



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PAULISTANA
CURSO LICENCIATURA EM QUÍMICA**

JOÃO PAULO DE SOUSA

**FIBRAS DE COCO COMO ADSORVENTE NATURAL PARA O CORANTE AZUL
DE COOMASSIE: proposta de experimentação para o ensino de Análise Instrumental I**

PAULISTANA/PI

2023

JOÃO PAULO DE SOUSA

FIBRAS DE COCO COMO ADSORVENTE NATURAL PARA O CORANTE AZUL DE
COOMASSIE: proposta de experimentação para o ensino de Análise Instrumental I

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Química
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, Campus Paulistana.

Orientador: Prof. Me. Francisco Fernando Silveira
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Karine Oliveira Moura

PAULISTANA/PI

2023

FIBRAS DE COCO COMO ADSORVENTE NATURAL PARA O CORANTE AZUL DE COOMASSIE: proposta de experimentação para o ensino de Análise Instrumental I

João Paulo de Sousa¹
Francisco Fernando Silveira²
Karine Oliveira Moura³

RESUMO

O ensino de Química em instituições deve valorizar o ensino técnico e os aspectos sociais. Assim, atividades laboratoriais são a essência para esta prática. Dentre os vários aspectos sociais, a qualidade da água e sua preservação é uma temática atual e muito importante. Nesse contexto, o método de adsorção é bastante estudado pela comunidade científica para o tratamento de águas contendo poluentes. Dessa forma, o presente trabalho analisou o potencial de fibras de coco como adsorvente natural para o processo de adsorção de soluções do corante Azul de Coomassie Brilhante, utilizando a espectrofotometria Uv-vis como método para a avaliação do processo de remoção. Também foi objetivo deste estudo a análise do potencial educacional do processo de adsorção citado, para a disciplina Análise Instrumental I, do Curso de Licenciatura em Química. Foi observado que a fibra de coco é um material de fácil utilização como adsorvente, apresentando como quantidade máxima adsorvida o valor de $3,04 \text{ mg g}^{-1}$, tendo 83,5% como maior porcentagem de remoção. A adsorção atingiu o equilíbrio no tempo de 24 horas e o modelo de Pseudo-segunda ordem se ajustou melhor ao processo, indicando adsorção química. Os materiais utilizados neste estudo são de fácil acesso em laboratórios e o espectrofotômetro Uv-vis é um equipamento prático e rápido. O experimento realizado pode ser utilizado na disciplina, uma vez que é compatível com a ementa. Assim, para possíveis pesquisas futuras, fica sugerido a aplicação dessa prática e o desenvolvimento de metodologias para derivados em turmas de Análise Instrumental I.

Palavras-chave: Adsorção; Adsorvente natural; Espectrofotometria Uv-vis; Análise Instrumental I.

ABSTRACT

The teaching of Chemistry in institutions must value technical teaching and social aspects. Thus, laboratory activities are the essence for this practice. Among the various social issues' aspects, water quality and its preservation are a current and very important theme. In this context the adsorption method is widely studied by the scientific community for the treatment of water containing pollutants. Thus, the present work analyzed the potential of coconut fibers as a natural adsorbent for the adsorption process of Coomassie Brilliant Blue dye solutions using Uv-vis spectrophotometry as a method for the evaluation of the removal process. It was also the objective of this study to analyze the educational potential of this adsorption process for the subject Instrumental Analysis I in Chemistry. It was observed that coconut fiber is a material that is easy to use as an adsorbent with a maximum adsorbed amount of 3.04 mg g^{-1} and 83.5% as the highest percentage of removal. The adsorption reached equilibrium within 24 hours and the pseudo-second order model fitted better to the process indicating chemical

¹ Licenciando em Química. Instituto Federal do Piauí – Campus Paulistana. E-mail capau.20181quimi0011@aluno.ifpi.edu.br.

² Docente do IFPI Campus Paulistana. E-mail fernando.silveira@ifpi.edu.br.

³ Docente do IFS Campus Glória. E-mail karine.moura@ifs.edu.br.

adsorption. The materials used are easily accessible in laboratories and the UV-vis spectrophotometer is a practical and fast equipment. The experiment carried out can be used in the discipline since it is compatible with the curriculum. Thus, for possible future research, it is suggested the application of this practice and the development of methodologies for derivatives in Instrumental Analysis I classes.

Keywords: Adsorption; Natural adsorbent; Uv-vis spectrophotometry; Instrumental Analysis I.

Data de aprovação: 13/01/2023

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Química nas universidades e instituições de ensino valoriza o ensino técnico dos conteúdos e a teoria por trás dos mesmos. Dessa forma, as instituições superiores de ensino objetivam tanto o ensino técnico como os aspectos da vida cotidiana dos indivíduos, da mesma forma que autores, como Ferreira, Imasato e Queiroz (2012), que relatam sobre a importância do papel social no ensino de química. Ainda, trabalhos como o de Kolil, Muthupalani e Achuthan (2020), ressaltam sobre a importância da experimentação laboratorial para o ensino de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática. Nesse contexto, a experimentação em laboratórios é uma parte essencial para o ensino de Química.

Em relação ao papel social, alguns autores relacionam temas importantes e atuais da humanidade com o ensino de Química. Aubrecht (2018), em seu trabalho descreve sobre a importância da conexão entre conceitos de química e a problemática do Aquecimento Global. O trabalho de Zowada, Gulacar e Eilks (2018) relata sobre a integração do tema sustentabilidade e questões sócio-científicas em cursos de Química. Rana, Jillani e Alhooshani (2021) e Dalessio, Rushing e Gray (2021) utilizam a qualidade da água como temática para o ensino de Química, um tópico bem estudado em atividades acadêmicas de Química no ensino Superior (LANIGAN; ROBERTS-KIRCHHOFF, 2015).

