

## AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DOS RESÍDUOS DE SERRAGEM DA MADEIRA PARA REMOÇÃO DE PARACETAMOL EM CORPOS D'ÁGUA

Jorge de Souza Araujo  
Marcos Vinicius Ribeiro de Jesus  
Maria Eduarada Correia de Oliveira  
Pedro Augusto da Silva Araujo Saboia  
Thawan Thales de Oliveira Moura  
Tiago Christe Miranda  
Orientador: Prof.-Dr. Alexandre de Jesus Barros

### RESUMO

A crescente presença de produtos farmacêuticos em corpos d'água é uma preocupação ambiental significativa. Devido ao impacto nos ecossistemas aquáticos, à resistência bacteriana, à desregulação hormonal e à toxicidade para peixes e outros seres aquáticos. O paracetamol pode formar subprodutos tóxicos e interagir com outros poluentes, demandando abordagens inovadoras para a remoção eficaz desses compostos. Este estudo propõe a utilização de resíduos de serragem como material adsorvente para a remoção do paracetamol em corpos d'água contaminados. Investigou-se a capacidade adsortiva dos resíduos de serragem por meio de ensaios de adsorção em batelada, feitos em duplicata, utilizando a serragem carbonizada, e agitação constante de 30 minutos e 60 minutos de contato, onde se avaliou a influência na concentração de 50 mg.L<sup>-1</sup> de paracetamol juntamente com as características físico-químicas dos resíduos. Os testes feitos apresentaram resultados de aproximadamente 70% de adsorção do fármaco contaminante. Aspectos como tempo, superfície de contato e propriedades físico-químicas do material adsorvente estão diretamente ligadas com capacidade adsortiva.

**Palavras-chave:** Serragem. Paracetamol. Adsorção. Resíduos. Remoção. Corpos d'água.

### ABSTRACT

*The increasing presence of pharmaceuticals in water bodies is a significant environmental concern. Due to the impact on aquatic ecosystems, bioaccumulation in organisms, bacterial resistance, hormonal disruption, and toxicity to fish and other aquatic life. Paracetamol can form toxic byproducts and interact with other pollutants, demanding innovative approaches for the effective removal of these compounds. This study proposes the use of sawdust waste as an adsorbent material for the removal of paracetamol from contaminated water bodies. The adsorptive capacity of sawdust waste was investigated through batch adsorption tests, performed in duplicate, using carbonized sawdust, and constant agitation of 30 minutes and 1 hour of contact, where the influence on the concentration of 50 mg.L<sup>-1</sup> of paracetamol was evaluated together with the physicochemical characteristics of the residues. The tests showed results of approximately 70% adsorption of the contaminant drug. Aspects such as time, contact surface, and physicochemical properties of the adsorbent material are directly linked to adsorptive capacity.*

**Keywords:** Sawdust. Paracetamol. Adsorption. Waste. Removal. Bodies of water.

## 2 INTRODUÇÃO

Com o aumento da população e da consciência ambiental, foram desenvolvidos métodos de tratamento da água para lidar com a contaminação, incluindo a presença de fármacos. Embora processos biológicos sejam utilizados no tratamento, eles não são eficazes na remoção de fármacos. (MELO, 2009).

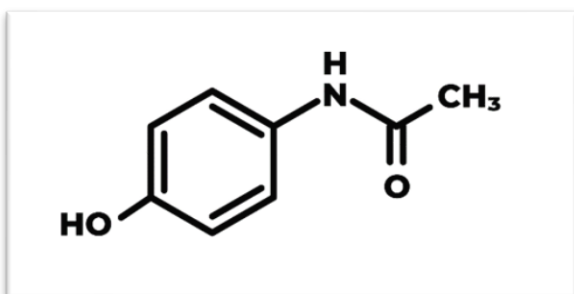
Em contraste, processos físicos que envolvem mudanças de fase são mais eficazes como etapas pré ou pós-tratamento. Nas Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs), a adsorção é fundamental para a remoção de fármacos. (BORGES, et al. 2016).

A contaminação de rios e lagos, especialmente por contaminantes emergentes como fármacos, aumentou devido ao crescimento das áreas urbanas. Esses compostos chegam aos corpos d'água através das ETEs, onde não são completamente eliminados, resultando em concentrações detectáveis nos efluentes. (FILHO, et al. 2007).

