erlenmeyer

3.2 PROCEDIMENTOS

Todo o processo de experimento aconteceu no laboratório de química da UFERSA-campus angicos. Mas antes disso teve a extração da inflorescência da macambira na vegetação local, município de Angicos, região central do Estado do Rio Grande do Norte.

3.2.1 Produção de carvão a partir da inflorescência da macambira

A inflorescência foi cortada em pedaços menores para dar sequência ao processo, após isso, foi feita a pesagem para ter o controle da quantidade do material, para assim, ser realizado a carbonização (pirolise), como mostra a figura a seguir:

Figura 4 – Pesagem de pedaços da inflorescência da macambira.



Fonte: Autoria própria.

Após a pesagem, o material cortado foi colocado em uma lata de aço. Em seguida, a lata devidamente fechada foi levada ao forno por 2 horas, a uma temperatura de 400 °C. Esse processo é o que se caracteriza a carbonização (pirolise) do material, realizado no forno, extraindo gases leves e componentes voláteis

Depois do material ter sofrido o tratamento por pirolise, o resultado da carbonização pode ser ilustrado pela seguinte Figura:

Figura 5 - Pedacos da inflorescência de macambira carbonizado a 400°C.



Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Teste de adsorção

A Figura 6 exibem os carvões ativado comercializados de coco e babaçu, ambos já ativados, segundo informações contidas nos rótulos dos produtos. A imagem se traduz em carvões de diferentes dimensões.

Então para os resultados do experimento ser obtidos de maneira mais assertiva, os testes de adsorção foram aplicados com os carvões em formato de pó, partículas muito finas para melhor se dissolver na solução empregada. Foi utilizada uma peneira de malha 30 e abertura de 0,6 mm como medida para padronizar o experimento e assim, consequentemente, ter um resultado mais coerente.

Figura 6 - Carvão ativado de babaçu e coco comercializados.



Fonte: Autoria própria.

Para que esses carvões passassem pela abertura da peneira, teve que ser triturados com o auxílio das ferramentas, o almofariz e o pistilo, como pode ver na imagem a seguir.

Figura 7 - Triturando o carvão ativado comercializado com as ferramentas pistilo e almofariz.



Fonte: Autoria própria.

Após os carvões ter sido peneirados, já em formato de pó, são fracionados em quantidades de 100, 200, 300, 400 e 500 mg, essa separação é feita para cada um dos 3 tipos de

carvão ativado analisados. Para o teste de adsorção em estudo, foram colocados cada frações separadas em béqueres contendo 10 ml da solução de azul de metileno, este que será o fluido adsorvato do processo que se espera ser purificado. Para obter maior precisão da quantidade de da solução no béquer, foi necessário a utilização de pipeta.

Depois, as misturas foram levemente agitadas e colocadas em repouso de 24 horas. Os béqueres foram cobertos por papéis alumínio para que não entrasse um elemento externo que venha a comprometer os resultados que serão obtidos.

Após o repouso, realizou-se a filtração da solução utilizando funil, papel filtro e o Erlenmeyer. A Figura 8, ilustra o processo de filtração.

Figura 8 - Erlenmeyer, funil e papel filtro.



Fonte: Autoria própria.

Para melhor compreender os resultados obtidos do estudo, utilizou-se como base uma escala de cor do azul de metileno, de autoria de Silva (2022), para a avaliação da combinação das diferentes quantidades de massa e tipos de carvões ativados adicionados a 10 ml de azul de metileno a cada quantidade. A avaliação da concentração do azul de metileno presente na solução, tomando base na escala a tonalidade de azul mais próxima que vemos na solução após alguns procedimentos. Essa escala pode ser vista a seguir:

Figura 9 - Escala de azul de metileno para auxílio.



Fonte: Silva, 2022.

Utilizando a Figura 9, baseado na cor aparente das cores presente na filtragem, pode-se classificar a presença do azul de metileno como: não perceptível; pouco presente; moderado; muito presente.

4 RESULTADOS

Assim que foram feitas as imersões dos carvões no líquido e depois levemente agitadas as misturas, observa-se logo de imediato algumas diferenças que podem ser notadas ao comparar as misturas. Segue a imagem desse momento:

Figura 10 - Béqueres com a solução azul de metileno e carvão.