A água é um recurso natural indispensável para os seres vivos. No entanto, 97,5% da água encontrada no planeta é salgada e, sem um devido tratamento, não pode ser usada para o consumo humano. Os 2,5% restantes representam a quantidade de água doce, onde uma grande parte desse montante é encontrada em geleiras e calotas polares, o que inviabiliza o seu uso. A parte acessível está disponível em aquíferos subterrâneos ou na umidade dos solos e chega a menos de 1% (GUPTA *et al.*, 2009). Seja distribuída por sistemas urbanos ou obtida por moradores de áreas que apresentam fontes para uso doméstico, a água é importante para o consumo, limpeza e cozimento de alimentos (DERISIO, 2012).

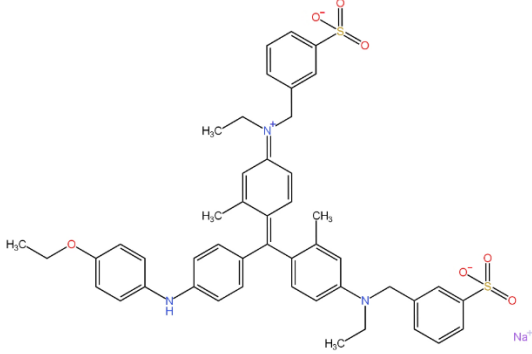
A poluição das águas geralmente é caracterizada pelo despejo de rejeitos industriais, esgotos de cidades e defensivos agrícolas usados por produtores rurais (DERISIO, 2012). É possível notar que a qualidade da água usada para o consumo humano vem deteriorando com o passar dos anos. Esse fenômeno é devido à diversos fatores, como atividades antropogênicas, crescimento da população, urbanização não planejada, rápida industrialização, produção de água residual doméstica e rápida mudança geológica, ambiental e global (SULYMAN *et al.*, 2021; GISI *et al.*, 2016).

O crescimento populacional e da industrialização são os principais responsáveis pelo aumento de poluentes, tais como metais pesados, farmacêuticos, pesticidas, dentre outros, no meio ambiente (PICCIRILLO *et al.*, 2017; RANI; SHANKER, 2018). Além destes, existem diversos corantes usados em atividades industriais que, ao serem liberados no ambiente,

provocam um aumento na poluição e um risco para a saúde humana. Dentre esses corantes, o Azul de Coomassie Brilhante merece destaque (SEERANGARAJ *et al.*, 2021).

Segundo Abdel-Ghani (2019), o corante Azul de Coomassie Brilhante é comumente utilizado nas indústrias têxteis, onde a sua imensa aplicação é ligada à sua coloração e a facilidade de uso. Sua intensa coloração pode estar relacionada a sua estrutura molecular, que apresenta dois grupos sulfônicos e três centros de nitrogênio (SALEM *et al.*, 2022). Embora seja um material muito útil para o setor industrial, é também um poluente orgânico. A Tabela 1 apresenta sua estrutura molecular e outras características do corante:

Tabela 1 - Outras Características do Corante Azul de Coomassie Brilhante.

Azul de Coomassie Brilhante	
Massa Molar (g/mol)	854,04
λ_{max} (nm)	577–584
Fórmula Molecular	C ₄₇ H ₄₈ N ₃ NaO ₇ S ₂
Estrutura Molecular	

Fonte: Wang e Sharma *et al.* (2022).

Poluentes podem prejudicar o ecossistema aquático, uma vez que a água contaminada por compostos químicos pode percorrer longas distâncias, causando riscos à saúde, ao solo e a plantas aquáticas (AL-TOHAMY *et al.*, 2022). A água que contém um corante como o Azul de Coomassie, pode causar prejuízos para esse ecossistema (WANG *et al.*, 2022). Sua presença pode causar irritação na pele e nos olhos, prejudicar a fotossíntese no ambiente aquático ao reduzir a penetração da luz solar, além de deixar uma aparência desagradável no meio (SHARMA *et al.*, 2022; SALES *et al.*, 2013). Por conta da poluição das águas, alguns métodos de remoção de impurezas são necessários para minimizar a contaminação desses locais. Nessa linha de raciocínio, deve-se considerar que o método de adsorção é muito utilizado para a remoção de corantes (WANG *et al.*, 2022).

Segundo Abegunde (2020), a adsorção é caracterizada como uma transferência de massa, em que uma determinada substância se concentra na superfície de um sólido presente em um fluido líquido ou gasoso. Neste processo, é chamado de adsorbato a espécie que se concentra na superfície do sólido que, por sua vez, é denominado adsorvente. Existem diversos adsorventes comerciais com alta eficiência, tais como carvão ativado, nanotubos de carbono e zeólitas. Porém, esses materiais apresentam um alto custo, fazendo com que a busca por adsorventes de baixo custo e biodegradáveis seja necessária (SILVA *et al.*, 2020). Nesse contexto, a utilização de resíduos agrícolas como adsorventes tem chamado a atenção da comunidade científica devido a sua abundância, princípios de economia e reutilização (SILVA *et al.*, 2020; ZHANG *et al.*, 2020).

Atualmente, o método de adsorção é comumente utilizado no tratamento de água devido a sua eficiência, baixo custo e, também, pelo fato de não deixar resíduos provenientes desse

processo na água. Esse método também é muito utilizado para a remoção de poluentes em baixas concentrações, com um baixo consumo de energia (RUDI *et al.*, 2020). Alguns dos motivos que tornaram a adsorção tão popular são a sua flexibilidade, seu baixo custo, grande desempenho quando utilizado, regeneração eficiente e o seu sistema operacional ser ecologicamente correto (AHMED *et al.*, 2020).

