



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

PEDRO MARIANO DE ALMEIDA LIMA

**EXPERIMENTO NO ENSINO DE QUÍMICA: propostas para tratamento de efluentes
contaminados por corantes têxtil**

**TERESINA
2025**

PEDRO MARIANO DE ALMEIDA LIMA

EXPERIMENTO NO ENSINO QUÍMICA: propostas para tratamento de efluentes
contaminados por corantes têxtil

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 Teresina Central .

Orientadora: Profa. Dra. Evânia Carvalho dos Santos
.

TERESINA
2025

EXPERIMENTO NO ENSINO QUÍMICA: propostas para tratamento de efluentes contaminados por corantes têxtil

Pedro Mariano de Almeida Lima ¹
Evânia Carvalho dos Santos ²

RESUMO

As cores desempenham um papel fundamental em nosso cotidiano, desde a pré-história, os pigmentos eram usados, nas pinturas rupestres, na antiguidade, as múmias eram pintadas de forma coloridas, e na Idade Moderna, a exploração do pau Brasil foi marcada pela busca do pigmento capaz de tingir tecidos com cores fortes. A coloração, além de gerar impacto visual, também pode ser uma fonte de substâncias tóxicas devido aos componentes presentes nos corantes, que são utilizados em grande escala no processo de tingimento. Segundo a Organização Mundial da Saúde, aproximadamente 20% da poluição global da água é devido a indústria têxtil, isso devido a liberação de efluentes contendo microplásticos, corantes e outros produtos químicos no meio ambiente. Essa pesquisa trata-se de uma revisão bibliográfica com a abordagem qualitativa de carácter explorativo/descritivo, buscando metodologias para serem aplicados no ensino de química, objetivando apresentar metodologias experimentais para serem aplicados como forma prática de ensino e aprendizagem do tema. Conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados, sendo de grande importância não somente no âmbito acadêmico, mas para a conscientização da sociedade, demonstrando a importância do uso correto da água e também apresentando como tratar efluentes contaminados por corantes têxteis.

Palavras-chave: corante têxtil, tratamento de efluentes, ensino de química.

ABSTRACT

Colors play a fundamental role in our daily lives. Since prehistoric times, pigments have been used in cave paintings, in antiquity, mummies were painted in colorful ways, and in the Modern Age, the exploitation of brazilwood was marked by the search for pigment capable of dyeing fabrics in strong colors. As well as having a visual impact, coloring can also be a source of toxic substances due to the components present in dyes, which are used on a large scale in the dyeing process. According to the World Health Organization, approximately 20% of global water pollution is due to the textile industry, which releases effluents containing microplastics, dyes and other chemicals into the environment. This research is a bibliographical review with a qualitative explorative/descriptive approach, looking for methodologies to be applied in chemistry teaching, with the aim of presenting experimental methodologies to be applied as a practical way of teaching and learning the subject. It is concluded that the proposed objectives were achieved, being of great importance not only in the academic sphere, but for raising awareness of society, demonstrating the importance of the correct use of water and also presenting how to treat effluents contaminated by textile dyes.

Keywords: textile dye, treatment of effluents, chemistry teaching.

Data de aprovação: 23/07/2025

¹Pedro Mariano de Almeida Lima; Licenciatura em química; Instituto Federal do Piauí - IFPI; catce.2020111lqui0319@aluno.ifpi.edu.br

² Doutora em Engenharia e Ciência dos Materiais, Departamento de Formação de Professores, Instituto Federal do Piauí – IFPI. evania@ifpi.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4992-0038>

INTRODUÇÃO

As cores desempenham um papel fundamental em nosso cotidiano. Elas fascinam a humanidade há milhares de anos influenciando nossos estados de espírito e emoções e, de maneira geral, enriquecendo a forma como interagimos com o ambiente ao nosso redor. Desde a pré-história, os pigmentos eram usados, nas pinturas rupestres, na Antiguidade, as múmias eram pintadas de forma coloridas, e na Idade Moderna, a exploração do pau-brasil foi marcada pela busca do pigmento capaz de tingir tecidos com cores fortes (Ferreira et al., 2018)

Os núcleos naturais das cores estão presentes em quase todos os ambientes, na terra, no céu, no mar, nos animais e na vegetação. Como fonte das cores temos os corantes, que além de dar cor, essas moléculas podem ter funções adicionais. Um exemplo clássico são as clorofilas, que participam do processo de conversão de luz solar em carboidratos nas plantas, processo conhecido como fotossíntese (Christie, 2015).