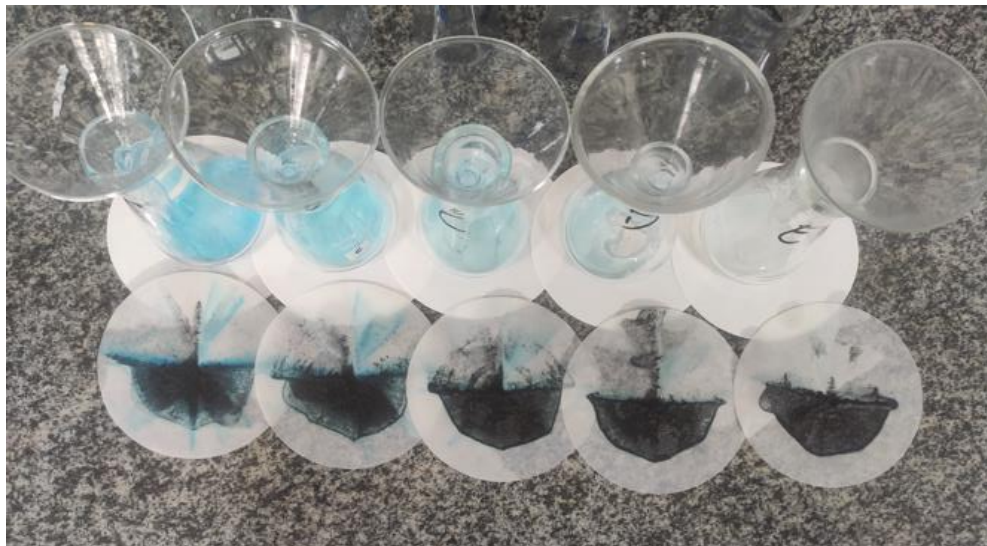


Fonte: Autoria própria.

A Figura 10, mostra os béqueres com as misturas, ordenadas por letras do alfabeto, para facilitar na organização, e agrupadas entre os 3 tipos de carvão ativado estudados. O primeiro agrupamento, fileira mais à esquerda da Figura 10, são as misturas com o carvão de macambira, seguido do agrupamento de coco e babaçu, respectivamente. Nesse momento pode-se comprovar que há uma diferença de coloração, isso se dar devido a densidade distintas entre os diferentes tipos de carvões. Desta maneira, fica explícito que o carvão de macambira feito a 400°C possui uma densidade menor do que os carvões ativados comercializados, pois em comparação, é nítido que a coloração da mistura está voltada mais a tonalidade preta do pó, provocada pelo seu maior volume.

Após repouso, o resultado da filtragem através da coloração do papel filtro e da solução presente no frasco de Erlenmeyer são revelados nas Figuras 11, 12 e 13.

Figura 11 – Resultado após filtragem do carvão ativado (CA) da inflorescência da macambira.

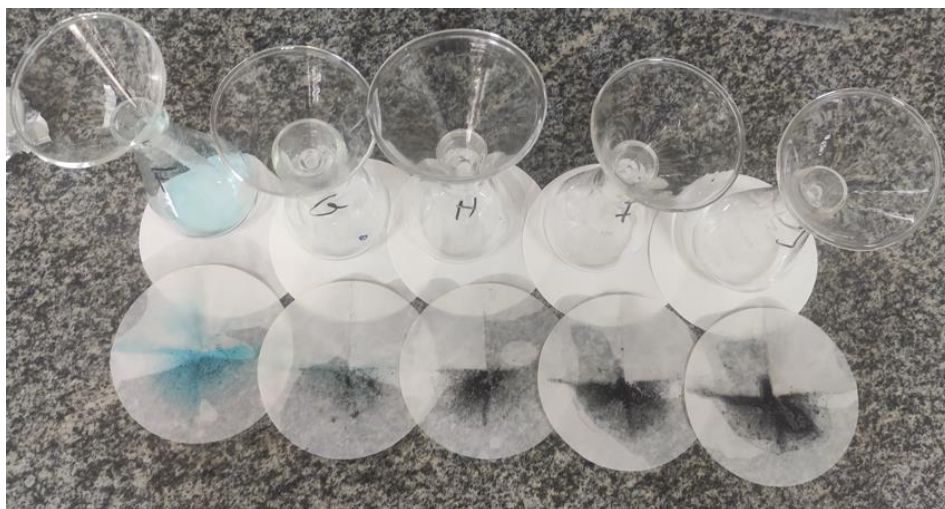


Fonte: Autoria própria.