Desreguladores endócrinos (DEs) são contaminantes que afetam o sistema hormonal de organismos e apresentam riscos à saúde humana e ecossistemas. Eles podem causar efeitos adversos em concentrações muito baixas, impactando a saúde de animais e possivelmente também a saúde humana. Portanto, a compreensão dos efeitos desses contaminantes em concentrações reduzidas é uma preocupação atual. (BILA; DEZOTTI, 2007).

O paracetamol (acetaminofeno) é um analgésico antigo com alta relevância na sociedade, sendo amplamente consumido sem prescrição médica devido à sua comprovada eficácia (RHEINHEIMER, 2016). Ele é um sólido branco em forma de pó, apresentando um ponto de fusão entre 168°C e 172°C, sendo solúvel em etanol (LABSYNTH, 2017).

Figura 1: Estrutura química do paracetamol.



Fonte: do próprio autor, 2023.

Além de suas propriedades analgésicas, o paracetamol possui características antitérmicas e uma fraca ação anti-inflamatória. O uso descontrolado desse medicamento pode levar a

problemas graves, como hepatotoxicidade, resultado da depleção da glutatona hepática e da superprodução de N-acetil-p-benzoquinonimina (NAPQI), que causa a necrose dos hepatócitos (CASTRO; 2014).

A exposição precoce ao paracetamol em bebês e crianças pode resultar em complicações de neurodesenvolvimento a longo prazo, enquanto animais em estágios iniciais podem desenvolver uma sensibilidade cognitiva aumentada (CENDEJAS-HERNANDEZ, et al., 2022).

Para evitar problemas futuros, recomenda-se uma dose máxima de quatro gramas para adultos e setenta e cinco miligramas por quilo de peso corporal para crianças (FARIAS, et al., 2021).

Alcoólatras crônicos são mais vulneráveis à hepatotoxicidade do paracetamol, especialmente durante os primeiros dias de abstinência (PRESCOTT; 2001).

Embora não haja regulamentação específica para contaminantes emergentes de paracetamol em efluentes no Brasil, pesquisas investigam os riscos desse fármaco para organismos aquáticos. Efeitos adversos foram observados em *Daphnia magna* em concentrações de 9200 µg.L<sup>-1</sup> por 48 horas, paralisando 50% dos organismos. Concentrações semelhantes foram detectadas em São Paulo, bem como em efluentes nos EUA, Inglaterra e Alemanha. Por isso se torna recorrente uma forma de diminuir sua presença em corpos d'água. (SANTOS; 2015; REIS, 2014).

A intoxicação por paracetamol em gatos tende a acontecer de forma acidental. Os gatos tem tendências a essa contaminação pela sua deficiência em capacidade de biotransformação, tornando mesmo pequenas doses do fármaco potenciais em apresentar intoxicações. Alguns dos sintomas são depressão, edema facial e nos membros, dispneia, anorexia, vômito e hematuria. Não se tem conhecimento de uma dose segura estabelecida para gatos. As ingestões de apenas 10 mg/kg já provocam problemas toxicológicos (DORIGON, et al., 2012).

A adsorção é um processo espontâneo de retenção de moléculas, íons ou partículas na superfície de um sólido. Nesse processo, substâncias chamadas de adsorvatos são retidas ou acumuladas na superfície de materiais porosos conhecidos como adsorventes. (LANGMUIR, 1916; PEREIRA, 2008; ASSIS, 2012; NASCIMENTO, 2020).

O processo se divide em dois mecanismos, a fisissorção - onde interações físicas ocorrem na superfície do adsorvente- e a quimissorção -onde uma ligação química é formada entre um átomo ou molécula gasosa e a superfície sólida- (NASCIMENTO, 2020; CLAUDINO, 2003; VIDAL et al., 2012; ORTIZ, 2000).

A adsorção envolve fatores que dependem da área superficial, propriedades do adsorvente e adsorvato, temperatura do sistema, natureza do solvente e pH do meio. (NASCIMENTO, 2020; COONEY, 1999; RUTHVEN, 1984).

O setor de construção desempenha um papel no desenvolvimento econômico e social, porém é um dos grandes responsáveis pela geração de resíduos descartados no meio ambiente. (FERREIRA, 2014).

A serragem de madeira desempenha um papel crucial como subproduto na indústria madeireira, transformando e enriquecendo a cadeia de produção quando explorada de maneira eficiente e sustentável. Sua qualidade é influenciada por diversos fatores, como o tipo de madeira processada e as condições de armazenamento. (SILVA, 2018; CORÁ; JÚNIOR; SODRÉ, 2007).

