

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
ETEC Júlio de Mesquita
Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

ADSORÇÃO DE DAPIRONA MONOIDRATADA E DICLOFENACO POTÁSSICO A PARTIR DA CASCA DE AMENDOIM

Fernanda Aidú¹

Letícia Rodrigues Morgan²

Manuella Paes Cavalcante³

Nicoli do Carmo Santana⁴

Jhonny Frank Sousa Joca⁵

Maria do Socorro Sousa Silva⁶

Resumo: Os fármacos, classificados como contaminantes emergentes, são descartados erroneamente, causando danos ambientais. Nesse contexto, podem ser ressaltados dois medicamentos: a Dipirona Monoidratada e o Diclofenaco Potássico, que são utilizados de forma indiscriminada no Brasil, apesar de serem controlados e até restritos em outros países. A adsorção é uma alternativa para a remoção de contaminantes, utilizando adsorventes de materiais de baixo custo, como resíduos agrícolas. A casca do amendoim é o principal resíduo gerado pela produção de amendoim e é descartada por incineração ou sepultamento, podendo gerar problemas ambientais. Portanto, uma alternativa é sua utilização como adsorvente, devido às suas características físico-químicas. No presente trabalho é avaliada a eficácia da casca de amendoim como material adsorvente utilizando diferentes preparações do material: *in natura*, com lavagem básica, com ativação ácida e como carvão ativado para remoção da Dipirona Monoidratada e do Diclofenaco Potássico de amostras. Após os ensaios de adsorção, o carvão mostrou-se mais eficiente comparado às outras preparações do material, que não se mostraram eficazes na remoção dos fármacos. Como continuidade do estudo, recomendam-se realizações de demais ensaios com o carvão com diferentes massas, pHs e intervalos de tempo, além de ensaios de remoção do Diclofenaco Potássico utilizando o carvão ativado.

Palavras-Chave: Adsorção; Casca; Amendoim; Dipirona; Diclofenaco.

¹ Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – fernanda.aidu@etec.sp.gov.br

² Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – leticia.morgan@etec.sp.gov.br

³ Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio –
manuella.cavalcante@etec.sp.gov.br

⁴ Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – nicoli.santana01@etec.sp.gov.br

⁵ Professor do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – jhonny.joca@etec.sp.gov.br

⁶ Professora do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio –
maria.silva2473@etec.sp.gov.br

Abstract: Pharmaceuticals, classified as emerging contaminants, are improperly disposed of, causing environmental damage. In this context, two medicines can be highlighted: Dipyrone Monohydrate and Diclofenac Potassium, which are used indiscriminately in Brazil, despite being controlled and even restricted in other countries. Adsorption is an alternative for the removal of contaminants, utilizing adsorbents made from low-cost materials, such as agricultural waste. Peanut shells are the main waste generated from peanut production and are discarded through incineration or burial, potentially leading to environmental issues. Therefore, their use as an adsorbent is an alternative due to their physicochemical characteristics. This study evaluates the effectiveness of peanut shells as an adsorbent material, using different preparations of the material: *in natura*, with basic washing, with acid activation, and as activated charcoal, for the removal of Dipyrone Monohydrate and Diclofenac Potassium from samples. After adsorption tests, activated charcoal proved to be more efficient compared to the other preparations, which were not effective in removing the pharmaceuticals. As a continuation of the study, it is recommended to conduct further tests with the activated charcoal using different masses, pH levels, and interval of times, as well as tests for the removal of Diclofenac Potassium using activated charcoal.

Keywords: Adsorption; Shell; Peanut; Dipyrone; Diclofenac.

¹Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – fernanda.aidu@etec.sp.gov.br

²Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – leticia.morgan@etec.sp.gov.br

³Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – manuella.cavalcante@etec.sp.gov.br

⁴Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – nicoli.santana01@etec.sp.gov.br

⁵Professor do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – jhonny.joca@etec.sp.gov.br

⁶Professora do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – maria.silva2473@etec.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

1.1 Efluentes

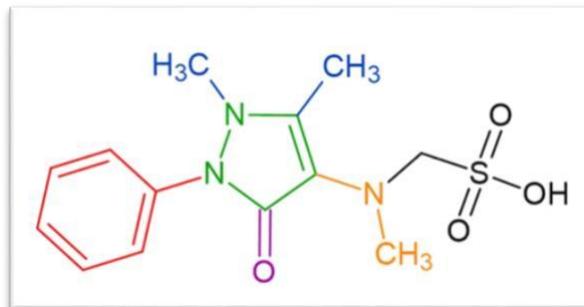
As estações de tratamento de esgoto (ETEs), são responsáveis por tratar os dejetos para que essa água volte aos mananciais. (Andrade, 1999). O tratamento compreende processos físicos como a decantação e a etapa biológica, onde a matéria orgânica é degradada pela ação dos microrganismos. Entretanto, nesse processo há produtos tóxicos que não são removidos facilmente, tornando possível a poluição dos recursos hídricos, esses são chamados de contaminantes emergentes. (Ceron, 2011).

Entre os possíveis contaminantes emergentes estão os fármacos, pois possuem potencial tóxico. Eles são constantemente descartados erroneamente por hospitais, farmácias e pelo consumidor final, isso pois não há conscientização da população em relação aos impactos gerados. Os destinos para os medicamentos nas ETEs podem variar de acordo com a sua composição, mas é comum a persistência no meio, que ocorre pelas suas estruturas complexas que não são passíveis de biodegradação. (Ceron, 2011; Haro, 2017).

1.2 Fármacos

1.2.1 Dipirona Monoidratada

Figura 1 – Estrutura molecular da Dipirona Monoidratada



Fonte: Grau Farmacêutico (2023)

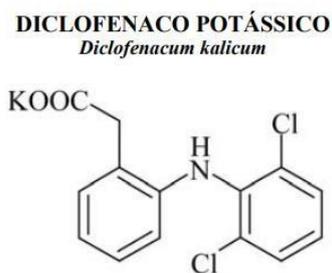
O ácido [(1,5-dimetil-3-oxo-2-fenilpirazol-4-il)-metilamino]metassulfônico (Grau Farmacêutico, 2023), conhecido como Dipirona Monoidratada, ou metamizol, é um fármaco da classe de anti-inflamatórios não esteroidais (AINE), com grande potencial analgésico e antipirético, indicado para tratamento de diferentes patologias. (Knappmann, 2010).

Classificado como medicamento isento de prescrição médica (MIP), é encontrado em drogarias na forma de solução oral, comprimido e supositório, sendo um dos medicamentos mais vendidos no Brasil em 2022, de acordo com a Anvisa.

A Dipirona é enquadrada na classe de “Não biodegradável”, apresentando apenas 50% de biodegradação em efluentes (Alvim, 2021). Os principais relatos de impacto da Dipirona foram a alta concentração em uma estação de tratamento na Alemanha (Keide, 2018), danificação no tecido dos animais marinhos (Pamplona, 2009) e casos de agranulocitose (uma alteração após queda na taxa de granulócitos no sangue) sendo banida em mais de 30 países (Benigno, 2011).