Dependendo das características do processo utilizado, a adsorção pode ser dividida em adsorção física ou química. Na adsorção química as moléculas do adsorbato e adsorvente apresentam uma interação mais forte, porque nesse processo de adsorção as moléculas formam ligações químicas entre si a partir do compartilhamento ou troca dos seus elétrons. Por outro lado, na adsorção física as moléculas do adsorbato e adsorvente apresentam uma interação mais fraca, uma vez que não é formada nenhuma ligação; existe apenas a interação física entre as moléculas (SHAFIQ *et al.*, 2018).

Vários métodos podem ser utilizados para avaliar um processo de adsorção, tais como espectrometria de massa, espectroscopia FTIR e Uv-vis (LI *et al.*, 2018). Dentre eles, o uso do espectrofotômetro Uv-vis pode ser considerado uma alternativa interessante, uma vez que se trata de uma técnica analítica muito comum, com funções como determinar a concentração de uma amostra em solução. A espectrofotometria no Uv-vis é uma técnica muito utilizada devido ao seu baixo custo, facilidade de operação do aparelho e sua determinação rápida (ALTUNAY, 2018). Um aparelho espectrofotômetro apresenta partes importantes para o seu funcionamento, como a fonte da radiação, um monocromador, cubeta (recipiente onde fica a amostra), detector de radiação e a unidade de processamento (SKOOG *et al.*, 2006). É baseada na interação da luz com a matéria, com uma faixa do Uv-vis no espectro eletromagnético de comprimento de onda entre 160 nm e 780 nm (CANASSA, 2018).

Nesse contexto, o presente trabalho pretende analisar o potencial de fibras de coco como adsorvente natural para o processo de adsorção do corante Azul de Coomassie Brilhante, além de avaliar o potencial educacional do processo de adsorção citado, para a disciplina Análise Instrumental I, do Curso de Licenciatura em Química.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais

2.1.1 Adsorvente

Para este trabalho, fibras de coco (*Cocos nucifera*), coletadas na região rural da cidade de Acauã – PI, foram utilizadas como material adsorvente. As fibras foram separadas manualmente, lavadas com água de torneira, secas naturalmente e armazenadas em ambiente seco para posterior uso.

2.1.2 Adsorbato

O adsorbato utilizado para este trabalho foi o corante Azul de Coomassie Brilhante ($C_{47}H_{48}N_3NaO_7S_2$) da marca Dinâmica Química LTDA, presente no laboratório de química do IFPI – Campus Paulistana.

2.2 Experimental

2.2.1 Efeito da dosagem do adsorvente

Para avaliar a influência da massa do adsorvente no processo de adsorção do corante, foi preparada uma solução de 15 mg L⁻¹. Em seguida, foi adicionado 20 mL dessa solução em Erlenmeyers para realização do experimento, em triplicata. As massas do adsorvente utilizadas nos testes foram de 0,05, 0,15 e 0,2 g. Para garantir o equilíbrio do sistema, após 24 h foram

coletadas alíquotas de cada uma das soluções para análise no UV/VIS ESPEC-UV-5100, da marca Tecnal. O comprimento de onda utilizado para as análises foi de 584 nm (SHARMA *et al.* 2022).

Após esse processo, foram utilizadas as equações 1 e 2 para determinar a quantidade adsorvida do corante no equilíbrio (q_e) e seu percentual de remoção (%), respectivamente.

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{w} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\% = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde q_e é a quantidade adsorvida no equilíbrio (mg g^{-1}), C_o e C_e são as concentrações inicial e de equilíbrio da solução do corante Coomassie (mg L^{-1}), V representa o volume da solução (L) e w a massa do adsorvente (g) (ÜNER, 2019).

2.2.2 Efeito da concentração

Para a análise do efeito da concentração, foram preparadas soluções do corante com as concentrações de 2, 5, 10 e 15 mg L^{-1} . Em seguida, foi adicionado 20 mL de cada solução em Erlenmeyers para realização do experimento, em triplicata. Em cada Erlenmeyer, foram adicionados 0,15 g do adsorvente. Após 24 h foram analisadas alíquotas das soluções, utilizando um espectrofotômetro. Os dados encontrados foram aplicados nas equações 1 e 2 para determinar a quantidade adsorvida no equilíbrio e a remoção percentual de cada solução, conforme o item 2.2.1.

2.2.3 Estudo do tempo de contato

Para o estudo do tempo de contato foi preparada uma solução do corante de 15 mg L^{-1} . Em seguida, foi adicionado 20 mL dessa solução em Erlenmeyers para realização do experimento em triplicata. Em cada Erlenmeyer, foram adicionados 0,15 g do adsorvente. Após tempos pré-determinados, alíquotas das soluções foram retiradas e analisadas utilizando um espectrofotômetro, de acordo com o item 2.2.1. Por fim, os dados foram analisados utilizando a Equação 3.

$$q_t = \frac{(C_o - C_t)V}{w} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde C_o e C_t são as concentrações inicial e no tempo t (mg L^{-1}), V o volume da solução (L), e w é a massa do adsorvente (g) (PARGOLETTI *et al.*, 2019).

2.2.4 Estudo Cinético

O estudo cinético foi realizado com os dados obtidos a partir do estudo do tempo de contato, citado no tópico 2.2.3, com a aplicação dos modelos teóricos de Pseudo-primeira ordem (equação 4) e Pseudo-segunda ordem (Equação 5).

$$q_t = q_e (1 - \exp^{-k_1 t}) \quad (\text{Equação 4})$$

$$q_t = \frac{q_e^2 k_2 t}{1 + q_e k_2 t} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde q_e e q_t representam as quantidades adsorvidas no equilíbrio e no tempo t (mg g^{-1}), k_1 e k_2 são as constantes de velocidade de primeira e segunda ordem (g mg h^{-1}),

respectivamente, e t representa o tempo (h) (NASCIMENTO *et al.*, 2014; ALFREDO *et al.*, 2015).