No Brasil, um país com vastas áreas florestais, a produção de madeira serrada é significativa, mas cerca da metade resulta em resíduos muitas vezes descartados, o que levanta preocupações ambientais. (WANDER, 2001).

O Brasil se destaca como um grande ator global na produção e exportação de produtos florestais, graças à sua extensa cobertura vegetal e investimentos em plantações. No entanto, parte considerável dos resíduos gerados por essa indústria é inadequadamente gerenciada, o que tem implicações negativas tanto sociais quanto ambientais. (JUNIOR, et al., 2017).

Muitas empresas justificam a falta de aproveitamento eficiente de resíduos com base na relação custo/benefício, levando a destinações impróprias e impactos prejudiciais no meio ambiente. (NASCIMENTO; DUTRA; NUMAZAWA, 2006).

Além disso, no setor de árvores plantadas, uma parte significativa dos resíduos é utilizada para geração de energia ou na produção de produtos de maior valor agregado, contribuindo para a sustentabilidade da cadeia de produção de madeira. Portanto, promover práticas mais eficientes de gerenciamento de resíduos na indústria madeireira brasileira é fundamental para reduzir o impacto negativo no meio ambiente e garantir a conformidade com regulamentações ambientais. (JUNIOR, et al., 2017).

Portanto, ao promover o uso consciente de materiais como o resíduo de serragem, não apenas é possível reduzir a quantidade de resíduos descartados, mas também explorar soluções mais sustentáveis. Destacando a necessidade de adotar práticas mais responsáveis e inovadoras para mitigar os impactos ambientais. (ANGULO, et. Al., 2011).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1. MATERIAIS

Os reagentes utilizados na realização desses ensaios de adsorção, juntamente com suas fórmulas químicas, estão descritos conforme Tabela 1.

Tabela 1: reagentes e suas respectivas fórmulas químicas.

Reagente	Fórmula molecular
N-(4-hidroxifenil)	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>

Fonte: Do próprio autor, 2023.

A serragem utilizada foi doada de uma indústria e comércio de madeira, situada no centro de Embu Guaçu-SP. Para a realização dessas análises, foram utilizados os seguintes equipamentos: forno elétrico, mufla, balança culinária, balança analítica, espectrofotômetro, agitador magnético e laser.

Para a realização das análises foram utilizados os seguintes materiais: balões volumétricos de 5 mL, ponteiras, cubeta de quartzo, pipetas pasteur, recipiente metálico, colher, espátula metálica, cadinho, pinça para cadinho, almofariz, pistilo, bastão de vidro, balão volumétrico de 100 mL, balão volumétrico de 10 mL, proveta de 25 mL cubeta de quartzo, peixinho, suporte universal, garras metálicas funis e béqueres.

#### 3.2. MÉTODOS

##### 3.2.1. PREPARO DO MATERIAL ADSORVENTE A PARTIR DE CARVÃO DA SERRAGEM

Utilizou-se a metodologia de preparo de carvão Nobre (2015) por meio de adaptações para se adequar ao tempo, infraestrutura e ao trabalho em si.

Foi pesado aproximadamente 50 gramas de serragem no recipiente metálico. Depois o material é levado ao forno elétrico em 300 graus °C até que a fumaça se dissipe. Esta etapa é essencial para uma carbonização prévia da serragem.

O material resultante foi colocado em cadinho e levado em mufla a 500 graus, permanecendo por um intervalo de tempo de 1 hora, assegurando a completa carbonização da serragem.

Posteriormente, quando já resfriado todo o carvão preparado foi triturando com almofariz e

pistilo com o objetivo de obter-se uma uniformidade das partículas do carvão.

### 3.2.2. PREPARO DA SOLUÇÃO

Para o preparo de soluções, foi necessário 100 mL de solução estoque de paracetamol a concentração de 400 mg.L<sup>-1</sup>, a qual será utilizada para a construção da curva analítica e ensaios de adsorção.

Nas solução padrão o paracetamol teve como concentração de 50 mg.L<sup>-1</sup>, feita uma diluição da solução estoque de 400 mg.L<sup>-1</sup>, onde foi transferido 31,25 mL da solução estoque para um balão volumétrico de 250 mL e foi acertado o menisco.

Para as demais soluções de calibração, será utilizado balão de 10 e 5 mL.

