

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA
ETEC DA CIDADE TIRADENTES
CURSO - TÉCNICO EM QUÍMICA**

**Ana Luíza Ribeiro dos Santos
Arthur Martins Santos Paiva
Guilherme Lima Olivares
Victor Lima Ferreira
Victória Geovana Delfino Soares**

**SÍNTESE DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DE CAROÇOS DE
ABACATE PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DA
INDÚSTRIA TÊXTIL**

**São Paulo
2024**

Ana Luíza Ribeiro dos Santos
Arthur Martins Santos Paiva
Guilherme Lima Olivares
Victor Lima Ferreira
Victória Geovana Delfino Soares

**SÍNTESE DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DE CAROÇOS DE
ABACATE PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DA
INDÚSTRIA TÊXTIL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à ETEC Cidade Tiradentes como
requisito à obtenção do título de Técnico em
Química.

Orientador (a): Prof^a. Dra. Daniélla Santos Lima

São Paulo

2024

ANA LUÍZA RIBEIRO DOS SANTOS
ARTHUR MARTINS SANTOS PAIVA
GUILHERME LIMA OLIVARES
VICTOR LIMA FERREIRA
VICTÓRIA GEOVANA DELFINO SOARES

**SÍNTESE DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DE CAROÇOS DE ABACATE
PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à ETEC Cidade Tiradentes como
requisito à obtenção do título de Técnico em
Química.

Orientador (a): Prof^a. Dra. Daniélla Santos
Lima

Data de aprovação: _____/_____/_____

Orientador(a)

Orientador(a)

Orientador(a)

AGRADECIMENTOS

A resolução desse Trabalho de Conclusão de Curso não seria possível sem o apoio do corpo docente da ETEC de Cidade Tiradentes no curso técnico em Química. Em especial agradecimento aos professores Alberto, Gemima e Patrícia, os quais dedicaram seu tempo e atenção no transcorrer deste trabalho, assim como a professora e orientadora de TCC Daniélla, onde suas valiosas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, ampliando conhecimentos e habilidades. Agradecimentos também a Auxiliar de Laboratório Layza, que por diversas vezes se empenhou em auxiliar o grupo na elaboração das atividades práticas do projeto.

Agradecimentos especiais às nossas famílias, que nos incentivaram e adotaram uma postura compreensiva em todo o processo. Sem seu apoio este presente trabalho não teria sido possível.

Muito obrigado!

EPÍGRAFE

Eu faço da dificuldade a minha motivação.
A volta por cima vem na continuação.
— Charlie Brown Jr

LISTA DE ABREVIATURAS

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura

kcal – Quilocaloria

KJ – Quilojoule

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura molecular do carvão ativo	9
Figura 2 - Carvão ativado de caroços de abacate	15
Figura 3 - Amostras A, B e C pós-tratamento	17
Figura 4 - Amostras pós-tratamento com carvão ativado	17
Figura 5 - Estrutura física do carvão comum e ativado	18

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Carvões ativados e suas propriedades	10
1.2 Tipologia dos Carvões Ativados	11
1.3 Adsorção	11
1.4 Justificativa	12
2. OBJETIVO	13
3. METODOLOGIA	14
3.1. PRODUÇÃO DO CARVÃO ATIVADO	14
3.2. PREPARO DA SOLUÇÃO PADRÃO	15
3.3. TRATAMENTO COM CARVÃO ATIVADO	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
5. CONCLUSÃO	21
6. BIBLIOGRAFIA	22

1. INTRODUÇÃO

Os pigmentos são substâncias insolúveis que têm como função dar cobertura, tingir e dar opacidade para a superfície, sua origem pode ser orgânica ou sintética (DENISARD, 2022). Ao longo da história, esses constituintes organolépticos desempenharam papel de prestígio econômico, como no caso da árvore Pau-Brasil, que exerceu um potencial tintorial para tons vermelhos durante as primeiras expedições brasileiras (REZENDE et al., 2004).