Observado a Figura 11, levando-se em conta a análise de acordo com a proporção de azul de metileno na solução e que os Erlenmeyer estão separados com diferentes quantidades de carvão, visualmente percebe-se que à medida que a quantidade em gramas de carvão de macambira aumenta, a concentração de azul de metileno na solução diminui. Este fenômeno pode ser visto também no experimento com o carvão ativado de coco e de coco babaçu, isso acontece devido as propriedades de adsorção, quanto maior a quantidade de carvão ativado, maior a área superficial e consequentemente uma superior capacidade de adsorção.

Particularmente, nota-se que o carvão de macambira feito somente a pirolise em uma temperatura de 400°C, houve resultado apreciável no teste de adsorção somente no Erlenmeyer E, onde há a quantidade de 500 mg de carvão, a partir dessa quantidade já não se mostra perceptível a presença de azul de metileno na solução.

Figura 12 - Resultado da filtragem do carvão ativado de coco.



Fonte: Autoria própria.

No resultado da filtragem do carvão ativado derivado do coco, apresentou-se uma quantidade considerável de azul de metileno no Erlenmeyer F, contendo 100 mg do carvão. No Erlenmeyer G com 200 mg de carvão, houve a presença de pequenos vestígios do corante. Já nos Erlenmeyer H, J e K, com respectivamente 300, 400 e 500 mg de carvão ativado, exibiu uma solução incolor, sem tonalidade de azul presente, assim representando uma ótima capacidade de adsorção.

Figura 13 - Resultado após filtragem do carvão ativado de coco babaçu.



Fonte: Autoria própria.

Entre o carvão de macambira e ao carvão ativado de coco, o carvão ativado de coco de babaçu foi o que teve o resultado de adsorção mais satisfatório após filtragem. Ao observar para o papel filtro percebe-se que o papel referente ao Erlenmeyer K possui um teor menor de azul comparado ao do Erlenmeyer F, ambos são equivalentes em relação a massa utilizada no experimento, 100 mg. Reforçando, a partir do Erlenmeyer L, a proporção de massa presente do carvão ativado de coco de babaçu já possui um efeito de adsorção desejável.

Utilizando como auxílio a escala de azul feito por Silva (2022), Figura 9, os resultados obtidos da classificação do teor de azul de metileno em todos carvões do experimento estão expostos no Quadro 3.

Quadro 3 – Resultados de adsorção baseados na escala azul de metileno.

Carvão	Amostra	Teor de carvão na solução (g/ml)	Resultado
Macambira	A	0,01	Muito presente
	B	0,02	Muito presente
	C	0,03	Moderado
	D	0,04	Pouco presente
	E	0,05	Não perceptível
Carvão ativado de coco	K	0,01	Moderado
	L	0,02	Pouco presente
	M	0,03	Não perceptível
	N	0,04	Não perceptível
	O	0,05	Não perceptível
Carvão ativado de coco babaçu	F	0,01	Pouco presente
	G	0,02	Pouco presente
	H	0,03	Não perceptível
	I	0,04	Não perceptível
	J	0,05	Não perceptível

Fonte: Autoria própria.

Como está exposto no Quadro 3, os resultados dos carvões ativados, coco e coco babaçu, foram muito similares, a partir da proporção de 300 mg já não era perceptível a presença de azul de metileno de acordo com a escala utilizada. O resultado do carvão de macambira produzido no estudo, sem a ativação, obteve o resultado de não perceptível logo na proporção de 500 mg de seu carvão.

5 CONSIDERAÇÕES

Em um mercado cada vez mais competitivo, as empresas assumem estratégias que lhes deem vantagem competitiva sobre seu concorrente. Uma das estratégias utilizada é a liderança de custo, onde os produtos oferecidos pela a empresa são de baixo custo. Levando em consideração a essa estratégia, o estudo mostra que o carvão produzido da inflorescência da macambira tem um bom desempenho comparado aos carvões ativados comercializados. O carvão de macambira, apresentou uma boa capacidade de adsorção sem o mesmo ter sido ativado, pois os carvões que foram ativados mostraram a não percepção do azul de metileno a partir da proporção de 300 mg de sua composição e o carvão da macambira a partir de 500 mg, uma diferença pequena, considerando a falta de ativação. Esse processo de ativação acarretaria em um maior custo de produção pelo motivo de carecer um maior gasto energético e/ou elementos químicos necessários.