### DETERMINAÇÃO DE MÁXIMA ABSORBÂNCIA DO PARACETAMOL

Para a construção da curva analítica do espectro de absorção através da espectrofotometria na região do UV, foi necessária a determinação do comprimento de onda máximo do analito. Este foi introduzido em cubeta de quartzo com água destilada e atuará como branco, uma outra será preenchida com a solução paracetamol que estará em uma concentração de 2,25 mg.L<sup>-1</sup>.

### CONSTRUÇÃO DA CURVA ANALÍTICA DE CONCENTRAÇÃO DE PARACETAMOL

A partir da solução estoque, uma solução mãe foi feita em um balão de 10 mL, com concentração de 30mg.L<sup>-1</sup>. Com essa solução, soluções de 0,75, 1,5, 2,25, 3, 3,75 e 4,5 mg.L<sup>-1</sup> foram preparadas. A solução 50 mg foi diluída como o padrão 3. Estas, foram analisadas pelo método de espectrofotometria na região UV, com a finalidade de construir a curva de calibração. As soluções foram transferidas para cubetas e foram feitas a leitura no comprimento de onda definido como de máxima absorção pelo analito. Após a obtenção da reta, foi possível determinar a real concentração através da lei de Lambert-Beer descrita na equação 1, a seguir:

$$Abs_{\lambda} = a^c_{analito} + b$$

(Fórmula 1)

**Tabela 2: soluções e suas respectivas concentrações e volumes.**

Padrão	Concentração Teórica (mg.L <sup>-1</sup> )	Volume da solução (mL)
1	0,75	0,25
2	1,5	0,5
3	2,25	0,75
4	3	1
5	3,75	1,25
6	4,5	1,5

Fonte: Do próprio autor, 2023.

### 3.2.3. ENSAIO DE ADSORÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO

Desta forma, utilizou-se a metodologia de adsorção de Piazza (2022) por meio de adaptações para se adequar ao tempo, infraestrutura e ao trabalho.

Para os ensaios de adsorção, foi colocado em concentração de 3 g.L<sup>-1</sup> o carvão de serragem. O paracetamol teve como concentração de 50 mg.L<sup>-1</sup>, feita uma diluição da solução estoque. Então foram montados sistemas de agitação para os testes de adsorção.

Com os tempos de contato de 30 minutos e 60 minutos, após a agitação, as amostras foram filtradas em sistema de filtração simples e reservadas. Tal metodologia foi realizada em quadruplicatas e dividida em 4 lotes.

### 3.2.4. TESTE DE TYNDALL

Desta forma, utilizaram-se as metodologias de Lima (2014) e Pereira e seus colaboradores (2022) por meio de adaptações para a infraestrutura do trabalho.

Foram posicionados dois béqueres em sequência, o primeiro contendo uma solução padrão, no caso água destilada, e no segundo a solução a ser analisada.

Quando posicionados, foi colocado um laser em posição com os béqueres de modo que o feixe de luz passasse através das duas soluções para que se detecte a presença ou não de nano partículas, tomando como referência a solução padrão.

### 3.2.5. ANÁLISE DAS SOLUÇÕES ADSORVIDAS

As soluções reservadas em cada tempo durante o processo de adsorção foram analisadas por meio da espectrofotometria, assim obtendo o

valor da concentração de cada amostra. Os dados serão utilizados para porcentagem de remoção de paracetamol em que o carvão da serragem foi capaz de adsorver em cada condição o fármaco. Foi utilizada a técnica de adição de padrão para as análises, visto que o material adsorvente liberou partículas no meio, portanto, alterando a absorvância e interferindo na concentração de paracetamol. Sendo assim, esta permite amenizar os efeitos de matriz, resultando em uma análise com resultados mais confiáveis.

As soluções após passarem por filtração, têm uma alíquota de 1mL retirada e transferida para um balão de 5 mL, tida como solução diluição da amostra.

Assim, deve-se adicionar em balões de 5 mL conforme a tabela 3:

**Tabela 3: soluções e suas respectivas concentrações e volumes.**

Solução	Volume de solução mãe 30 mg.L-1 (mL)	Volume de solução diluição da amostra	Concentração de sol. mãe (mL/L)
1	0	0,5	0
2	0,1	0,5	0,6
3	0,15	0,5	0,9
4	0,2	0,5	1,2
5	0,25	0,5	1,5
6	0,30	0,5	1,8

Fonte: Do próprio autor, 2023.