Com o passar do tempo, a produção de pigmentos se tornou uma importante atividade industrial. Contudo, a literatura apresenta que a fabricação de pigmentos a nível industrial pode ser prejudicial ao ecossistema aquático, pois, quando penetram corpos hídricos, absorvem a luz solar, prejudicando o processo fotossintético da flora aquática (Pajootan et al, 2012; Pacheco, Hooper 2007). Além disto, águas residuais oriundas das indústrias têxteis, quando não tratadas, são grandes mananciais de poluição devido a sua forte presença de sólidos dispersos, pH elevado e alta demanda química de oxigênio, logo, prejudicando a fauna aquática (Pajootan et al, 2012). A situação torna-se ainda mais alarmante devido à estimativa que a qual apresenta o valor de 700.000 toneladas de corantes que são, os produzidos para a indústria têxtil, por ano, e o equivalente, cerca de 10% dessa produção é despejada em corpos hídricos (ÉRICA et al., 2016)

Paralelamente a isto, a contaminação de corpos hídricos não é a única problemática ambiental com a qual se preocupar. Um dos principais desafios ambientais enfrentados pelo país é o acúmulo de resíduos sólidos, descartes inadequados de materiais orgânicos, bem como restos de comida e frutas (MOTA, et al. 2009).

A maioria dos resíduos sólidos orgânicos de frutas vão para aterros e, a partir deste cenário, observa-se o grande problema da emissão do gás metano, pois dentre os diversos gases que são emitidos durante o processo de descarte de resíduos alimentares, ele é o principal contribuinte para a formação do ozônio ao nível do solo, um poluente perigoso do ar e gás de efeito estufa, cuja exposição causa 1 milhão de mortes prematuras a cada ano (SZIGETHY, et al. 2021).

Conforme estabelecido por Edwards (2024), os países mais quentes desperdiçam mais alimentos do que os países mais frios, uma vez que temperaturas mais elevadas dificultam

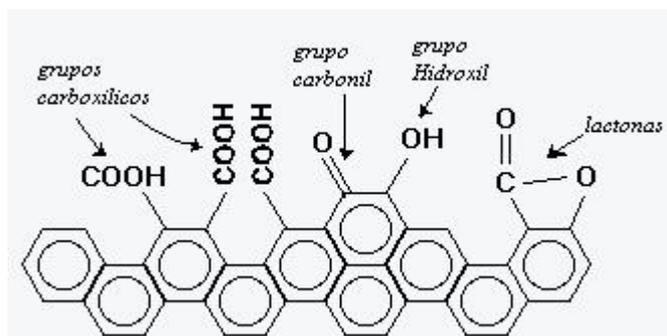
o armazenamento e o transporte de alimentos. Contudo, mesmo ciente de tais desperdícios, pouco se vê o reaproveitamento de produtos orgânicos desperdiçados para uma possível aplicação na indústria, como por exemplo, o substrato para a produção de Carvão Ativado.

1.1 Carvões ativados e suas propriedades

Carvões ativados são produtos químicos carbonáceos de origem orgânica ou mineral que possuem altíssima porosidade e superfície de contato o que lhes conferem a capacidade de reter moléculas tanto em fase líquida ou gasosa (BORGES et.al, 2003). São materiais comumente utilizados no tratamento de efluentes também sendo utilizado no tratamento de água, tratamento de biogás, fabricação de máscaras de gás e inúmeras mais utilidades graças a sua capacidade de reter poluentes em seus poros (LEGNER, 2018).

Em sua forma mais básica, o carvão ativado é composto principalmente de carbono, com pequenas quantidades de oxigênio e outros elementos. Para produzir o carvão ativado, normalmente são utilizados materiais de origem vegetal, como cascas de coco, turfa ou madeira, que são aquecidos a altas temperaturas em presença de um agente ativante, como vapor d'água ou dióxido de carbono, assim criando poros na estrutura do carvão e levando ao aumento de sua área de superfície (JONYPEPE, 2017). A estrutura molecular do carvão ativo é demonstrada na imagem 1 abaixo:

Figura 1 - Estrutura molecular do carvão ativo



Fonte: UFSJ, 2008

1.2 Tipologia dos Carvões Ativados

Quanto aos tipos de carvões ativados existem três categorias nas quais cada uma apresentam diferenças específicas, sendo: os carvões do tipo granulado, pulverizado e peletizado (MUCCIATO, 2009).

O uso do carvão granulado é indicado para fases gasosas, pois permite fluxos com quedas de pressão aceitáveis. Geralmente, os carvões ativados com tamanhos granulométricos maiores são preferidos, pois geram menores perdas de carga no sistema gasoso (MUCCIATO, 2009). Eles são ideais para os processos de produção contínua em grande escala. São oriundos de matérias-primas duras, o que possibilita a esse composto a regeneração, tornando-o muito econômico em processos que envolvem leitos – colunas em verticais ou horizontais fixas, onde o fluído ou gás viajam entre as camadas do carvão, sendo purificado (MUCCIATO, 2009; LEGNER, 2018).