O modelo de Pseudo-primeira ordem considera que o processo é completamente de fisissorção. Assim, esse modelo assume que a quantidade de adsorbato removido é proporcional à concentração inicial do adsorbato e a dosagem do adsorvente. Já no modelo de Pseudo-segunda ordem, a quimissorção é a etapa limitante da taxa do modelo. Assim, o processo envolve troca de elétrons (MARRAKCHI *et al.*, 2017).

2.3 Análise do potencial educacional do experimento

Nessa parte do trabalho foram analisadas algumas variáveis, como a praticidade e compatibilidade do uso do UV-VIS para a disciplina Análise Instrumental 1, a adequação à ementa da disciplina, o custo do experimento e o tempo necessário para aplicação do experimento durante as aulas.

2.3.1 Praticidade do uso do espectrofotômetro UV-VIS

Foi analisada a facilidade de manuseio do equipamento para as análises feitas nessa experimentação.

2.3.2 Adequação a ementa

Foi analisado se os processos utilizados neste trabalho são compatíveis com os conteúdos e objetivos apresentados na disciplina Análise Instrumental I, para determinar se o experimento realizado é uma boa alternativa de prática para a disciplina.

2.3.3 Custo e tempo necessário para realização da prática

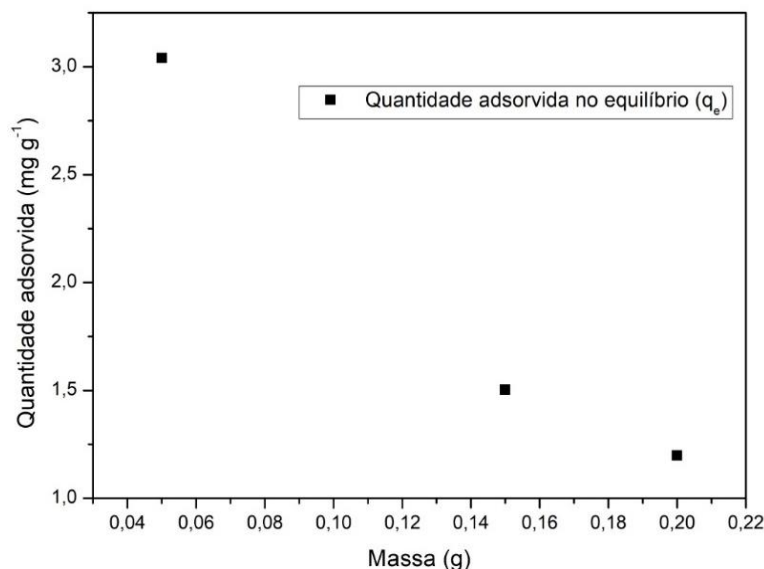
Foi analisado se os materiais necessários para realização do experimento são acessíveis e de fácil aquisição para realização da prática na disciplina. Assim como foi contabilizado o tempo utilizado durante a realização do experimento para constatar se a prática pode ser realizada sem interferir no andamento da disciplina.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito da dosagem do adsorvente

Os resultados obtidos referentes à dosagem do adsorvente podem ser observados na Figura 1. Esta mostra a relação entre a quantidade adsorvida do corante, quando a massa do adsorvente é modificada, e a concentração da solução é mantida constante. Foi possível observar que ao aumentar a massa do adsorvente, o valor da quantidade adsorvida (q_e) diminuiu. Esse fenômeno sugere que, uma vez que ao aumentar a massa do adsorvente, o número de sítios ativos de adsorção também aumenta, provocando, assim, uma disputa entre os sítios ativos para remover o corante, o que resulta em uma diminuição da quantidade adsorvida (q_e) (TAHIR; BHATTI; IQBAL, 2016; BENHALIMA; FERFERA-HARRAR, 2019). A Tabela 2 mostra ainda a porcentagem de remoção, demonstrando que a mesma aumentou com o aumento da massa, o que pode ser explicado devido ao aumento da superfície do adsorvente e a maior acessibilidade de locais ativos de adsorção (MOHEBALI; BASTANI; SHAYESTEH, 2018).

Figura 1 – Influência da variação da massa do adsorvente para o processo de adsorção do corante Azul de Coomassie Brilhante.



Fonte: Autor (2023).

Tabela 2 – Quantidade adsorvida e porcentagem de remoção do corante Azul de Coomassie Brilhante em relação a massa do adsorvente utilizada.

Massa do adsorvente (g)	Quantidade Adsorvida (mg g ⁻¹)	Porcentagem de remoção %
0,05	3,040348	52,94
0,15	1,50311	78,52
0,2	1,198922	83,50

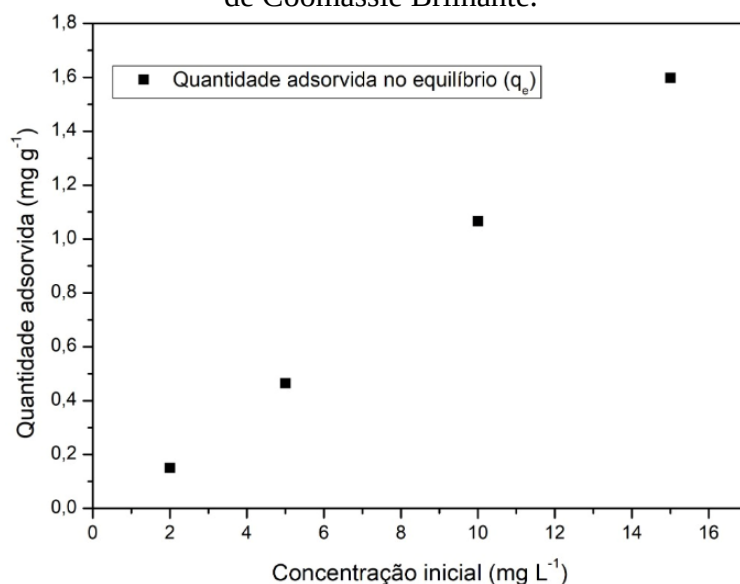
Fonte: Autor (2023).