Após obtida a equação da reta, o valor de absorvância foi substituído por 0, obtendo a real concentração da amostra.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. PREPARO DO CARVÃO DE SERRAGEM

Após o processo do preparo do carvão da serragem para os testes de adsorção, foi obtido um carvão com granulometria fora do ideal, realizado em uma pré-carbonização da serragem em um forno elétrico a 300°C e logo após levado o material obtido a uma mufla a 500°C, para que ocorresse a carbonização completa. A serragem veio em forma de raspas e pó, com vários tipos de madeira em sua composição. Percebe-se que não há um tamanho único de partícula antes da queima, conforme a figura 2.

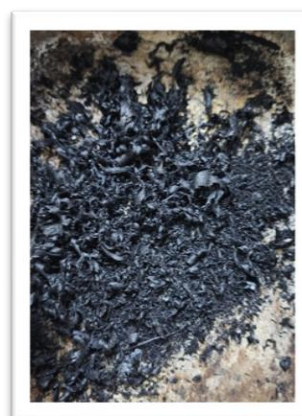
**Figura 2: Serragem in natura.**



Fonte: do próprio autor, 2023.

Após o processo de pré-carbonização, que foi feito em ambiente aberto devido a fumaça, o carvão de serragem se mantém com um tamanho de partícula não muito uniforme, contudo, se torna um material quebradiço. A figura 3 ilustra esses aspectos.

**Figura 3: Serragem pré-carbonizada.**



Fonte: do próprio autor, 2023.

Após a trituração e finalização da carbonização em mufla, o carvão obtém um aspecto mais uniforme, conforme figura 4.

**Figura 4: Serragem carbonizada.**



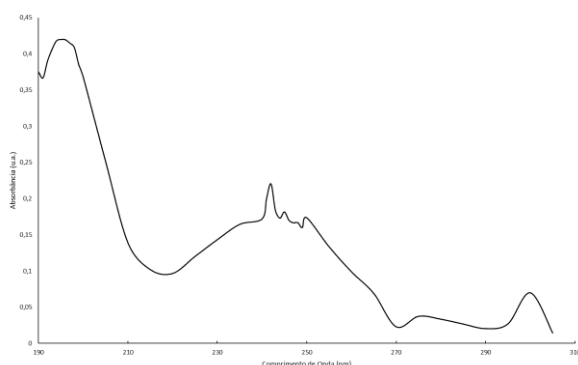
Fonte: do próprio autor, 2023.

Entretanto, tal trituração não foi suficiente para a uniformização das partículas, onde não tivemos o controle das partículas menores, como também de partículas acima da granulometria esperada.

#### 4.2. DETERMINAÇÃO DE MÁXIMA ABSORBÂNCIA DO PARACETAMOL

Em primeiro momento nas análises espectrofotométricas, foi verificado o comprimento de onda de maior absorbância, este que é essencial para as análises que serão realizadas posteriormente. O espectro de absorção foi medido de 190 nm até 305 nm, com intervalos de 5 nm sendo que entre 190 e 200 nm e 240 até 250 o intervalo foi de 1 nm. Desta forma, foi possível gerar um gráfico do perfil espectrofotométrico do paracetamol.

Figura 6: Espectro de absorção.



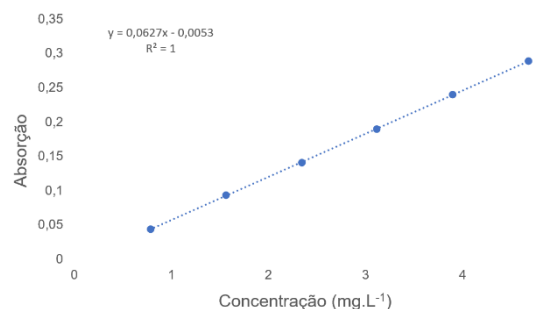
Fonte: do próprio autor, 2023.

O comprimento de onda definido para as leituras foi em 242 nm, visto a maior estabilidade do equipamento nesse comprimento de onda, considerando que o ponto mais elevado está situado em uma região onde a leitura do espectrofotômetro é notavelmente instável.

#### 4.3. CONSTRUÇÃO DA CURVA ANALÍTICA DE CONCENTRAÇÃO DE PARACETAMOL

Através da identificação do comprimento de onda com a maior absorbância, foi possível criar curvas analíticas. Ao analisar as soluções padrão de concentrações conhecidas, foi estabelecida uma equação linear seguindo a Lei de Lambert-Beer. Com a equação obtida, foi possível realizar o cálculo de padronização das soluções de paracetamol que serão utilizadas nos ensaios adsorptivos.