Já os de menor granulometria, como os pulverizados, são mais utilizados em fases líquidas, pois favorecem a uniformidade do fluxo, aumentando a eficiência. São utilizados em processos contínuos ou descontínuos. Utilizados em dosagens variadas. Estes sistemas necessitam de agitação para manter o pó em suspensão em relação ao líquido tratado (MUCCIATO, 2009).

Por fim, os carvões ativados peletizados são utilizados em reações de catálise e em sistemas de filtragem. Esse tipo de carvão ativo recebe a denominação a partir do formato cilíndrico de seus grânulos (MUCCIATO, 2009).

1.3 Adsorção

Tratando de suas especificações técnicas, carvões ativados desempenham uma grande variedade de funções devido a sua capacidade de adsorção. A adsorção, propriamente dita, é um fenômeno físico-químico abundantemente empregado em procedimentos de purificação e separação de compostos (NASCIMENTO, et.al, 2020). Diferentemente do processo da absorção, onde o analito é embebido pelo agente absorvente, a substância analisada encontra-se retida na superfície do agente adsorvente, sem ser agregada a um outro volume (ASSAF, 2016). Existem dois tipos de adsorção: a fisissorção e a quimissorção que se diferenciam pela maneira em que moléculas interagem com uma superfície.

A fisissorção consiste na fraca adsorção de moléculas, caracterizando-se também pela baixa força de entalpia (VAL et al.; n.d.). Ela é causada pela energia eletrostática de Van der Waals, que implica a baixa reação entre átomos que não fazem parte de um retículo cristalino, tipicamente de 1 a 10 kcal/mol (MELO et.al, n.d.). Além disso, a camada adsorvida pode ser removida por aplicação a vácuo em temperatura de adsorção (CLARK, 2010).

Já a quimissorção é um processo que envolve a união de moléculas, íons ou átomos a um adsorvente através de ligações covalentes na superfície, caracterizando-se por sua alta força de entalpia, em torno de 100 KJ/mol (SIERVO, 2018). Embora, semelhante às ligações químicas, as interações são mais fracas do que as diferenças de reações químicas típicas. Este fenômeno é utilizado para separar misturas e requer uma interação específica entre o adsorvente e o adsorvato, além de modificar as propriedades dos materiais envolvidos, sendo irreversível e resultando na formação de uma nova substância na superfície (LIMA, 2019).

1.4 Justificativa

Esse estudo tem como propósito investigar a viabilidade da produção de carvão ativado a partir de caroços de abacate. Além de serem uma fonte abundante no Brasil, com uma estimativa de produção de 301 mil toneladas em um ano (INTERATIVOS, 2023), os caroços de abacate apresentam características favoráveis para a sua formulação, como elevada porosidade e potencial para reduzir o desperdício alimentar. Portanto, esta pesquisa visa comprovar a eficácia e explorar o potencial desse material como uma alternativa sustentável para o tratamento de efluentes têxteis.

2. OBJETIVO

Produzir carvão ativado a partir de caroços de abacate, e avaliar sua eficácia a partir do tratamento de diferentes simuladores de efluentes têxteis.

3. METODOLOGIA

Para a produção do carvão e constatação da eficiência do material estudado, foi utilizado como referência o estudo desenvolvido por Siemak e colaboradores (2023), que visa a eficácia do carvão ativo para o tratamento de CO₂ a partir da adsorção, no qual foi viabilizado o uso de carvão quimicamente ativado com hidróxido de sódio (NaOH), feito à base de caroços de abacate. Partindo do princípio de que o carvão obtido a partir de caroços de abacate obteve resultados positivos de adsorção, a metodologia do presente estudo visa atestar se a a eficácia metodológica também se torna eficaz no tratamento de pigmentos.

Foi realizado um levantamento dos tipos de corantes mais usados e comuns na indústria têxtil, partindo disso, com base no artigo “Adsorção de azul metileno em hidrocarvões de resíduos têxteis” de Ferreira e colaboradores (2020), determinou-se qual tipo de corante seria utilizado para os testes de retenção de pigmentos, sendo considerado o azul de metileno (C₁₆H₁₈ClN₃S), por ser o mais estudado em testes de adsorção e por servir como um composto comum para o estudo da remoção de efluentes orgânicos, além de ser um reagente de fácil obtenção.