1.2.2 Diclofenaco Potássico

Figura 2 – Estrutura molecular do Diclofenaco Potássico



Fonte: ANVISA (2024)

O sal [2-[(2,6-diclorofenil) amino] fenil] acetato de potássio (Gonçalves, 2018), mais conhecido como Diclofenaco Potássico, é um fármaco da classe de antiinflamatórios não esteroidais (AINE), com potencial analgésico e antipirético, indicado para o tratamento de dor branda à moderada.

É um medicamento isento de prescrição (MIP), que pode ser facilmente adquirido em drogarias, como suspensão oral, forma tópica e adesivos transdérmicos. Sendo um dos fármacos mais comercializados, e utilizados de forma indiscriminada. (ANVISA, 2024; Geller, 2012; Lima, 2015).

Os impactos causados por este insumo farmacêutico estão ligados à sua baixa remoção por biodegradação, como no sistema de lodo ativado. Os peixes, algas e moluscos, são os organismos mais prejudicados pelo Diclofenaco Potássico. (Machado e Aguiar, 2022).

1.3 Adsorção

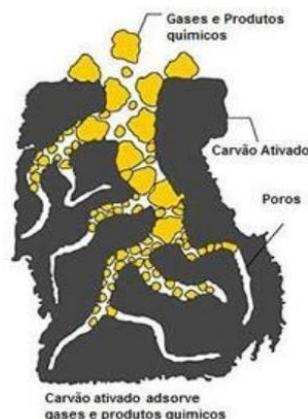
A adsorção consiste em um processo de transferência de massa, onde materiais sólidos (adsorventes) conseguem reter em sua superfície ou interface certas substâncias (adsorvatos) presentes em fluidos líquidos ou gasosos, propiciando a separação ou purificação de misturas químicas. (Freitas, 2022).

Existem três tipos principais de adsorção segundo a natureza das forças envolvidas no processo: fisissorção, quimissorção e troca iônica. A troca iônica se baseia na afinidade eletrostática e consiste nas ligações de espécies iônicas para cargas opostas à superfície do adsorvente. Enquanto, a adsorção física resulta na ação de forças intermoleculares chamadas de Forças de Van Der Waals. Por sua vez, a adsorção química que envolve reações entre adsorvente e adsorvato e pode (ou não) resultar em alteração química do adsorvato (Santos, 2019). Quando os adsorventes são porosos eleva sua área superficial e conseqüentemente favorece o rendimento do processo adsortivo. (Freitas, 2022)

1.3.1 Carvão Ativado

Entre os vários tipos de adsorventes utilizados, destaca-se o carvão ativado (CA), um material carbonáceo, caracterizado por possuir uma área superficial interna e porosidade altamente desenvolvida, elevada estabilidade química e vários grupos funcionais sobre a superfície. (Brito *et al.*, 2017). A capacidade adsortiva do CA está diretamente ligada a diversos fatores, entre eles estão o seu material precursor, a área superficial, porosidade, número de grupos funcionais, e a fatores de condições experimentais como o pH, temperatura, tempo, agitação e presença de contaminantes (Dutra, 2021).

Figura 3 - Representação do processo de adsorção pelo carvão ativado



Fonte: Cavalcante (2015)

A obtenção do CA consiste em duas principais etapas: pirólise e ativação. Na pirólise é feita a carbonização do material, e na ativação existem dois tipos, a física normalmente é com o uso do dióxido de carbono (CO_2) ou vapor de água (H_2O) e ativação química que é feita com a utilização de agentes químicos de desidratação para ativar o material, tais como ácido fosfórico e hidróxido de sódio. (Dias, 2007; Mangueira, 2014). No entanto, pensando em uma forma de reduzir o custo da produção do CA, a utilização de resíduos agrícolas com alto conteúdo de carbono e

baixo teor de cinzas se mostram bons precursores para a obtenção do carvão ativado.

(Soldá *et al.*, 2022).

1.4 Casca do Amendoim

Em 2023, de acordo com os dados apresentados pela USDA (United States Department of Agriculture), a produção de amendoim no Brasil chegou a 890 mil toneladas, considerando que o país está em 10º lugar na lista de maiores produtores de amendoim do mundo (Aranha, 2024). A casca acaba sendo o principal resíduo gerado da produção de amendoim, onde devido essa grande demanda obteve-se um valor estimado de 112,8 mil toneladas geradas em 2019. (Silva, 2021).

No Brasil, apesar de existirem processos para a utilização da casca de amendoim, como combustível na queima para o processamento de grãos, existe uma quantidade excessiva do material residual sem nenhum tipo de destinação adequada. (Freitas, 2022). O resíduo é descartado, na sua grande maioria, por incineração e sepultamento. (Çelebi, *et al.*, 2021). Esses métodos de eliminação e outros procedimentos de reutilização do subproduto do amendoim acabam gerando uma problemática para o meio ambiente, sendo assim uma possibilidade para prevenir seu descarte seria reaproveitá-lo como um adsorvente. (Gama, 2021).

A casca se caracteriza quimicamente pelo seu alto teor de compostos lignocelulósicos que são os mais abundantes complexos orgânicos de carbono presentes na natureza os quais são constituídas, principalmente de três componentes: celulose, hemicelulose e lignina. (Georgin, 2016). Estes componentes, principalmente a celulose, desenvolvem a presença de carga catiônica na superfície podendo, assim, ser utilizada no tratamento de água. (Junior, 2022).

2. OBJETIVO

Remover dos efluentes Dipirona Monoidratada e Diclofenaco Potássico utilizando a casca de amendoim. Tendo por objetivo específico, utilizar a casca de amendoim como adsorvente com ativação ácida, básica, in natura e como carvão ativado e analisar a eficiência do adsorvente a partir de medidas espectrofotométricas.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Materiais e Reagentes

Para o preparo da solução de Dipirona Monoidratada (Sanofi, Brasil), foi utilizado uma micropipeta de volume variável de 100 a 1000 µL modelo M1000

(Joanlab, China) e pHmetro de bancada modelo mPA-210 (MS TECNOPON, Brasil) para a determinação do pH. Para a varredura espectral e obtenção da curva analítica, utilizou-se um espectrofotômetro UV-VIS (Eduotec, Brasil) e cubeta de quartzo (Analyser, Brasil).

Na elaboração da solução de Diclofenaco Potássico (Novartis, Brasil), utilizouse uma bomba de vácuo e compressor modelo 131 (Prismatec, Brasil) e o papel de filtro quantitativo faixa preta (Química Moderna, Brasil). Para a varredura espectral e construção da curva analítica, foi empregado um espectrofotômetro UV-VIS (Eduotec, Brasil) com cubeta de quartzo (Analyser, Brasil).