3.2 Efeito da concentração inicial

Os resultados em relação a variação da concentração inicial da solução estão representados na Figura 2. É possível observar um aumento da quantidade adsorvida do corante com o aumento da concentração da solução. Isso acontece devido ao fato de que, quanto maior for a concentração da solução, maior será a quantidade de adsorbato no meio que será adsorvida eventualmente (SOMSESTA; SRICHAROENCHAikul; AHT-ONG, 2020).

É possível notar que a porcentagem de remoção, Tabela 3, aumenta com o aumento da concentração do corante, exceto quando a concentração passa de 10 para a 15 (mg L⁻¹), atingindo como porcentagens de remoção 82,81 para 81,50%, respectivamente, sugerindo estabilidade. Isso pode ter ocorrido porque ao aumentar a quantidade de adsorbato na solução, os sítios ativos da superfície do adsorvente irão saturar (PENHA; MOURA; PAZ, 2021). Porém, como não foram realizados outros testes com concentrações maiores, essa diferença de porcentagem de remoção pode ter ocorrido por outros motivos, como a natureza do adsorvente, uma vez que o mesmo é natural (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Figura 2 – Influência da concentração inicial do corante para o processo de adsorção do Azul de Coomassie Brilhante.



Fonte: Autor (2023).

Tabela 3 – Quantidade adsorvida e porcentagem de remoção do corante Azul de Coomassie Brilhante em relação concentração inicial do corante.

Concentração inicial (mg L ⁻¹)	Quantidade Adsorvida (mg g ⁻¹)	Porcentagem de remoção %
2	0,150397	67,65
5	0,464208	76,43
10	1,0658	82,81
15	1,597976	81,50

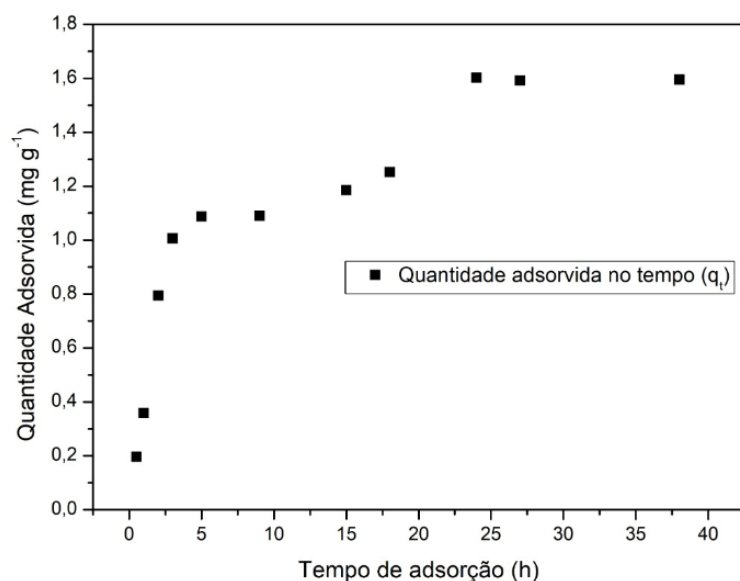
Fonte: Autor (2023).

3.3 Efeito do tempo de contato

Os resultados apresentados na Figura 3 correspondem ao estudo da adsorção do corante em um intervalo de tempo determinado. O estudo foi realizado com soluções em concentrações constantes e massas do adsorvente de 0,15 g. A Tabela 4 apresenta a capacidade de adsorção e a relação entre a porcentagem de remoção e o tempo utilizado.

Foi possível observar que a quantidade adsorvida foi aumentando rapidamente nos tempos iniciais, até que o processo começou a ficar mais lento, o que pode ser explicado pela ocupação dos sítios do adsorvente com o passar do tempo (MOHEBALI; BASTANI; SHAYESTEH, 2018). Além disso, os dados demonstram que a adsorção entrou em equilíbrio aproximadamente no tempo de 24 horas, apresentando como quantidade adsorvida o valor de 1,60231 mg g⁻¹.

Figura 3 - Variação do tempo de contato para o processo de adsorção do corante Azul de Coomassie Brilhante utilizando fibras de coco como material adsorvente.



Fonte: Autor (2023).

Tabela 4 - Quantidade adsorvida e porcentagem de remoção do corante Azul de Coomassie Brilhante em relação ao tempo de contato.

Tempo (h)	Quantidade Adsorvida (mg g ⁻¹)	Porcentagem de remoção %
0,5	0,196673	10,09
1	0,35864	18,40
2	0,793927	40,73
3	1,006508	51,64
5	1,08749	55,79
9	1,09038	49,48
15	1,185828	56,02
18	1,25235	59,16
24	1,60231	71,40
27	1,59219	79,33
38	1,59508	72

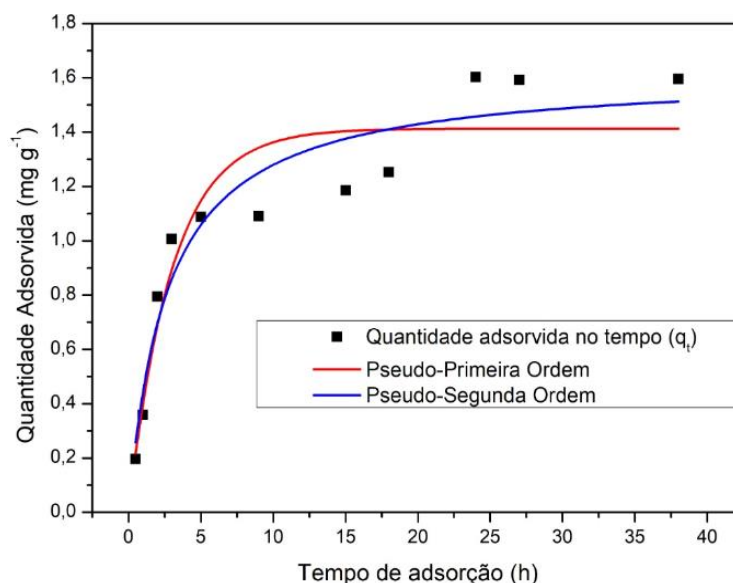
Fonte: Autor (2023).