3.1. PRODUÇÃO DO CARVÃO ATIVADO

Para a produção do carvão ativado, 384g de caroços de abacate que foram coletados em quintais e, também coletados após o consumo de abacates foram desidratados em uma estufa de secagem e esterilização (Novatecnica NT513), a 100 °C em seções de 8 horas intercaladas em 3 dias. Após a secagem, os caroços foram macerados com o auxílio de um almofariz e pistilo até a formação de um pó fino.

Para a ativação química, uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) 1 Mol foi adicionada ao pó e, em seguida, a mistura foi deixada em repouso por 3 horas. Depois da ativação, transferiu-se o material novamente para a estufa para secagem.

Em seguida, iniciou-se a pirólise para a decomposição gradual do material por meio de energia térmica em altas temperaturas, sendo no presente caso aplicado a caroços de abacate. Para o ensaio, a pirólise se utilizou de uma temperatura constante de 350 °C em um forno mufla (Fortelab ML1300). Posteriormente, foi aplicada a análise do pH com o auxílio de um pHmetro (Instrutherm), para que em caso de pH básico seja ajustado em

uma lavagem em ácido clorídrico (HCl) com concentração de 1M até atingir a neutralidade.

3.2. PREPARO DA SOLUÇÃO PADRÃO

Após o processo de preparação do carvão ativado, se fez necessário preparar uma solução padrão de água com um corante apropriado para tingimento de tecidos, a fim de simular os efluentes descartados na água. Para isso, foram adicionadas 5 gotas (0,25 ml) do corante azul de metileno (Nox Lab Solutions) à água, e em seguida a solução foi agitada manualmente por 5 minutos após essa etapa, a solução foi tratada com o carvão ativado em pó obtido no passo 3.1.

Além disso, também foi utilizado como simulador de efluente da indústria têxtil uma solução aquosa feita partir de uma tinta própria para tecidos da marca Acrilex, utilizando-se 5g de tinta para 100ml de água, após isso a solução foi agitada por 5 minutos.

3.3. TRATAMENTO COM CARVÃO ATIVADO

Para o tratamento dos simuladores de efluentes, foram utilizados dois métodos distintos: a centrifugação e a filtração.

Para a centrifugação, uma amostra contendo de 0,25 ml de azul de metileno (Nox Lab Solutions) diluída em 100 ml de água, sendo misturada com 10g de carvão ativado, sendo mantidas em agitação por 6 horas em um agitador magnético do tipo Nova Instruments NI 1103, e logo após, a solução com carvão ativado foi mantida em repouso por 24 horas. Após esse período, foram separadas alíquotas que foram submetidas a uma agitação de 400 RPM no centrifugador SPINPLUS, Topscien, com o intuito de criar um precipitado do carvão no fundo da amostra, assim avaliando a adsorção do carvão de maneira visível.

Para o segundo método de tratamento, foi montado um sistema de filtração simples, utilizando algodão, o carvão ativado e papel filtro como agentes filtrantes. Após a montagem desse sistema de filtração, as soluções descritas no tópico 3.2 foram submetidas a esse sistema. Além disso, foi feito um teste em branco utilizando água pura, com o objetivo de averiguar um padrão visual próprio do tratamento. Após a filtração, a efetividade do carvão é analisada de acordo com a coloração das amostras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Carvão Ativado

Como proposto pela metodologia empregada por Siemak e colaboradores (2023), a obtenção do carvão ativado foi bem-sucedida como demonstrado pela figura 2.

Figura 2 - Carvão ativado de caroços de abacate



Fonte: Autoria própria, 2024

O trabalho de Siemak e colaboradores (2023) também utilizou a mesma metodologia, obtendo os mesmos resultados observados neste trabalho quanto à obtenção do carvão ativo.

Após a obtenção do carvão ativo, foi feita a análise de rendimento de tal. Realizou-se a análise utilizando a equação descrita no trabalho de Vargas (2010):

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{MF}{MP} \times 100$$

Onde:

- MF: Massa final do carvão obtido (g);
- MP: Massa do material precursor utilizado (g).

Ao realizar os cálculos, observa-se um percentual de rendimento equivalente a 50,78%, indicando um rendimento eficiente, pois sistemas tradicionais de produção de carvão ativado apresentam um rendimento entre 25 e 33% (Lofredo et al., 2010). Em comparação aos trabalhos desenvolvidos por Silva e colaboradores (2023), e por

Barcellos (2002), que produziram carvão ativo com metodologia semelhante, o presente trabalho indica um rendimento superior, visto que os projetos obtiveram um rendimento de 25,96 e 33%, respectivamente.