Para a preparação das cascas de amendoim, a pesagem foi feita em uma balança semi-analítica modelo AS 510 (Marte Balança, Brasil) e a secagem na estufa (BP:42214, Brasil). Foram utilizados, também, a água deionizada, produzida em laboratório e agitador de peneiras eletromagnético (Bertel, Brasil) para peneirar nas granulometrias desejadas, sendo as peneiras utilizadas: 10 mesh, 40 mesh, 65 mesh, 80 mesh (a bronzinox, Brasil) e 20 mesh (The Tyler Standard screen scale, E.U.A). Na preparação da casca in natura, utilizou-se o liquidificador (Mondial, Brasil) para triturar, já a peneira foi usada para retirar a água após a lavagem. Para o preparo da casca de amendoim ativada com base, foi usado NaOH P.A (Nox Lab Solutions, Brasil) no preparo da solução. Na preparação da casca ativada com ácido, utilizou-se o agitador mecânico de haste modelo NI 1137 (Nova Técnica, Brasil) para agitação, e o HCl 36,46% (Anidrol, Brasil) para o preparo da solução.

No preparo do carvão ativado, foi utilizada uma solução de H_3PO_4 P.A 85% (Anidrol, Brasil), balança semi-analítica modelo AS 510 (Marte Balança, Brasil) para pesagem, estufa (Thermosolda, Brasil), capela (Lucadema, Alemanha) e mufla modelo 10X12Y15 (FORNITEC, Brasil). Além disso, para a lavagem do carvão foi utilizado $NaHCO_3$ (Anidrol, Brasil), o agitador mecânico de haste modelo NI 1137 (Nova Técnica, Brasil) para agitação da mistura, o papel de filtro quantitativo faixa preta (Química Moderna, Brasil), e o pHmetro de bancada modelo mPA-210 (MS TECNOPON, Brasil) para medição do pH da água da lavagem.

Visando a regulagem do pH foi utilizada uma solução de HNO_3 (Anidrol, Brasil), balança semi-analítica modelo AS 510 (Marte Balança, Brasil) para pesagem do carvão ativado, o agitador mecânico de haste modelo NI 1137 (Nova Técnica, Brasil) para agitação da mistura, o papel de filtro quantitativo faixa azul (Química Moderna, Brasil) e o pHmetro de bancada modelo mPA-210 (MS TECNOPON, Brasil) para medição do pH da água da lavagem, além da estufa (Thermosolda, Brasil) para secagem do material.

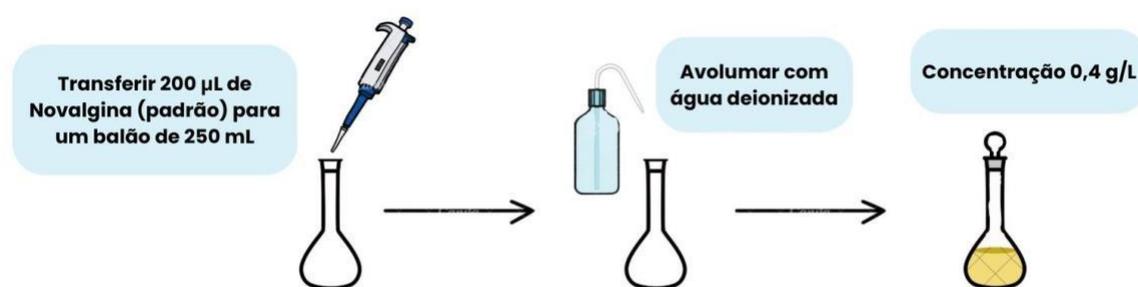
Para realizar o processo de adsorção foram utilizadas as soluções de Dipirona Monoidratada (Sanofi, Brasil) e de Diclofenaco Potássico (Novartis, Brasil), juntamente com o material adsorvente. Além disso, foi utilizado agitador mecânico de haste modelo NI 1137 (Nova Técnica, Brasil), espectrofotômetro UV-VIS (Edutec, Brasil), balança analítica modelo AY220 (Shimadzu, Brasil) para pesagem do material adsorvente e papel de filtro quantitativo faixa preta (Química Moderna, Brasil).

3.2 Procedimento Experimental

3.2.1 Dipirona Monoidratada

Inicialmente, foi preparada uma solução mãe de Dipirona Monoidratada com concentração de 0,4 g/L, a fim de realizar uma varredura de absorvância na região do ultravioleta, no intervalo de 200 a 300 nm, para identificar o comprimento de onda máximo.

Figura 4 – Processo de preparação da solução inicial de Dipirona Monoidratada



Fonte: Os autores

Em seguida, a partir da solução inicial de Dipirona Monoidratada 0,4 g/L, foram realizadas oito diluições para balões volumétricos de 50 mL, com o objetivo de determinar as respectivas absorvâncias. As concentrações estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Concentração (g/L) das diluições da solução inicial de Dipirona Monoidratada

Diluição	1	2	3	4	5	6	7	8
Concentração (g/L)	$1,87 \times 10^{-4}$	$3,75 \times 10^{-4}$	$7,5 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-3}$	3×10^{-3}	6×10^{-3}	2×10^{-2}	$3,2 \times 10^{-2}$

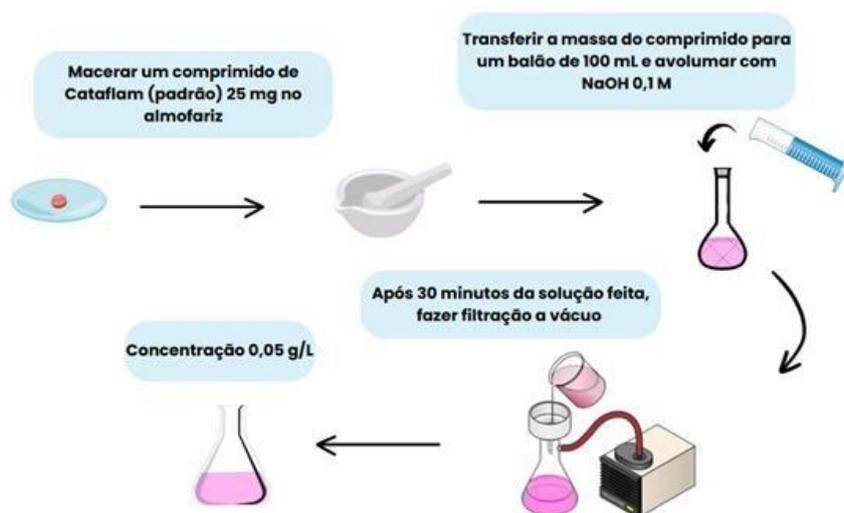
Fonte: Os autores

As medições foram realizadas em espectrofotômetro UV-Vis para se obter a curva analítica.