3.4 Estudo cinético

A partir da aplicação das equações de Pseudo-primeira ordem e Pseudo-segunda ordem nos dados de tempo de contato (item 3.3), obteve-se os resultados da Figura 4 e Tabela 5. Com a aplicação desses modelos, é possível analisar os mecanismos da adsorção (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Analizando a Tabela 5, percebe-se que o R^2 do modelo de Pseudo-segunda ordem apresenta um valor maior que o de Pseudo-primeira ordem, o que leva a constatação de que aquele é o mais adequado para descrever esse processo de adsorção. Esse resultado é similar com alguns dados de artigos da literatura, que indicam que a adsorção do corante Azul de Coomassie Brilhante é bem ajustada com o modelo de Pseudo-segunda ordem (EZZAT *et al.*, 2022; THAMER *et al.*, 2019). Uma vez que este modelo é o mais adequado, o processo é caracterizado pela adsorção química e envolve, então, reações químicas (EZZAT *et al.*, 2022).

Figura 4 - Estudo cinético do processo de adsorção do corante Azul de Coomassie Brilhante utilizando fibras de coco como material adsorvente.



Fonte: Autor (2023).

Tabela 5 – Resultado da aplicação dos modelos de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordem para o processo de adsorção do corante Azul de Coomassie Brillhante.

	R^2	k	q_e
Pseudo-Primeira Ordem	0,86695	0,33361	1,41276
Pseudo-Segunda Ordem	0,91459	0,23349	1,61795

Fonte: Autor (2023).

3.5 Análise do potencial educacional do experimento

3.5.1 Praticidade do uso do espectrofotômetro UV-VIS

O Espectrofotômetro Digital Uv-vis é um aparelho simples, utilizado para realizar análises rápidas e pontuais de amostras inseridas no mesmo. Tal informação é muito positiva, uma vez que experimentos a serem realizados durante as aulas devem ser rápidos devido ao tempo de aula, que geralmente é limitado. Além disso, a prática citada nesse trabalho requer várias análises de alíquotas, necessitando mais uma vez de processos rápidos.

3.5.2 Adequação a ementa

Foi determinado compatibilidade entre o processo e o método de análise utilizados nos experimentos aplicados, com a ementa da disciplina Análise Instrumental I. O método de análise utilizado pode ser implementado para aulas que envolvem espectrofotometria no Uv-vis. Dessa maneira, tópicos como o funcionamento de espectrofotômetros, comprimento de onda e a relação entre concentração e absorvância podem ser apresentados durante uma aula de laboratório.

3.5.3 Custo e tempo necessário para realização da prática

A espectrofotometria no Uv-vis é uma técnica que demanda baixo custo para ser utilizada em laboratórios, uma vez que o equipamento espectrofotômetro, a vidraria necessária e os adsorbatos que podem ser utilizados, são geralmente encontrados em laboratórios de Química. Além disso, o material utilizado como adsorvente pode ser de baixo-custo e de fácil manuseio.

A prática descrita nesse trabalho demanda uma certa quantidade de tempo, uma vez que os testes de efeito da dosagem do adsorvente, concentração e tempo de contato precisam do tempo mínimo de 24 horas para as análises. Porém, o docente pode adequar esse tempo de acordo com a sua disponibilidade de horários, por exemplo, realizando o experimento em um dia e fazendo a análise no outro ou selecionando adsorventes e adsorbatos que demandam tempos menores de prática.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, o processo de adsorção do corante Azul de Coomassie Brilhante, utilizando fibras de coco como material adsorvente e a espectrofotometria de Uv-Vis como técnica para análise de dados, foram estudadas como composição de uma possível metodologia de ensino para a disciplina Análise Instrumental I, do curso de Licenciatura em Química. A fibra de coco (*Cocos nucifera*) é um adsorvente de fácil manuseio e aplicação, fornecendo bons resultados para o processo de adsorção. O teste da dosagem do adsorvente demonstrou que uma maior porcentagem de remoção do corante (83,5%) foi observada quando a massa de 0,2 g foi utilizada, enquanto a massa de 0,05 g apresentou um maior valor de quantidade adsorvida, 3,04 mg g⁻¹. O teste da concentração do adsorbato demonstrou que, ao aumentar a concentração do corante de 2 para 15 mg L⁻¹, a quantidade adsorvida também aumentou de 0,15 para 1,59 mg g⁻¹, enquanto as porcentagens de remoção 82,81 e 81,50% obtidas para as concentrações 10 e 15 mg L⁻¹, sugerem estabilidade. A adsorção do corante atingiu o equilíbrio em aproximadamente 24 horas e o modelo de Pseudo-segunda ordem se ajustou melhor a esse processo, caracterizando o processo de remoção do corante Azul de Coomassie Brilhante como adsorção química.