O rendimento do carvão ativado produzido a partir do caroço de abacate, como um material lignocelulósico, é influenciado pela sua composição, especialmente pela proporção de lignina, hemicelulose e celulose presentes na sua parede celular (Dutra, 2021). A hemicelulose não apresenta maior relevância na produção, enquanto materiais ricos em celulose geram carvões ativados com grandes áreas superficiais. Desta forma, o alto rendimento do material provavelmente está correlacionado ao seu alto teor de lignina, pois, segundo Spiekermann e colaboradores (2021), que determinaram quimicamente a composição dos caroços de abacate, apontam um percentual médio de lignina equivalente a 15,9%, enquanto 12,7 % para α - celulose e 51,8 % de hemicelulose.

O carvão ativado inicialmente apresentou pH altamente alcalino. A análise em pHmetro indicou um pH de 9,5. Após a neutralização com ácido clorídrico, o mesmo equipamento indicou pH de 8,5. Esse alto valor de pH talvez indique que o material não foi devidamente lavado, o que induz ainda a presença de NaOH no material. Mesmo após a lavagem em ácido clorídrico (HCl), o carvão ativado ainda apresentou um pH básico, indicando que o processo de neutralização deste não foi eficiente, talvez pelo grau de pureza dos reagentes utilizados nesse processo.

4.2. Tratamento com carvão ativado

Na impossibilidade de realizar análises complexas por falta de aparatos tecnológicos, os resultados obtidos puderam apenas ser analisados por critérios visuais. Como identificável pelas figura 3 e 4, é notória a falha no tratamento submetido a esses simuladores, tendo em vista a coloração amarronzada observável em cada uma das amostras, até mesmo na alíquota contendo água pura, e a amostra com a tinta Acrilex não teve alteração alguma de cor.

No tratamento por centrifugação, observou-se um resultado semelhante ao que foi obtido na filtração, com a amostra apresentando uma coloração amarronzada e esverdeada após a centrifugação a 400 RPM.

Figura 3 - Amostras A, B e C pós-tratamento

Fonte: Autoria própria, 2024

Figura 4 - Amostras pós-tratamento com carvão ativado

Fonte: Autoria própria, 2024

Pressupõe-se que os reagentes utilizados em todo esse processo tenham sofrido algum tipo de contaminação prévia não identificada, o que explica essa coloração amarronzada observada nas amostras após a filtração.

Segundo Nascimento e colaboradores (2014), o pH é um fator de relevância para ensaios de adsorção, pois essa propriedade química interfere no grau de distribuição de espécies químicas, onde a intensidade desse efeito pode ser maior ou menor conforme o adsorvente, uma vez que as cargas da superfície do adsorvente dependem da sua composição e das características da superfície, inferindo que o pH ideal do carvão ativado está correlacionado com a natureza química do adsorvato. Visto que o pH do azul de

metileno varia entre 7,0 e 9,5, os ensaios de adsorção, em tese, deveriam apresentar resultados positivos, o que reforça a possibilidade da contaminação de reagentes.

O tamanho dos poros obtidos durante a ativação do carvão é, de fato, um fator crucial que influencia os ensaios de adsorção. Pego (2016) destaca que a área superficial do carvão ativado desempenha um papel fundamental na capacidade de adsorção do material, quanto maior o tamanho de seus poros, maior será sua capacidade de adsorção. Isso se deve ao fato de que os poros maiores podem acomodar uma maior quantidade de moléculas adsorvidas, facilitando a interação entre o adsorvato e a superfície do adsorvente. No entanto, essa relação não é linear, e a eficácia do processo de adsorção também depende da polaridade e do tamanho das moléculas do adsorvato em relação aos poros disponíveis no carvão ativado (Pego, 2016). A falha no processo de adsorção pode estar, portanto, intimamente ligada ao tamanho e à distribuição dos poros. Em situações em que o carvão ativado apresenta poros demasiado grandes, e podem ocorrer limitações na captação de moléculas menores, que, por não serem adequadamente retidas, resultam em uma eficiência de adsorção inferior. Na imagem abaixo demonstra a importância do tamanho dos poros para uma adsorção mais efetiva:

Figura 5 - Estrutura física do carvão comum e ativado



Fonte: ALVES, 2024

Em uma análise mais precisa da metodologia desenvolvida por Siemak e colaboradores (2023), determina-se como principal falha nessa abordagem a ativação química previamente a pirólise. A ativação química tem como função aumentar o volume dos poros do carvão ativado através da impregnação de um reagente químico responsável

pela abertura dos poros, aumentando sua área superficial (LINHARES, 2016), o que implica que o volume de poros obtidos nesse trabalho talvez tenha sido insuficiente para o tratamento de efluentes. O volume de poros reportado por Siemak (2023) foi inferior a 1 nm, o que foi suficiente para garantir um ensaio bem-sucedido de adsorção de CO₂. No entanto, é crucial determinar a granulometria do material para avaliar sua contribuição, ou falta dela, para a inatividade do carvão. É possível que uma granulometria maior com microporos de até 2 nanômetros, mesoporos de até 50 nanômetros ou macroporos acima desse valor proporcione melhores resultados na adsorção de efluentes (NOVAIS, 2024), além de levar em conta a questão da ativação. Portanto, ajustes na metodologia são imprescindíveis, possivelmente recomendando a ativação química após a carbonização do material.

5. CONCLUSÃO

Em conclusão, a análise do tratamento de efluentes têxteis com carvão ativado revela importantes fatores que podem influenciar sua eficácia, com destaque para o pH e o tamanho dos poros do material. A hipótese de que a contaminação por hidróxido de sódio NaOH, possivelmente remanescente após o processo de ativação, afete negativamente as propriedades do carvão ativado, sugere que a gestão cuidadosa dos reagentes e as condições de preparo são cruciais para o sucesso do tratamento. Adicionalmente, a relação entre a área superficial e a capacidade de adsorção indica que a estrutura do carvão ativado deve ser otimizada para maximizar sua eficácia na remoção de contaminantes. Além disso, a de se considerar que o método Siemak (2023) utilizado para obtenção do carvão não seja aplicável para o contexto em que foi realizado o experimento, mas possivelmente ser replicado em outros parâmetros. Portanto, é necessário ser feitas análises que devem focar na identificação e mitigação das causas da falha no processo, visando aprimorar os métodos de tratamento e garantir que o tratamento com carvão ativado seja uma alternativa viável e eficiente para a gestão de efluentes têxteis.

REFERÊNCIAS

- A.a. As emissões de metano estão impulsionando a mudança climática. Unep, 2021. Disponível em: [https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/emissoes-de-metano-estao-impulsionando-mudanca-climatica-veja#:~:text=O%20metano%20é%20o%20principal%20contribuinte%20para%20a,no%20aquecimento%20do%20que%20o%20dióxido%20de%20carbono](https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/emissoes-de-metano-estao-impulsionando-mudanca-climatica-veja#:~:text=O%20metano%20é%20o%20principal%20contribuinte%20para%20a,no%20aquecimento%20do%20que%20o%20dióxido%20de%20carbono.). Acesso em: 27 mar. 2024
- AGUIAR Linhares, Felipe, et al. “Estudo Da Produção de Carvão Ativado a Partir Do Resíduo de Casca Da Acácia Negra Com E Sem Ativação Química.” *Scientia Cum Industria*, vol. 4, no. 2, 10 Oct. 2016, pp. 74–79, <https://doi.org/10.18226/23185279.v4iss2p74>.
- ASSAF, A. Absorção e adsorção: O que são e quais as diferenças? Nova Opersan! Portal TA. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/absorcao-e-adsorcao-o-que-sao-e-quais-as-diferencas/>>. Acesso em: 27 mar. 2024.
- BARCELLOS, Daniel Câmara. FORNO CONTAINER PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL: DESEMPENHO, PERFIL TÉRMICO E CONTROLE DE POLUIÇÃO. Disponível em: <https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2023/05/Daniel-Camara-Barcellos1.pdf>. Acesso em: 15 out. 2024
- DENISARD G. O que são pigmentos. Disponível em: <https://www.quimica.com.br/o-que-sao-pigmentos/>. Acesso em: 21 Nov. 2024.
- DUTRA, Danrley. *OBTENÇÃO de CARVÃO ATIVADO a PARTIR DO RESÍDUO de CASCA DO EUCALIPTO BRANCO*. UNIVATES, 2021 Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/51097ddf-9044-4b68-b82e-19d050eac0b5/content>. Acesso em: 26/10/2024.
- EDUCA MAIS BRASIL. Adsorção. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/quimica/adsorcao>. Acesso em: 19 out. 2023.
- EDWARDS, Christian. The world wastes more than 1 billion meals every day as hundreds of millions go hungry, UN report finds. CNN, 2024. Disponível em: <https://edition.cnn.com/2024/03/27/climate/un-food-waste-one-billion-meals-intl/index.html>. Acesso em: 27 de mar. 2024
- ESTADAO, R. A. A produção de abacate cresce no Brasil; veja os tipos mais consumidos. Estadão, 2023. Disponível em: <<https://agro.estadao.com.br/summit-agro/producao-de-abacate-cresce-no-brasil-veja-os-tipos-mais-consumidos>>. Acesso em: 14 mar. 2024.
- ÉRICA, J. et al. A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/artigos-cientificos/2016/01-a-industria-textil-no-brasil-uma-revisao-dos-seus-impactos-ambientais-e-possiveis-tratamentos-para-os-seus-efluentes.pdf>>.