3.2.2 Diclofenaco Potássico

A princípio, foi preparada uma solução mãe de Diclofenaco Potássico com concentração de 0,05 g/L, como mostrado na Figura 5, com o propósito de realizar uma varredura de absorvância no espectrofotômetro UV-Vis, na região do ultravioleta, no intervalo de 200 a 300 nm, para indicar o comprimento de onda máximo.

Figura 5 – Processo de preparação da solução inicial de Diclofenaco Potássico



Fonte: Os autores

Posteriormente foram feitas oito diluições a partir solução inicial em balões de 50 mL, nas concentrações descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Concentração (g/L) das diluições da solução inicial de Diclofenaco Potássico

Diluição	1	2	3	4	5	6	7	8
Concentração (g/L)	$1,1 \times 10^{-3}$	$1,56 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$3,12 \times 10^{-3}$	$4,2 \times 10^{-3}$	$6,25 \times 10^{-3}$	1×10^{-2}	$1,25 \times 10^{-2}$

Fonte: Os autores

As medições foram realizadas com a finalidade de se obter a curva analítica em espectrofotômetro UV-Vis.

3.2.3 Preparação das cascas de amendoim (*in natura*, tratada com base e ácido)

A preparação da casca de amendoim *in natura* para posterior adsorção, foi efetuada por meio de uma lavagem em água corrente utilizando aproximadamente 163 g de casca, a fim de remover possíveis impurezas. O procedimento de lavagem constitui-se na imersão do material em água, seguida da secagem completa na estufa à 100 °C por 10 horas e 40 minutos, e depois trituradas. Posteriormente, foi

pesado e submetido a uma nova lavagem por imersão em água deionizada. Após essa etapa, o excesso de água foi removido com o auxílio de uma peneira. As cascas foram novamente secas na estufa a 60 °C por 24 horas, como indicado na Figura 6, e peneiradas em duas faixas granulométricas: 40 >x> 65 mesh e 10 >x> 20 mesh. **Figura 6** – Cascas de amendoim após secagem na estufa



Fonte: Os autores

Quanto a preparação da casca de amendoim com lavagem básica, foram pesados 10 g do material *in natura* para 200 mL de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, realizando uma lavagem por imersão por 15 minutos. O material foi levado a estufa por 24 horas em uma temperatura de aproximadamente 70 °C, depois foi pesado e peneirado nas mesmas faixas granulométricas: 40 >x> 65 mesh e 10 >x> 20 mesh.

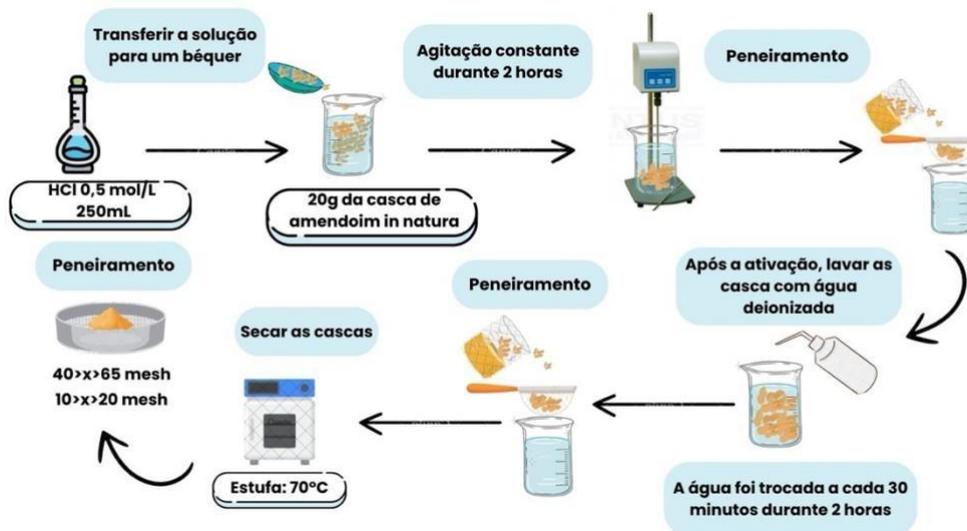
Figura 7 – Lavagem da casca *in natura* com NaOH



Fonte: Os autores

A ativação ácida da casca de amendoim, foi feita com o material *in natura* (não peneirado) e uma solução de HCl 0,5 mol/L, como ilustra a Figura 8.

Figura 8– Etapas do processo de ativação da casca *in natura* com HCl



Fonte: Os autores

3.2.4 Preparação e ativação do carvão ativado

Quanto ao preparo do carvão ativado, foram pesados 20 g da casca *in natura* para 20 mL de ácido fosfórico (H_3PO_4) 85%. Posteriormente o material foi seco na estufa à 120 °C por 17 horas e posteriormente, foi levado a capela para retirar sua matéria orgânica através do aquecimento no bico de Bunsen até parar de soltar fumaça. Logo após, o material foi colocado na mufla, separado em duas cápsulas de porcelana, nas seguintes temperaturas: 200 °C durante 1 hora e 300 °C por mais 1 hora, e levado ao dessecador, como evidencia a Figura 9.

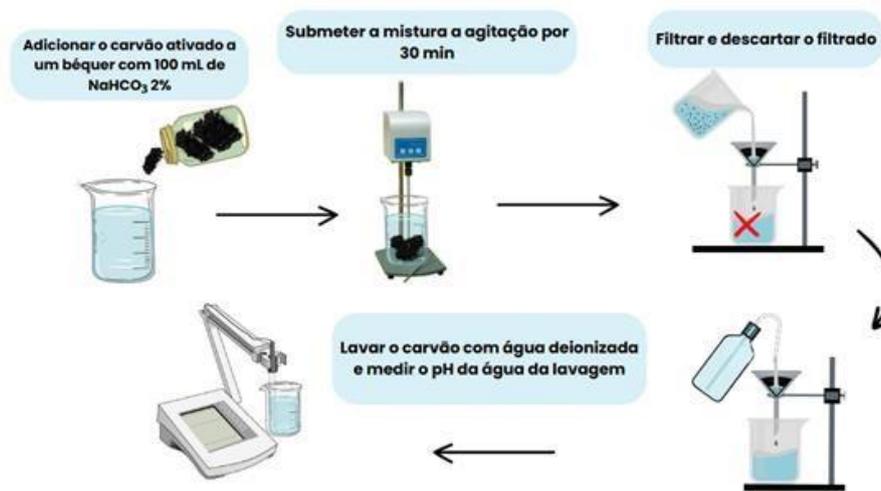
Figura 9 – Carvão nas cápsulas de porcelana dentro do dessecador.



Fonte: Os autores

Posteriormente, o carvão ativado foi submetido a duas lavagens com $NaHCO_3$ 2% para regular o pH entre 6 e 7, como demonstra a Figura 10.