Como uma vegetação endêmica da caatinga, e sua serventia principal é ser uma planta forrageira para o consumo de animais, a macambira deveria ser melhor aproveitado pela região a qual se encontra, especificamente a região Nordeste. Pelas suas características de ser naturalmente poroso, apresentar maior densidade e pelos satisfatórios resultados obtidos no experimento de adsorção, o carvão da inflorescência da macambira demonstrou uma boa capacidade de ser adsorvente de corantes como o azul de metileno.

REFERÊNCIAS

ANGELIM, Ana Ester Sampaio et al. Germinação e Aspectos Morfológicos de Plantas de Macambira (*Bromelia laciniosa*), encontradas na Região do Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p.1065-1067, jun. 2007.

ANTÔNIO, Gustavo. **Gestão de Custos Industriais**. Dieimi Deitos: Grupo A, 2017. E-book. ISBN 9788595021198. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595021198/>. Acesso em: 23 nov. 2022.

ARAÚJO, Larissa Sene et al. Caracterização e avaliação de fatores que determinam a remoção de microcistina-LR em carvão ativado granular produzido a partir de diferentes matérias-primas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, p. 1131-1142, 2018.

BACCAR, R. et al. Preparação de carvão ativado a partir de tortas de bagaço de azeitona da Tunísia e sua aplicação para adsorção de íons de metais pesados. **Journal of Hazardous Materials** , v. 162, n. 2-3, pág. 1522-1529, 2009.

BOUCHELTA, Chafia et al. Preparação e caracterização de carvão ativado a partir de tâmaras por ativação física com vapor. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis** , v. 82, n. 1, pág. 70-77, 2008.

CASTRO, Cíntia Soares. Preparação de carvão ativado a partir de borra de café: uso como adsorvente e como suporte catalítico para a remoção de poluentes orgânicos em meio aquoso. 2009.

CAVALCANTI, N. de B. et al. Macambira (*Bromelia laciniosa* Mart.): da utilização a extinção. In: **Embrapa Semiárido-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 23., 2000, Recife. Programa e resumos... Recife: SBB-Seção Regional de Pernambuco; UFRPE, 2000., 2000.

CLAUDINO, Andréia et al. Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes. 2003.

COSTA JUNIOR, Silvanio Soares da et al. Carvão ativado produzido a partir do endocarpo de coco da baía (*Coccus Nucifera*) aplicado no tratamento de efluente têxtil. 2014.

DE FARIAS, Natália Silva et al. Elaboração de biscoitos tipo cookie enriquecido com macambira, *Bromelia laciniosa*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 4, p. 10, 2011.

DE SOUZA, Everton Hilo et al. Macambiras, the most northeastern of the xerophiles: taxonomy, distribution and potential: Macambiras, as mais nordestinas das xerófilas: taxonomia, distribuição e potencialidades. **Revista Macambira**, v. 5, n. 1, p. e051005-e051005, 2021.

DE SOUZA, Wladimir F. et al. Limonita natural e reduzida em H₂ para oxidação orgânica por um sistema tipo Fenton: estudo do mecanismo via ESI-MS e cálculos teóricos. **Journal of Molecular Catalysis A: Chemical** , v. 278, n. 1-2, pág. 145-151, 2007.

DURAL, M. U. et al. "Methylene blue adsorption on activated carbon prepared from *Posidonia oceanica* (L.) dead leaves: Kinetics and equilibrium studies". **Chemical Engineering Journal**, v. 168, p. 77-85, 2011.

FERNANDES, Fabiana Lopes. Carvão de endocarpo de coco da baía ativado quimicamente com $ZnCl_2$ e fisicamente com vapor d'água: produção, caracterização, modificações químicas e aplicação na adsorção de íon cloreto. **João Pessoa: Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Química do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba—UFPB**, 2008.