Figura 7: Curva analítica do paracetamol



Fonte: do próprio autor, 2023.

Pode-se reconhecer ótima linearidade, com os valores de R2 maiores que 0,99 e coeficientes de absorção molecular sempre próximos. Os resultados das padronizações estão expressos na tabela 4.

Tabela 4: tabela de concentrações das soluções 50 mg.L<sup>-1</sup>.

Padronização	Concentração mg.L <sup>-1</sup>
1	51,356
2	49,446
3	48,179
4	49,664

Fonte: do próprio autor, 2023.

#### 4.4. ENSAIO DE ADSORÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO

As massas de material adsorvente utilizadas nos testes se mantiveram uniformes, apresentando baixíssimas variações. Assim as soluções padronizadas foram adicionadas. Após o tempo de agitação, os sistemas foram filtrados em papel filtro qualitativo por filtração simples, conforme a figura 8 e 9.

Figura 8: Sistema de agitação.



Fonte: do próprio autor, 2023.

Figura 9: Sistema de filtração simples.



Fonte: do próprio autor, 2023.

#### 4.5. TESTE TYNDALL

A Figura 10 e 11 mostra imagens do feixe de luz laser da cor verde passando pelo béquer contendo a solução padrão e a solução a ser analisada respectivamente.

Figura 10: Solução padrão teste Tyndall.



Fonte: do próprio autor, 2023.

Figura 11: Solução a ser analisada teste Tyndall



Fonte: do próprio autor, 2023.

Somente no segundo béquer é visível o feixe no interior do fluido (Efeito Tyndall). Na figura

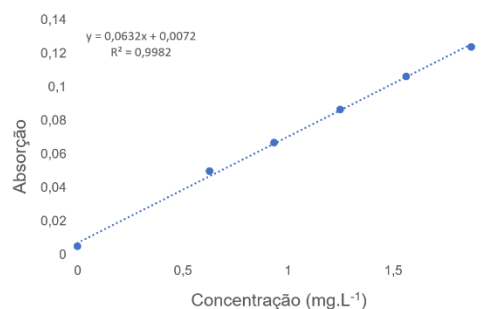
10 é possível comprovar que o feixe não tem a sua trajetória visível no béquer com a solução padrão.

Portanto podemos considerar a presença de nano partículas na solução a ser analisada, essas derivadas a partir das partículas de carvão, onde observa-se o feixe de luz do laser passando pela solução, onde podemos determinar também que a intensidade da luz na solução está diretamente ligada com a concentração de nano partículas na solução.

#### 4.6. ENSAIO DE ADSORÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO

Durante os ensaios de adsorção, observou-se que o carvão estava liberando partículas no meio. Embora essas partículas tenham interferência direta nas análises, desviando o feixe de luz do espectrofotômetro, que impacta a absorvância registrada da solução, gerando um efeito de matriz. Para minimizar esse efeito, foi implementada a técnica de adição de padrão.

Figura 12: Gráfico pela técnica de adição de padrão



Fonte: do próprio autor, 2023.

Dentre os valores obtidos em todas as análises realizadas, verifica-se com valores de R2 maiores que 0,99 e coeficientes de absorção molecular sempre próximos.

A tabela 4 representa os resultados obtidos nos testes de adsorção em 30 minutos.

Tabela 4: Resultados de 30 minutos de agitação.

Lote	Adsorção (%)	Número de análises
1	61,3 ± 18,3	4
2	57,9 ± 16,4	4
3	64,8 ± 8,1	4
4	76,8 ± 24,6	4

Fonte: do próprio autor, 2023.

A tabela 5 representa os resultados obtidos nos testes de adsorção em 60 minutos.

**Tabela 5: Resultados de 60 minutos de agitação.**

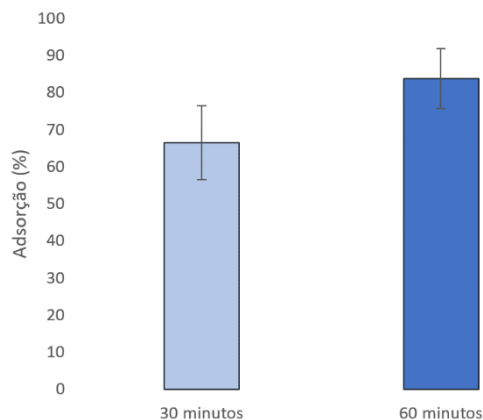
Lote	Adsorção (%)	Número de análises
1	81,7 ± 11,7	4
2	75,7 ± 14	4
3	95,9 ± 1,2	4
4	85,3 ± 12,5	4

Fonte: do próprio autor, 2023.