Figura 10 – Processo de lavagem do carvão com $NaHCO_3$



Fonte: Os autores

3.2.5 Regulagem do pH do carvão ativado

Para a regulagem do pH do carvão ativado, foram pesados 6 g de carvão e colocados em um béquer com 48 mL de uma solução de HNO_3 0,1 mol/L, depois a mistura foi levada a agitação. Após 30 minutos de agitação, o carvão foi lavado com água deionizada até o pH estar entre 2 e 3.

3.2.6 Aquecimento do carvão ativado

Para uma melhor adsorção em alguns ensaios, o carvão ativado foi previamente aquecido na estufa por 24 horas, em uma temperatura entre 70° e 100°C .

Depois o carvão foi peneirado na granulometria de $10 > x > 20$, $40 > x > 65$ ou $65 > x > 80$ mesh, pesado 300 mg para utilização nos ensaios de adsorção.

3.2.7 Adsorção

Para a realização do processo de adsorção, foram utilizados 100 mL de solução preparada com Dipirona Monoidratada (0,3 g/L) e com Diclofenaco Potássico (0,05 g/L). Nas soluções foram adicionados 300 mg de material adsorvente, que incluiu casca de amendoim (tratada com ácido, base, *in natura*) e carvão ativado, sob agitação constante. Após 2 horas no agitador, a solução foi filtrada com papel de filtro quantitativo faixa preta em um sistema de filtração simples. Em seguida, a concentração remanescente dos fármacos foi determinada pelo espectrofotômetro UV-VIS no comprimento de onda de maior banda medida, a fim de calcular o percentual de remoção, de acordo com a absorbância inicial e a final. As eficiências foram calculadas conforme descrito na Equação 1.

Equação 1: Cálculo da eficiência dos testes de adsorção

$$Eficiência (\%) = \frac{Absorbância\ inicial - Absorbância\ final}{Absorbância\ inicial} \times 100$$

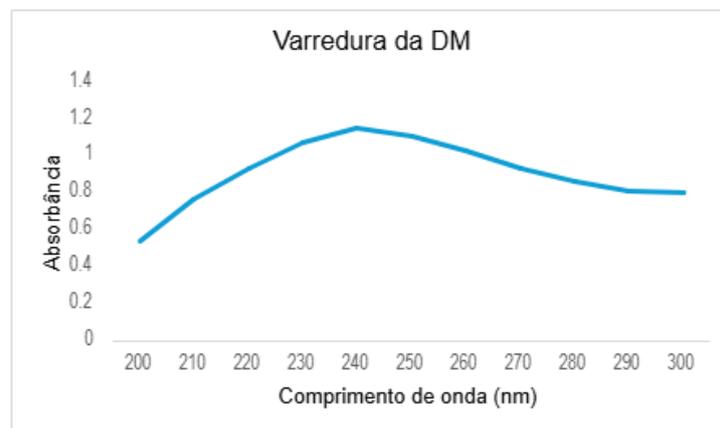
Fonte: Adaptado de Duarte-Almeida (2006)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Construção da curva analítica

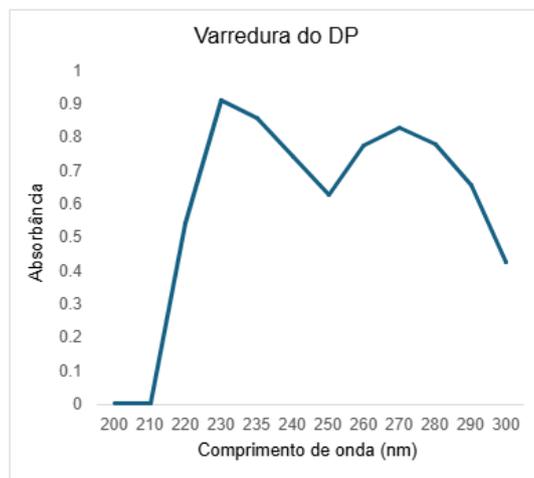
A varredura foi realizada para determinar o comprimento de onda de máxima absorvância na região do ultravioleta por espectrofotômetro UV-Vis, verificou-se que o comprimento máximo de absorção da solução de Dipirona Monoidratada (DM) de concentração 0,4 g/L era de 240 nm, e 230 nm para a solução de Diclofenaco Potássico (DP) 0,05 g/L, como foi apresentado nas Figura 11 e Figura 12, respectivamente.

Figura 11 – Varredura da Dipirona Monoidratada (DM)



Fonte: Os autores

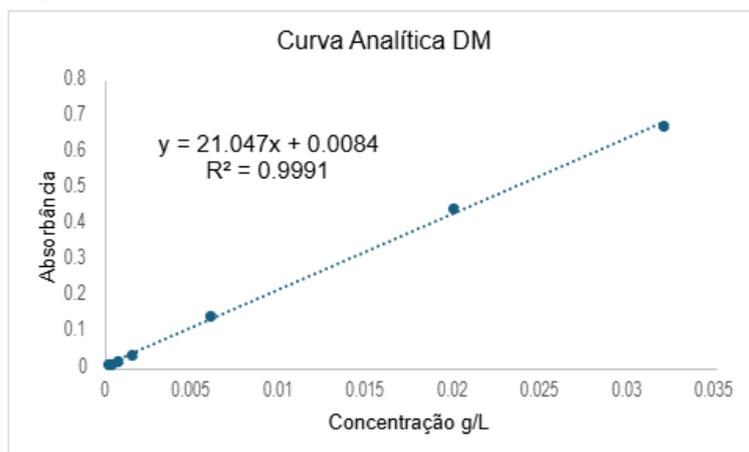
Figura 12 – Varredura da Diclofenaco Potássico (DP)



Fonte: Os autores

Os resultados obtidos pelas análises realizadas na seção 3.2.1 foram utilizados posteriormente na construção da curva analítica da Dipirona Monoidratada, expressa na Figura 13.

Figura 13 – Curva analítica da Dipirona Monoidratada (DM)



Fonte: Os autores

A curva analítica da solução de Dipirona Monoidratada se comporta dentro da linearidade. Já com a solução de Diclofenaco Potássico, não foi possível realizar a curva de calibração, pois a mesma apresentou um comportamento inconstante, resultando em dados demasiadamente diferentes em cada teste realizado.

4.2. Ensaio de adsorção da Dipirona Monoidratada

4.2.1. Casca *in natura*, básica e ácida

A proporção inicial utilizada foi de 0,2 g de adsorvente para 100 mL de solução. A partir da adsorção 3 da Tabela 3, a proporção foi aumentada para 0,3 g para 100 mL, as eficiências foram calculadas conforme a Equação 1, descrita no setor 3.2.7.

Inicialmente, a adsorção da Dipirona foi realizada utilizando a casca *in natura*, com ativação básica e com ativação ácida. Os resultados estão na Tabela 3.