Em relação a análise do potencial educacional do processo de adsorção do corante Azul de Coomassie Brilhante, utilizando fibras de coco como material adsorvente e a espectrofotometria de Uv-Vis como técnica para análise de dados, para o uso na disciplina Análise Instrumental I, foi constatado que o experimento pode ser utilizado no andamento dessa disciplina, uma vez que o mesmo é compatível com a sua ementa. Ainda, o Espectrofotômetro Digital Uv-vis é um aparelho prático utilizado para análises rápidas, o que é adequado para o tempo de aulas, os materiais necessários para essa experimentação, vidrarias e corante, são de fácil acesso em laboratórios de Química e o material adsorvente é facilmente encontrado e não tem qualquer custo. Assim, para possíveis pesquisas futuras fica sugerido a aplicação dessa prática em sala de aula e o desenvolvimento e aplicação de derivados em turmas de Análise Instrumental I.

REFERÊNCIAS

ABDEL-GHANI, Nour T. *et al.* Magnetic activated carbon nanocomposite from *Nigella sativa* L. waste (MNSA) for the removal of Coomassie brilliant blue dye from aqueous solution: statistical design of experiments for optimization of the adsorption conditions. **Journal Of Advanced Research**, [S.L.], v. 17, p. 55-63, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jare.2018.12.004>.

ABEGUNDE, Segun Michael *et al.* A review on the influence of chemical modification on the performance of adsorbents. **Resources, Environment And Sustainability**, [S.L.], v. 1, p. 100001, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resenv.2020.100001>.

ALFREDO, Ana Priscila C. *et al.* Adsorption of Methylene Blue in Potato Peel Using Batch and Fixed-bed Column Systems. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v. 7, n. 6, p. 1909-1920, 2015. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150112>.

AHMED, M.J.; HAMEED, B.H.; HUMMADI, E.H.. Review on recent progress in chitosan/chitin-carbonaceous material composites for the adsorption of water pollutants. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 247, p. 116690, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116690>.

AL-TOHAMY, Rania *et al.* A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [S.L.], v. 231, p. 113160, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>.

ALTUNAY, Nail. Development of vortex-assisted ionic liquid-dispersive microextraction methodology for vanillin monitoring in food products using ultraviolet-visible spectrophotometry. **Lwt**, [S.L.], v. 93, p. 9-15, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.021>.

AUBRECHT, Katherine B.. Teaching relevant climate change topics in undergraduate chemistry courses: motivations, student misconceptions, and resources. **Current Opinion In Green And Sustainable Chemistry**, [S.L.], v. 13, p. 44-49, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.03.008>.

BENHALIMA, Tayeb; FERFERA-HARRAR, Hafida. Eco-friendly porous carboxymethyl cellulose/dextran sulfate composite beads as reusable and efficient adsorbents of cationic dye methylene blue. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 132, p. 126-141, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.164>.

CANASSA, Thalita'. Utilização da lei de Lambert-Beer para determinação da concentração de soluções. **Journal Of Experimental Techniques And Instrumentation**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 23-30, 6 jul. 2018. Journal of Experimental Techniques and Instrumentation. <http://dx.doi.org/10.30609/jeti.2018-2.5930>.

D'ALESSIO, Matteo; RUSHING, Grace; GRAY, Tiffany L.. Monitoring water quality through citizen science while teaching STEM undergraduate courses during a global pandemic. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 779, p. 146547, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146547>.

DERISIO, Jose Carlos. **Introdução Ao Controle De Poluição Ambiental**. 4. ed. rev. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 224 p. ISBN 9788579750465.

EZZAT, Abdelrahman O. *et al.* Modification of magnetite nanoparticles surface with multifunctional ionic liquids for coomassie brilliant blue R-250 dye removal from aqueous solutions. **Journal Of Molecular Liquids**, [S.L.], v. 358, p. 119195, jul. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molliq.2022.119195>.

FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; IMASATO, Hidetake; QUEIROZ, Salete Linhares. Textos de divulgação científica no ensino superior de química: aplicação em uma disciplina de Química Estrutural. **Educ. quím**, Cidade do México, v. 23, n. 1, p. 49-54, 2012. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2012000100009&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 20 dez. 2022.

GISI, Sabino de *et al.* Characteristics and adsorption capacities of low-cost sorbents for wastewater treatment: a review. **Sustainable Materials And Technologies**, [S.L.], v. 9, p. 10-40, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.susmat.2016.06.002>.

GUPTA, V. K. *et al.* Low-Cost Adsorbents: growing approach to wastewater treatment.:a review. **Critical Reviews In Environmental Science And Technology**, [S.L.], v. 39, n. 10, p. 783-842, 9 out. 2009. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10643380801977610>.

KOLIL, Vysakh Kani; MUTHUPALANI, Sharanya; ACHUTHAN, Krishnashree. Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. **International Journal Of Educational Technology In Higher Education**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 2-22, 9 jul. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s41239-020-00204-3>.

LANIGAN, Katherine C.; ROBERTS-KIRCHHOFF, Elizabeth S.. Investigating Drinking Water Quality: theme-based activities for a range of instructional levels. **Acs Symposium Series**, [S.L.], p. 51-67, jan. 2015. American Chemical Society. <http://dx.doi.org/10.1021/bk-2015-1214.ch004>.

LI, Zhanyi *et al.* Kinetics and thermodynamics of NPX adsorption by γ -FeOOH in aqueous media. **Arabian Journal Of Chemistry**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 910-917, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2018.02.005>.

MARRAKCHI, F. *et al.* High-surface-area and nitrogen-rich mesoporous carbon material from fishery waste for effective adsorption of methylene blue. **Powder Technology**, [S.L.], v. 321, p. 428-434, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2017.08.023>.

MOHEBALI, Sanaz; BASTANI, Dariush; SHAYESTEH, Hadi. Methylene blue removal using modified celery (*Apium graveolens*) as a low-cost biosorbent in batch mode: kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies. **Journal Of Molecular Structure**, [S.L.], v. 1173, p. 541-551, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.07.016>.