Com base nos dados fornecidos, é evidente que houve variações nos resultados em diferentes tempos de contato. Os desvios padrão foram consideravelmente altos, e os resultados entre os lotes demonstraram baixa dispersão. Nesse contexto, considerando que o tamanho das partículas do material adsorvente está associado à sua capacidade de adsorção e que não houve uma uniformização no tamanho das partículas, é plausível concluir que essa variável teve um impacto significativo nos resultados obtidos.

A figura 13 representa o resultado de adsorção final em cada tempo.

**Figura 13: Médias finais de cada tempo.**



Fonte: do próprio autor, 2023.

A partir dos resultados obtidos, nas condições experimentais propostas, a adsorção média no tempo de 30 minutos foi de 61,4% e a adsorção média no tempo de 60 minutos foi de 84,5%. Assim, pode-se verificar que o aumento do tempo de contato com a solução de paracetamol favorece a adsorção. O coeficiente de variação dos ensaios em 30 minutos foi de 12,6%, já o coeficiente de variação em 60 minutos foi de 10 %, assim é possível concluir que as análises foram satisfatórias, apresentando valores abaixo de 25% no coeficiente de variação.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo revelou a eficácia da serragem de madeira como agente adsorvente de paracetamol e possivelmente outros fármacos correlatos em corpos d'água, destacando-se como uma alternativa promissora aos métodos tradicionais de tratamento de água. Os resultados das análises de adsorção em função do tempo, conduzidas sob agitação constante por 30 e 60 minutos, demonstraram a eficiência do carvão da serragem de madeira na remoção do paracetamol. A capacidade de adsorção do carvão de serragem, conforme indicado pelos dados obtidos, apresenta uma adsorção de 62% para 30 minutos de contato e 84% para 60 minutos de contato, sugerindo sua viabilidade como substituto do carvão ativado no tratamento de corpos d'água contaminados por paracetamol. Essa descoberta ressalta não apenas a eficácia da serragem de madeira, mas também aponta para sua aplicabilidade prática como uma solução sustentável e eficiente na busca por métodos inovadores de purificação de água.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus e aos nossos familiares. Agradecemos a instituição ETEC Irmã Agostina por fornecer toda a infraestrutura.

Expressamos um especial agradecimento as professoras de PDTCC Prof. Thaís Taciano Santos e Aline Ramos. Que auxiliaram na conclusão deste trabalho, com muita paciência e dedicação. Procurando entender as dúvidas e sempre nos elucidando e nos colocando no caminho certo durante todo o trabalho.

Ao nosso orientador, Prof. Dr. Alexandre de Jesus Barros, que dedicou seu tempo com dicas e com conversas e nos auxiliou em diversos momentos, e principalmente esclarecendo dúvidas e doando um pouco do seu tempo para explicações.

Também viemos agradecer aos professores, Prof. Dr. Klauss Engelmann e Prof. Dr Fábio de Aguiar Rizzo que forneceram seu conhecimento e experiência para nos mantermos firmes durante todo trabalho.

Agradecemos também aos familiares, colegas e amigos que apoiaram as pesquisas e motivaram cada parte dessa longa jornada.

E por último e nem por isso menos importante, agradecimentos por cada integrante deste grupo, que fizeram o possível para que este trabalho fosse realizado da melhor forma possível, apesar das dificuldades e obstáculos encontrados ao longo dos dias.