Tabela 3: Ensaio de adsorção da Dipirona Monoidratada com a casca *in natura*, básica e ácida

Adsorvente (casca)	Adsorção	Granulometria (mesh)	Massa (g)	Eficiência (%)
<i>In natura</i>	1	40>x>65	0,2	NA
<i>In natura</i>	2	10>x>20	0,2	NA
Básica	3	40>x>65	0,2	NA
Básica	4	10>x>20	0,2	NA
Básica	5	40>x>65	0,2	NA
Ácida	6	40>x>65	0,2	0

NA - não adsorveu

Fonte: Os autores

De acordo com a análise das adsorções, pode-se notar que independente das granulometrias, as cascas *in natura* e com ativação básica não adsorveram a Dipirona, fazendo com que as soluções adquirissem coloração após a agitação e que suas absorvâncias aumentassem ao invés de diminuir, não obtendo nenhuma porcentagem de eficiência. Utilizando a casca com ativação ácida, sua absorvância não se alterou comparando o antes e depois do processo de adsorção.

Dessa forma, visto que os resultados anteriores não apresentaram eficiência, adotou-se o uso de carvão ativado como adsorvente, para promover a diminuição da concentração do fármaco em solução.

4.2.2. Carvão Ativado

Utilizando o carvão ativado como adsorvente, optou-se por reduzir a concentração da Dipirona utilizada, passando de 0,4 g/L para 0,3 g/L, a partir do teste de Adsorção 2 apresentado na Tabela 4. Os resultados obtidos em cada teste estão detalhados na Tabela 4.

Tabela 4: Ensaio de adsorção da Dipirona Monoidratada com o carvão ativado

Adsorção	Granulometria (mesh)	Massa (g)	Eficiência (%)
1	40>x>65	0,1	7,5
2	10>x>20	0,1	NA
3	65>x>80	0,3	NA
4	40>x> 65	0,3	6,9

NA - não adsorveu

Fonte: Os autores

Observando a Tabela 4, nota-se que mudando a granulometria e a proporção da massa, sua eficiência demonstrou alteração. Nas Adsorções 2 e 3 mesmo com proporções diferentes e granulometrias distintas, não apresentaram resultados na remoção do fármaco. As Adsorções 1 e 4 apresentaram eficiências significativas, porém baixas, levando em consideração que a Adsorção 1 com granulometria entre 40 e 65 mesh obteve maior eficiência.

A partir dos resultados obtidos, o pH do carvão ativado foi alterado, de neutro para ácido, para aumentar a eficiência do processo de adsorção. Os resultados estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Ensaios de adsorção da Dipirona Monoidratada com o carvão ácido

Adsorção	Granulometria (mesh)	Massa (g)	Eficiência (%)
1	40 > x > 65	0,3	30,3
2	65 > x > 80	0,3	57,2

Fonte: Os autores

Com base nos resultados apresentados na Tabela 5, observou-se uma alteração significativa na eficiência da adsorção ao utilizar carvão ativado com pH ácido em comparação ao neutro, assim como com diferentes granulometrias. A adsorção realizada com a granulometria entre 65 e 80 mesh apresentou a maior eficiência. Diante disso, decidiu-se adotar essa granulometria e pH para os testes subsequentes.

Diante dos resultados obtidos, optou-se por verificar a influência do tempo de adsorção sobre a eficiência do processo. A finalidade foi avaliar a necessidade de se obter uma adsorção eficiente em um tempo maior sob agitação, ou utilizar intervalos de tempo mais curtos. Além disso, nestes ensaios de adsorção o carvão foi submetido a um processo de aquecimento prévio. A Tabela 6 apresenta a remoção por tempo obtida neste ensaio, utilizando 0,6 g de carvão ativado para 100 mL de solução de Dipirona e a Tabela 7 utilizando uma maior proporção de 0,8 g para 100 mL.

Tabela 6: Eficiência (%) por tempo da adsorção da Dipirona Monoidratada com 0,6 g do carvão ácido

Tempo (min)	Eficiência (%)
30	34,4
60	86,8

Fonte: Os autores

Tabela 7: Eficiência (%) por tempo da adsorção da Dipirona Monoidratada com 0,8 g do carvão ácido

Tempo (min)	Eficiência (%)
30	63,7
60	89,5

Fonte: Os autores

Com base nos resultados apresentados nas Tabelas 6 e 7, verifica-se a necessidade de um maior tempo sob agitação para otimizar o processo de adsorção. Apesar de que em 30 minutos tenha sido observada uma eficiência considerável, aos 60 minutos a eficácia foi significativamente superior. Enfatiza-se que o aquecimento do carvão ativado ácido contribuiu para maior eficiência, visto que com o aquecimento, há uma desobstrução dos poros no interior da estrutura do adsorvente contribuindo com a adsorção (Dogan, 2006). Além disso, observa-se que o uso de uma proporção maior aumentou a eficiência em comparação com a proporção menor.

Nos ensaios com Dipirona e carvão ativado, constatou-se que o carvão ativado neutro não apresentou uma eficiência significativa, enquanto o carvão ativado com pH ácido demonstrou uma eficiência superior. Além disso, foi observado que a granulometria do carvão influencia diretamente nos resultados, sendo que a faixa entre 65 e 80 mesh apresentou o melhor desempenho. A proporção de 0,8 g de adsorvente para 100 mL de solução mostrou-se a mais eficaz, havendo necessidade de aumentar a quantidade de adsorvente para melhorar a eficiência do processo.

4.3. Ensaios de adsorção do Diclofenaco Potássico

4.3.1. Casca *in natura* e ácida

Os ensaios de adsorção realizados com a casca *in natura* e a casca ativada com ácido apresentaram as porcentagens de remoção do fármaco descritas na Tabela

8.

Tabela 8: Ensaios de adsorção do Diclofenaco Potássico com as cascas *in natura* e ácida

Adsorvente	Granulometria (mesh)	Massa (g)	Eficiência (%)
<i>In natura</i>	10>x>20	0,2	4,7
Ácido	10>x>20	0,2	5,8

Fonte: Os autores

Conforme os resultados apresentados na Tabela 8, observa-se que tanto o material *in natura* quanto o material submetido à ativação ácida apresentaram baixa eficiência na remoção do Diclofenaco Potássico.

Devido ao baixo desempenho desses materiais, optou-se por realizar ensaios adicionais utilizando carvão ativado como adsorvente, com o objetivo de verificar se essa alternativa resultaria em uma maior eficiência de adsorção e, conseqüentemente, em uma remoção mais significativa do fármaco.

4.3.2. Carvão ativado

Foi utilizado uma proporção de 0,3 g de carvão ativado para 100 mL de solução. As porcentagens de remoção do fármaco encontram-se descritas na Tabela 9.