M., Shafiq; A.A., Alazba; M.T., Amin. Removal of Heavy Metals from Wastewater using Date Palm as a Biosorbent: a comparative review. **Sains Malaysiana**, [S.L.], v. 47, n. 1, p. 35-49, 31 jan. 2018. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM Press). <http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2018-4701-05>.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do *et al.* **Adsorção**: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza: UFC, 2014. 258 p.

PARGOLETTI, Eleonora *et al.* A detailed investigation of MnO₂ nanorods to be grown onto activated carbon. High efficiency towards aqueous methyl orange adsorption/degradation. **Applied Surface Science**, [S.L.], v. 472, p. 118-126, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.03.170>.

PENHA, Ana Vitória Sousa; MOURA, Karine Oliveira; PAZ, Gizeuda de Lavor da. Contaminated Water Treatment: a review on adsorption of amido black 10b dye. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 581-592, 2021. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20210010>.

PICCIRILLO, C. *et al.* Biphasic apatite-carbon materials derived from pyrolysed fish bones for effective adsorption of persistent pollutants and heavy metals. **Journal Of Environmental Chemical Engineering**, [S.L.], v. 5, n. 5, p. 4884-4894, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2017.09.010>.

RANA, Azeem; JILLANI, Shehzada Muhammad Sajid; ALHOOSHANI, Khalid. Water Quality Characterization Using ASTM Methods in an Undergraduate Advanced Instrumental Analysis Laboratory Course. **Journal Of Chemical Education**, [S.L.], v. 98, n. 9, p. 2919-2926, 11 ago. 2021. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01097>.

RANI, Manviri; SHANKER, Uma. Effective adsorption and enhanced degradation of various pesticides from aqueous solution by Prussian blue nanorods. **Journal Of Environmental Chemical Engineering**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 1512-1521, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2018.01.060>.

RUDI, Nurul Nadia *et al.* Evolution of adsorption process for manganese removal in water via agricultural waste adsorbents. **Heliyon**, [S.L.], v. 6, n. 9, p. 2-13, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05049>.

SALEM, Marwa S. *et al.* Integration of biocompatible Coomassie Brilliant Blue dye on silicon in organic/Inorganic heterojunction for photodetection applications. **Journal Of Physics And Chemistry Of Solids**, [S.L.], v. 169, p. 110890, out. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpcs.2022.110890>.

SALES, Priscila F. de *et al.* Optimization by Response Surface Methodology of the adsorption of Coomassie Blue dye on natural and acid-treated clays. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 130, p. 417-428, nov. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.067>.

SEERANGARAJ, Vasantharaj *et al.* Cytotoxic effects of silver nanoparticles on *Ruellia tuberosa*: photocatalytic degradation properties against crystal violet and coomassie brilliant blue. **Journal Of Environmental Chemical Engineering**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 105088, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2021.105088>.

SHARMA, Amit Kumar *et al.* Environmentally benign approach for the efficient sequestration of methylene blue and coomassie brilliant blue using graphene oxide emended gelatin/ κ -carrageenan hydrogels. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 219, p. 353-365, out. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.216>.

SILVA, Bruna *et al.* Waste-based biosorbents as cost-effective alternatives to commercial adsorbents for the retention of fluoxetine from water. **Separation And Purification Technology**, [S.L.], v. 235, p. 116139, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116139>.

SKOOG, D. A. WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de química analítica**. 8ª ed. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

SOMSESTA, Noppon; SRICHAROENCHAUKUL, Viboon; AHT-ONG, Duangdao. Adsorption removal of methylene blue onto activated carbon/cellulose biocomposite films: equilibrium and kinetic studies. **Materials Chemistry And Physics**, [S.L.], v. 240, p. 122221, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122221>.

SULYMAN, Mohamed *et al.* Development, characterization and evaluation of composite adsorbent for the adsorption of crystal violet from aqueous solution: isotherm, kinetics, and thermodynamic studies. **Arabian Journal Of Chemistry**, [S.L.], v. 14, n. 5, p. 103115, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103115>.

TAHIR, M. Asif; BHATTI, Haq Nawaz; IQBAL, Munawar. Solar Red and Brittle Blue direct dyes adsorption onto Eucalyptus angophoroides bark: equilibrium, kinetics and thermodynamic studies. **Journal Of Environmental Chemical Engineering**, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 2431-2439, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2016.04.020>.

THAMER, Badr M. *et al.* Effective adsorption of Coomassie brilliant blue dye using poly(phenylene diamine)grafted electrospun carbon nanofibers as a novel adsorbent. **Materials Chemistry And Physics**, [S.L.], v. 234, p. 133-145, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.05.087>.

ÜNER, Osman. Hydrogen storage capacity and methylene blue adsorption performance of activated carbon produced from Arundo donax. **Materials Chemistry And Physics**, [S.L.], v. 237, p. 121858, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.121858>.

WANG, Hongbo *et al.* Oyster shell derived hydroxyapatite microspheres as an effective adsorbent for remediation of Coomassie brilliant blue. **Advanced Powder Technology**, [S.L.], v. 33, n. 2, p. 103425, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.appt.2022.103425>.

ZHANG, Huiyi *et al.* A review of the potential utilisation of plastic waste as adsorbent for removal of hazardous priority contaminants from aqueous environments. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 258, p. 113698, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113698>.

ZOWADA, Christian; GULACAR, Ozcan; EILKS, Ingo. Innovating Undergraduate General Chemistry by Integrating Sustainability-related Socio-Scientific Issues. **Action Research And Innovation In Science Education**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 3-8, 17 dez. 2018. International Society of Educational Research. <http://dx.doi.org/10.51724/arise.9>.