GONÇALVES, Maraísa et al. Produção de carvão a partir de resíduo de erva-mate para a remoção de contaminantes orgânicos de meio aquoso. **Ciência e agrotecnologia**, v. 31, p. 1386-1391, 2007.

GREGG, Sidney John; SING, Kenneth Stafford William; SALZBERG, HW Área superficial de adsorção e porosidade. **Journal of The Electrochemical Society**, v. 114, n. 11, pág. 279Ca, 1967.

LUCENA, Luis Medeiros de. **Estudo do processo de adsorção com o carvão ativado proveniente do endocarpo de coco (*Coccus nucifera* L.) para remoção de cor, DQO e toxicidade de efluente têxtil**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MACÊDO, Lúcia Paula Martins Prado de et al. Viabilidade da produção de carvão ativado a partir de resíduos alternativos. 2012.

MACHADO, Getúlio Costa; CHAVES, José Benício Paes; ANTONIASSI, Rosemar. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu. **revista Ceres**, v. 53, n. 308, p. 463-470, 2006.

OLIVEIRA, Giulyane Felix de et al. Produção de carvão ativado a partir do pecíolo do babaçu. 2016. ROSA, M. F.; ABREU, F. A. P.; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. V. Processo agroindustrial: Obtenção de pó de casca de coco verde. **Embrapa Agroindústria Tropical**, (2001), 3p. (Comunicado Técnico, 61).

RIBEIRO, Osni M. **Contabilidade de Custos**. [Digite o Local da Editora]: Editora Saraiva, 2017. E-book. ISBN 9788547228392. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788547228392/>. Acesso em: 23 nov. 2022.

RODRÍGUEZ-REINOSO, F. Effect of porosity and functionality of activated carbon in adsorption. ZHOU, L. Adsorption: Progress in fundamental and application research. China, Tianjin: World Scientific, 2006.

ROSA, M. de F. et al. Processo agroindustrial: obtenção de pó de casca de coco verde. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2001.

SANTO, Fabio da Silva do Espírito; MACIEL, Jefferson Rodrigues; SIQUEIRA FILHO, José Alves de. Impacto da herbivoria por caprinos sobre as populações naturais de Bromelia laciniosa Mart. ex Schult. f. (Bromeliaceae). **Revista Árvore**, [s.l.], v. 36, n. 1, p.143-149, fev. 2012.

SCHETTINO JUNIOR, M. Â. Ativação química do carvão de casca de Arroz Utilizando NaOH. **Programa de Pós Graduação em Física Universidade Federal do Espírito Santo**, 2004.

SILVA, Ricardo Vandrê Trótski Oliveira et al. Resíduos de coco, acerola e caju para produção de carvão ativado. 2015.

SILVA, Elson da Fonseca. **VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DA INFLORESCÊNCIA DA MACAMBIRA**. 2022. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciencia e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2022

STOPPE, A. C. R. et al. Remoção do Corante Azul de Metileno no Tratamento de Efluentes por Adsorção em Carvão de Coco Verde e Carvão Ativado. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, ENEMP**. 2019.

TEIXEIRA, Marcos Alexandre. Biomassa de babaçu no Brasil. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002.

TEIXEIRA, Marcos Alexandre; DA GRAÇA CARVALHO, Maria. Mecanismo regulatório para energia renovável de biomassa no Brasil, um estudo de caso da indústria brasileira de extração de óleo de babaçu. **Energia** , v. 32, n. 6, pág. 999-1005, 2007.

TEIXEIRA, Viviane Gomes; COUTINHO, Fernanda; GOMES, Ailton S. Principais métodos de caracterização da porosidade de resinas à base de divinilbenzeno. **Química nova** , v. 24, p. 808-818, 2001.

VALCARENGUI, Gustavo; RIBEIRO, Luiz Felipe Prata. **Adsorção de azul de metileno de solução aquosa com utilização de pó de serragem de mdf e madeirite e carvão ativado granular**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

WERLANG, Eliana Betina et al. Produção de carvão ativado a partir de resíduos vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**, 2013.

WU, Feng-chin; TSENG, Ru-Ling; HU, Chi-Chang. Comparações das propriedades dos poros e desempenho de adsorção de carvões ativados por KOH e ativados por vapor. **Materiais Microporosos e Mesoporosos** , v. 80, n. 1-3, pág. 95-106, 2005.