FERREIRA, Adriana. et al. Adsorção de azul de metileno em hidrocarvões de resíduos têxteis. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rmat/a/pHK9FwKSzmqG5zBgj5jZxy/?lang=pt#ModalTutors>. Acesso em: 21 de ago. 2024

HEYLMANN, Kelly Kathleen Almeida, et al. “Produção, Caracterização E Aplicação de Carvão Ativado de Caroço de Pêssego No Tratamento de Efluente Têxtil.”

Engenharia Sanitaria E Ambiental, vol. 26, 14 June 2021, pp. 485–494, www.scielo.br/j/esa/a/BDGvWxvThxwwMg9ZwhXyjd/?lang=pt#, <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190226>. Acesso em: 14 mar. 2024

JONYPEPE. Carvão Ativado - Ficha Técnica. Naturaltec, 2017. Disponível em:

<<https://naturaltec.com.br/carvao-ativado-ficha-tecnica/>>. Acesso em: 14 mar. 2024

LEGNER, Carla. Conheça As Aplicações Do Carvão Ativado. Disponível em:

<https://www.revistatae.com.br/Artigo/285/conheca-as-aplicacoes-do-carvao-ativado>. Acesso em 14 de março de 2024.

LINS, Tarcila , et al. “Scientia Forestalis Caracterização Do Carvão Ativado Produzido a Partir de Serragens de Maçaranduba Characterization of Activated Carbon Produced from Sawdust Massaranduba.” *Biofix*, vol. 107, 12 June 2019, pp. 693–702, www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr107/cap21.pdf. Accessed. 17 Nov. 2024.

LOFREDO, Riccardo, et al. *Rendimento E Qualidade Do Carvão Produzido Pela Carbonização Em Um Novo Forno Metálico*. Congresso Internacional de Bioenergia, 2010. Disponível em:

><https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29912/1/2010-Washington-CIB-1.pdf>>. Acesso em 15/11/2024.

MAXWELL. 4 ADSORÇÃO 4.1. Processos de Adsorção. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/14605/14605_5.PDF>. Acesso em: 14 mar. 2024.

MUCCIACITO, João Carlos. Uso eficiente do carvão ativado como meio filtrante em processos industriais. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/uso-eficiente-do-carvao-ativado-como-meio-filtrante-em-processos-industriais/#:~:text=H%C3%A1%20tr%C3%AAs%20formas%20f%C3%ADsicas%20b%C3%A1sicas>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

M.G. do VAL, Amélia, Z. DOMINGUES, Rozana, MATENCIO, Tulio. UNIDADE VI FENÔMENOS DE SUPERFÍCIE. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://www2.ufjf.br/quimicaead/wp-content/uploads/sites/224/2013/09/FQ_II_Fenomenos_superficie.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2024.

NTERATIVOS, G.-S. Cresce produção de abacate no Brasil. Portal do Agronegócio, 11/08/2023. Disponível em:

<<https://www.portaldogronegocio.com.br/agricultura/fruticultura/noticias/cresce-producao-de-abacate-no-brasil>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

NASCIMENTO, Ronaldo, et al. *ADSORÇÃO: Aspectos Teóricos E Aplicações Ambientais*. Imprensa Universitária, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10267/1/2014_liv_rfdnascimento.pdf. Acesso em: 27/10/2024.