## REFERÊNCIAS

- ANGULO, S. C. et al. 2011. **Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, p. 299-306.
- ASSIS, P. A. 2012. **Adsorção de metais pesados em solução aquosa e em drenagem ácida de mina utilizando bagaço de cana-de-açúcar modificado quimicamente.**
- BILA, D. M.; DEZOTTI, M. 2007. **Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências.** *Química nova*, v. 30, p. 651-666.
- BORGES, R. M. et al. 2016. **Uso de filtros de carvão ativado granular associado a microrganismos para remoção de fármacos no tratamento de água de abastecimento.** *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 21, p. 709-720.
- CASTRO, P. L. P. 2014. **Farmacocinética do paracetamol.** Tese de Doutorado.
- CENDEJAS-HERNANDEZ, J. et al. 2022. **Paracetamol (acetaminophen) use in infants and children was never shown to be safe for neurodevelopment: a systematic review with citation tracking.** *European Journal of Pediatrics*, v. 181, n. 5, p. 1835-1857.
- CLAUDINO, A. et al. 2003. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes.** Tese de Mestrado.
- COONEY, D. O. 1998. **Adsorption design for wastewater treatment.** CRC press.
- DORIGON, O. et al. 2013. **Intoxicação por paracetamol em gatos.** *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 12, n. 1, p. 88-93.
- FERREIRA, E. T. 2014. **Contribuição ao estudo do potencial de aproveitamento de agregados reciclados de RCC produzidos na Usiben-João Pessoa-em concreto estrutural aplicado em lajes pré-moldadas.**
- FILHO, R. W. R. et al. 2007. **Fármacos, ETes e corpos hídricos.** *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 2, n. 3, p. 54-61.
- FISPQ - **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos: Paracetamol.** [S. l.], 24 maio 2017. Disponível em: <https://www.labsynth.com.br/fispq/FISPQ-%20Paracetamol.pdf>. Acesso em: 19 de Agosto de 2023.
- JUNIOR, Marco Antonio Louzada et al. 2017. **O contexto brasileiro e as oportunidades e as oportunidades de aproveitamento de resíduos de madeira.** *Revista Saúde e Meio Ambiente*, v. 5, n. 3, p. 24-40.
- LANGMUIR, I. 1916. **The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I. Solids.** *Journal of the American chemical society*, v. 38, n. 11, p. 2221-2295.
- LIMA, L. S. 2014. **Efeito Tyndall.** *Revista de Ciência Elementar*, v. 2, n. 3.
- MELO, S. A. S. et al. 2009. **Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados.** *Química nova*, v. 32, p. 188-197.
- NASCIMENTO, R. F. et al. 2020. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais.**
- NASCIMENTO, S. M; DUTRA, R. I. J. P; NUMAZAWA, S. 2006. **Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso.** *Holos Environment*, v. 6, n. 1, p. 08-21.
- NOBRE, J. R. C. et al. 2015. **Caracterização do carvão ativado produzido a partir de serragens de maçanduba.**
- ORTIZ, N. 2000. **Estudo da utilização de magnetita como material adsorvedor dos metais cu 2, pb 2, ni 2 e cd 2, em solução.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- PEREIRA, F. V. 2008. **Remoção de íons zinco (ii) de efluentes derivados de processos de galvanoplastia utilizando rejeitos de fibras vegetais modificadas quimicamente.**
- PEREIRA, L. A. A. et al. 2022. **Espalhamento de luz e o Efeito Tyndall: um laboratório instrucional a nível de graduação.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 44.
- PIAZZA, M. 2022. **Utilização de carvão ativado e da cinza da casca de arroz como adsorventes na remoção de paracetamol.** *Engenharia Química.*
- PRESCOTT, L. F. 2000. **Paracetamol, alcohol and the liver.** *British journal of clinical pharmacology*, v. 49, n. 4, p. 291-301.
- RANDLES D. et al. 2016. **Acetaminofeno atenua a avaliação de erros no córtex, Social Cognitive**

**and Affective Neuroscience** , Volume 11, Edição 6, junho de 2016, páginas 899–906.

REIS, A. C. A. 2014. **Análise e comparação da cinética de adsorção da casca de banana e carvão ativado em efluentes contaminados com fármacos.** In: Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre.

RUTHVEN, D. M. **Principles of adsorption and adsorption processes.** John Wiley & Sons. 1984.

SANTOS, A. M. et al. 2015. **Square-wave voltammetric determination of paracetamol and codeine in pharmaceutical and human body fluid samples using a cathodically pretreated boron-doped diamond electrode.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 26, p. 2159-2168.

SILVA, E. M. 2018. **Obtenção, caracterização e utilização do carvão de serragem como adsorvente para purificação de água.**

SODRÉ, G. A; CORÁ, J. E; JÚNIOR, J. O. S. 2007. **Caracterização física de substratos à base de serragem e recipientes para crescimento de mudas de cacaueteiro.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 29, p. 339-344.

VIDAL, C. B. et al. 2012. **BTEX removal from aqueous solutions by HDTMA-modified Y zeolite.** Journal of environmental management, v. 112, p. 178-185.

WANDER, P. R. 2001. **Utilização de resíduos de madeira e lenha como alternativas de energias renováveis para o desenvolvimento sustentável da região nordeste do estado do Rio Grande do Sul.**