Tabela 9: Ensaio de adsorção do Diclofenaco Potássico com o carvão ativado

Adsorção	Granulometria (mesh)	Massa (g)	Eficiência (%)
1	10>x>20	0,3	5,1
2	65>x>80	0,3	NA
3	40>x>65	0,3	8,9

NA - não adsorveu

Fonte: Os autores

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 9, a eficiência de adsorção do Diclofenaco Potássico pelo carvão ativado variou conforme a granulometria e a proporção. O carvão com granulometria entre 65 e 40 mesh foi o que obteve a maior eficiência de adsorção, esse resultado é potencializado pelo processo de aquecimento prévio do carvão, realizado a temperaturas entre 75°C e 100°C, durante 24 horas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo a produção de um material adsorvente a partir da casca do amendoim, para o tratamento de efluentes contaminados com fármacos amplamente utilizados.

As análises realizadas demonstraram que a casca do amendoim possui potencial adsorvente quando convertida em carvão ativado. No entanto, o resíduo *in natura*, tratado com base e com ácido, apresentou eficiência nula e limitada na remoção da Dipirona Monoidratada e do Diclofenaco Potássico, respectivamente.

Por meio das análises realizadas com o carvão ativado de pH entre 6 e 7, notouse ainda uma baixa capacidade adsorvente, com eficiência inferior a 9%, em ambos os medicamentos. Em função disso, o carvão foi modificado para um pH

entre 2 e 3. Na sequência, foram conduzidos testes de adsorção da Dipirona Monoidratada com o carvão ativado em sua forma ácida, alcançando, no melhor ensaio de adsorção, uma remoção de 89,5% em 60 minutos, com 0,8 g do material sintetizado para o volume de 100 mL.

Diante desses resultados, é possível concluir que o carvão ativado produzido a partir da casca de amendoim apresenta potencial promissor, pois além de minimizar a geração de resíduos sólidos inadequadamente descartados e valorizar esse recurso, o material também demonstra eficiência no tratamento de efluentes, conseguindo contribuir para a sustentabilidade ambiental.

Portanto, para o desenvolvimento de estudos na adsorção dos fármacos, recomenda-se para futuros projetos que sejam realizados mais ensaios de adsorção variando a quantidade de material adsorvente e as concentrações das soluções dos fármacos, analisando a variação do período de adsorção em intervalos de tempo mais curtos e longos, além de utilizar pHs distintos com as cascas em suas formas *in natura*, básica, ácida e com o carvão ativado para, assim, verificar as condições ideais necessárias, a fim de otimizar a eficiência da adsorção dos medicamentos. Ademais, é necessário realizar ensaios de adsorção do Diclofenaco Potássico com o carvão ativado de pH ácido para verificar a porcentagem de eficiência da adsorção.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa. **Anuário Estatístico do Mercado Farmacêutico 2022 – Tabelas**. 2023. Ministério da Saúde. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/ptbr/centraisdeconteudo/publicacoes/medicamentos/cmed/anuario-estatistico-2022tabelas.xlsx/view>. Acesso em: 15 de jun. 2024.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa. **Farmacopeia Brasileira, 6ª Edição**. 2024. Ministério da Saúde. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/ptbr/assuntos/farmacopeia/farmacopeia-brasileira>. Acesso em: 14 de abr. 2024.
- AGUIAR, Arthur Pérez; MACHADO, Kátia Maria Gomes. **Biodegradação do Diclofenaco: uma revisão feita por biólogos**. Revista eletrônica Leopoldianum, Santo, v. 48, n. 134, p. 79-82, abr. 2022. Disponível em: <https://periodicos.unisantos.br/leopoldianum/article/view/1270/1135>. Acesso em: 14 jun. 2024.
- ALVIM, Gabriela M. **Proposição de alternativas para o tratamento do efluente real de uma indústria farmacêutica**. Belo horizonte, 2021. Disponível em: <https://sig.cefetmg.br/sigaa/verArquivo?idArquivo=3759167&key=dc2ced5081c13fdb79aa2e8bdb8d762>. Acesso em: 15 de jun. 2024.
- ANDRADE, Cristiano Alberto. **Nitratos e metais pesados no solo e em plantas de Eucalyptus grandis após aplicação de bio sólido da ETE de Barueri**. 1999. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde->

20220207195435/publico/AndradeCristianoAlberto.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024. ARANHA, Carla. **Produção de Amendoim Dispara no Brasil**. 2024. Disponível em:

<https://www.czapp.com/pt/analyst-insights/producao-de-amendoim-dispara-no-brasil/>

Acesso em: 15 de jun. 2024.

BENIGNO, Ana P.A. **Quantificação de dipirona em formulações farmacêuticas por injeção em fluxo através do aproveitamento analítico do decoloramento de solução de KMnO₄ em meio sulfúrico**. Maceió, 2011. Disponível em:

<https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/3805/1/Quantifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20dipirona%20em%20formula%C3%A7%C3%B5es%20farmac%C3%AAuticas%20por%20inje%C3%A7%C3%A3o%20em%20fluxo%20atrav%C3%A9s%20do%20aproveitamento%20anal%C3%ADtico%20do%20decoloramento%20de%20solu%C3%A7%C3%A3o%20de%20KMnO4%20em%20meio%20sulf%C3%BArico.pdf> Acesso em: 15 de jun. de 2024

BRITO, Mylena J.P *et al.* **Activated carbons preparation from yellow mombin fruit stones for lipase immobilization**. Elsevier, (2016). Disponível em

<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.10.003> Acesso em: 15 de set. de 2024 ÇELEBI, Hakan *et al.* **A beneficial bio-waste with a zero-waste approach: peanut shell**.

Turkey: Aksaray, 2022. Disponível em: <https://sciforum.net/manuscripts/13381/slides.pdf>

Acesso em: 15 de jun. 2024.

CAVALCANTE, Valmir Rocha. **Produção de carvão ativado a partir de resíduos de coco, banana e laranja**. Recife, 2015. Disponível em

http://tede2.unicap.br:8080/bitstream/tede/642/1/valmir_rocha_cavalcante.pdf Acesso

em: 15 de set. 2024.

CERON, Luciano Peske. **Artigo digital sobre contaminação de água por descarte de fármacos**.

Maio 2011. ResearchGate. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Luciano-](https://www.researchgate.net/profile/Luciano-PeskeCeron/publication/281743314)

[PeskeCeron/publication/281743314](https://www.researchgate.net/profile/Luciano-PeskeCeron/publication/281743314) [Contaminacao de agua por descarte de farmacos/links/55f6a84008aeafc8abf4f275/Contaminacao-de-agua-por-descarte-de-farmacos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luciano-PeskeCeron/publication/281743314) Acesso

em: 14 abr. 2024.

DIAS, J. M. *et al.* **Waste materials for activated carbon preparation and its use in**

aqueous phase treatment: A review. Porto: Journal of Environmental Management, 2007.

Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.07.031> Acesso em: 15 de set. 2024.

DOGAN, M.; ALKAN, M.; DEMIRBAS, Ö. **Adsorption kinetics of maxilon blue GRL onto sepiolite**. Chemical Engineering Journal, v. 124, n. 1-3, p. 89-101, jan./jul. 2006.

DUARTE-ALMEIDA, J.M *et al.* **Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema betacaroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH**. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental; Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. Disponível em

<https://www.scielo.br/j/cta/a/X3SxxkCGxfHGfj6hkJvVgM/> Acesso em: 28 de out. 2024.

DUTRA, D.K.R. **Obtenção de carvão ativado a partir do resíduo de casca do eucalipto**

branco. Lajeado: Universidade do Vale do Taquari – Univates, 2021. Disponível em

[https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/51097ddf-9044-4b68-](https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/51097ddf-9044-4b68-b82e19d050eac0b5/content)

[b82e19d050eac0b5/content](https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/51097ddf-9044-4b68-b82e19d050eac0b5/content) Acesso em: 15 de set. 2024.

FREITAS, Raissa A.D. **Adsorção dos fármacos paracetamol e propranolol utilizando casca de amendoim como adsorvente**. Recife, 2022. Disponível em

<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/47856> Acesso em: 15 de jun. 2024. GAMA,

Brígida M.V.D. **Adsorção dos íons cádmio e cobre em adsorventes preparados a partir de casca de amendoim**. Recife, 2021. Disponível em:

[https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/40918/1/TESE%20Br%C3%ADgida%20Mar](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/40918/1/TESE%20Br%C3%ADgida%20Maria%20Villar%20da%20Gama.pdf)

[ia%20Villar%20da%20Gama.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/40918/1/TESE%20Br%C3%ADgida%20Maria%20Villar%20da%20Gama.pdf) Acesso em: 15 de jun. 2024

GELLER, Mauro. *et al.* **Utilização do diclofenaco na prática clínica: revisão das evidências terapêuticas e ações farmacológicas**. Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica.

2012. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-612008>. Acesso em: 14 de jun. 2024.

GEORGIN, Jordana. **Preparação de carvão ativado a partir de casca de amendoim para uso como adsorvente na remoção de poluentes orgânicos em soluções aquosas**. Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7652/GEORGIN%2c%20JORDANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 15 de jun. 2024

GONÇALVES, Ana M. F. C. **Modelação Matemática da Farmacocinética do Diclofenac**. Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, 2018. Disponível em: https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/7329/1/PPG_29152.pdf,. Acesso em: 22 de out. 2024.

GRAU FARMACÊUTICO. **Dipirona**. Universidade Federal do Amazonas, 2023. Disponível em: <https://graufarmacaceutico.ufam.edu.br/d/84-dipirona.html>. Acesso em 15 de out. 2024

HARO, Nathalia Krummenauer. **Remoção dos fármacos Atenolol, Paracetamol e Ampicilina por adsorção em carvão ativado**. 2017. Dissertação (Doutorado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/172254/001058103.pdf?sequence=1> . Acesso em: 14 jun. 2024.

ISQUIBOLA, Guilherme; RODRIGUES, Emanuel C. **Estudo da degradação de dipirona sódica comercial por meio de luz ultravioleta e visível**. Instituto Federal de São Paulo, 2018. Disponível em: <https://ocs.ifsp.edu.br/index.php/conict/9conict/paper/viewFile/4587/1664>. Acesso em: 22 de out. 2024.

JUNIOR, Gerson R.D.S. **Avaliação do uso de cascas de amendoim na adsorção de cobre em solução aquosa**. São Paulo: Santos, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/server/api/core/bitstreams/2ce20865-e914-4341-9df0d12c5716d65e/content> Acesso em: 15 de jun. 2024.

KEIDE, Karla P.M.L. **Estudo de remoção de fármacos em solução aquosa por processos de nanofiltração e osmose inversa e degradação por processos oxidativos avançados**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://epqb.eq.ufrj.br/download/remocao-de-farmacos-emsolucao-aquosa-por-processos-de-nanofiltracao-e-osmose-inversa.pdf> Acesso em: 15 de jun. 2024.

KNAPPMANN, André Leandro; MELO, Eduardo Borges. **Qualidade de medicamentos isentos de prescrição: um estudo com marcas de dipirona comercializadas em uma drogaria de Cascavel (PR, Brasil)**. 2010. SciELO Brasil. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/HNPDvRVPgmszCpNChfK9XDR/?lang=pt#>. Acesso em: 14 de jun. 2024.

LIMA, Rosa Silva. *et al.* **Uso indiscriminado de diclofenaco de potássio pela população idosa na cidade de Anápolis, no estado de Goiás, Brasil em 2014**. Revista Colombiana de Ciências Químico-Farmacêuticas, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/80355363/Uso_indiscriminado_de_diclofenaco_de_pot%C3%A1ssio_pela_popula%C3%A7%C3%A3o_idosa_na_cidade_de_An%C3%A1polis_no_estado_de_Goi%C3%A1s_Brasil_em_2014. Acesso em: 14 de abr. 2024.

MANGUEIRA, E.S.V. **Produção de carvão ativado a partir de endocarpo de coco da baía (Cocos nucifera) aplicado ao processo de adsorção do herbicida metribuzin**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2014. Disponível em <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/5539/1/arquivototal.pdf> Acesso em: 15 de set. 2024.

PAMPLONA, Juliana H. **Avaliação dos efeitos tóxicos da dipirona sódica em peixe rhamdia quelen: estudo bioquímico, hematológico e histopatológico**. Paraná, 2009. Disponível em:

https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/22354/Dissertacao_JulianaPamp_lona.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 15 de jun. 2024.

SILVA, Nathalia R.F.D. **Produção de levoglucosana a partir de resíduo agroindustrial: casca de amendoim**. Rio de Janeiro: Campos dos Goytacazes, 2021. Disponível em:

<https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wpcontent/uploads/sites/10/2022/11/NATHALIA-RIBEIRO-LIBERADA.pdf> Acesso em:

15 de jun.

2024.

SOLDÁ, A.L *et al.* **Síntese de carvão ativado a partir de cascas de amendoim para a adsorção do corante azul de metileno**. São Paulo: ETEC Irmã Agostinha, 2022. Disponível em

<https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/16650/1/S%C3%ADntese%20de%20carv%C3%A3o%20a%20partir%20de%20cascas%20de%20amendoim%20para%20adsor%C3%A7%C3%A3o%20do%20corante.pdf> Acesso em: 15 de set. 2024.

SOUSA, M.J.B. **Aplicação de casca de amendoim ativada com NaOH como biossorbente na remoção de Bisfenol A em matriz aquática**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio

Grande do Sul, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/201379> Acesso em:

15 de jun. 2024.