NUNES, G. UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA GERAÇÃO E TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30898/1/GeracaoTratamentoEfluentes.pdf>>. Acesso em: 9 de maio de 2024.

PACHECO HOPPER, D. Tratamento de efluentes de indústrias têxteis utilizando processos oxidativos avançados. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6047?locale=es>>. Acesso em: 9 maio. 2024.

PAJOOTAN, E.; ARAMI, M.; MAHMOODI, N. Binary system dye removal by electrocoagulation from synthetic and real-colored wastewaters. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/49600140_Pigmentos_naturais_bioativos>. Acesso em: 9 maio. 2024.

PEGO, Matheus. *MATHEUS FELIPE FREIRE PEGO MODIFICAÇÃO SUPERFICIAL de CARVÃO ATIVADO UTILIZANDO TRATAMENTO CORONA*. Biblioteca Universitária da UFLA, 2016. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/11815/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Modifica%C3%A7%C3%A3o%20superficial%20de%20carv%C3%A3o%20ativado%20utilizando%20tratamento%20corona.pdf. Acesso em: 27/10/2024.

PIOVESANI, Douglas. "ADSORÇÃO DE CORANTE AZUL PARA TINTA COM CARVÃO ATIVADO". Arquivo em PDF. Publicado pela UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS, 2014. Disponível em: >[file:///C:/Users/arthu/Downloads/MD_GAMUNI_VI_2014_28%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/arthu/Downloads/MD_GAMUNI_VI_2014_28%20(2).pdf)<. Acesso em: 10 de maio de 2024.

REZENDE, C. M. et al. Constituintes químicos voláteis das flores e folhas do pau-brasil (*Caesalpinia echinata*, Lam.). *Química Nova*, v. 27, n. 3, p. 414–416, jun. 2004b. Acesso em: 15 mar. 2024

SIEMAK, J. et al. Investigation of CO₂ Adsorption on Avocado Stone-Derived Activated Carbon Obtained through NaOH Treatment. *Materials*, v. 16, n. 12, p. 4390–4390, 14 jun. 2023.

SIEVRO, A. Tópico 5: Adsorção, dessorção e reações químicas em superfícies. 2022. Disponível em: <https://sites.ifi.unicamp.br/asiervo/files/2022/05/Topico5-Adsorcao-dessorcao-e-reacoes-quimicas-em-superficies.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2024.

SIERVO, Abner. FI216-Tópicos de Física Experimental -Técnicas de Física de Superfícies. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<<https://sites.ifi.unicamp.br/asiervo/files/2022/05/Topico5-Adsorcao-dessorcao-e-reacoes-quimicas-em-superficies.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

SILVA, Maurício Souza da, et al. “Produção E Aplicação de Filtro de Baixo Custo Com Carvão Ativado a Partir Do Resíduo de Caroço de Açaí Nativo.” *Ciência Florestal*, vol. 33, 7 Aug. 2023, p. e71315, www.scielo.br/j/cflo/a/W8yxGhWFMKNGKJD4834xyzK/#, <https://doi.org/10.5902/1980509871315>.

SOEDJA Veriato Mangueira, Erivone. *UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO de TECNOLOGIA DEPARTAMENTO de ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL PROGRAMA de PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL ERIVONE SOEDJA VERIATO MANGUEIRA PRODUÇÃO de CARVÃO ATIVADO a PARTIR de ENDOCARPO de COCO DA BAÍA (Cocos Nucifera) APLICADO AO PROCESSO de ADSORÇÃO DO HERBICIDA METRIBUZIN*. Acesso em: 20 Abr. 2024.

SPIEKERMANN, Fernando Ludgero. “Caracterização Química E Cinética Da Semente de Abacate E Dos Biocarvões Obtidos Utilizando Análise Termogravimétrica.” *Ufrgs.br*, 2021, lume.ufrgs.br/handle/10183/233328?show=full, <http://hdl.handle.net/10183/233328>. Acesso em: 26/10/2024.

UFSJ | Universidade Federal de São João del-Rei, 2008. Disponível em: <https://ufsj.edu.br/dcnat/carvao_ativo.php>. Acesso em: 14 mar. 2024.

VARGAS, A. M. M. Preparação e caracterização de carvões ativados obtidos a partir de vagens de Flamboyant (*Delonix regia*) mediante ativação química com NaOH. 2010, 88f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2010. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3900/1/000183931.pdf>. Acesso em: 26/10/2024. <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 26/10/2024