Dentre as principais fontes de cores tem-se os corantes naturais ou artificiais. quantidade de núcleos artificiais, frutos da indústria química. As cores sintéticas geralmente têm uma função decorativa ou estética, aparecendo nas roupas que usamos, em tintas, plásticos, uma variedade de materiais impressos multicoloridos, como revistas, pôsteres e jornais, na fotografia, cosméticos, produtos de higiene, cerâmicas e até na televisão e cinema (Christie, 2015).

Uma das grandes utilizações dos corantes se dá no processo de tingimento nas indústrias têxteis. Além do padrão e da atratividade dos núcleos, o consumidor geralmente exige certas características básicas, como um alto nível de fixação frente à luz, lavagem e transpiração, tanto no início quanto após o uso prolongado. Para garantir essas qualidades, os corantes responsáveis por colorir as fibras devem possuir camada elevada, oferecer coloração uniforme, resistir aos agentes que causam desbotamento e, ainda, serem economicamente viáveis (Guaratini; Zanoni, 2000).

Por outro lado, a coloração, além de gerar impacto visual, também pode ser uma fonte de substâncias tóxicas devido aos componentes presentes nos corantes, que são utilizados em grande escala no processo de tingimento. Além disso, a presença de cor altera a escuridão da luz na camada de água, aumentando os níveis de oxigênio e, consequentemente, podendo levar à morte de peixes e outras espécies aquáticas (Nunes, 2019).

Segundo a Organização Mundial da Saúde, aproximadamente 20% da poluição global da água é devido a indústria têxtil, isso devido a liberação de efluentes contendo

microplásticos, corantes e outros produtos químicos no meio ambiente. Este tipo de indústria é responsável por 8% a 10% das emissões globais de gases de efeito estufa e vem causando perdas anuais de US\$ 500 bilhões devido a roupas subutilizadas e falta de reciclagem,(Giovanazzi et al., 2024). Isso faz com que a indústria têxtil ocupe a segunda posição entre os setores industriais mais poluentes. Seus impactos incluem a emissão de mais de 1,7 milhão de toneladas de CO₂ por ano, a geração de mais de 92 milhões de toneladas de resíduos e o consumo aproximado de 1,5 trilhão de litros de água anualmente. Além disso, é moderno como o segundo maior consumidor de água, contribuindo com 20% da poluição hídrica devido às suas atividades de tratamento de tecidos e processos (Brandt; Umbuzeiro; Albuquerque, 2021). No entanto, pode ser destacado que a indústria têxtil contribui com US\$ 2,4 trilhões para a manufatura global e emprega cerca de 75 milhões de pessoas (Oliveira et al., 2021)

Diante disso, é observado a necessidade da sociedade saber cada vez mais sobre o tema em questão, pois nos permite, por meio do conhecimento científico buscarmos formas de conscientização, intervenções e melhoramento com os cuidados ambientais. Como forma de iniciar este processo a educação escolar no Ensino de Química, pode apresentar ao aluno relações entre fatos do dia a dia e os conceitos químicos relacionados ao tema, corroborando para a formação de um indivíduo crítico, capaz de fazer escolhas e de atuar de forma ativa na sociedade onde está inserido (Foleis et al., 2016). A indústria têxtil é uma das cinco maiores responsáveis pela poluição no mundo, especialmente no que diz respeito ao consumo de água. A expectativa é de que, até 2030, a produção de têxteis com alcance cerca de 145 milhões de toneladas (“Desenvolvida tecnologia que pode reduzir a poluição causada pela indústria têxtil”, 2023).

As atividades experimentais no ensino de Química são focadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que propõem uma abordagem integrada a temas sociais do cotidiano. A experimentação, nesse contexto, deve ser articulada com a teoria, deixando de ser apenas um recurso motivacional ou ilustrativo, para se tornar uma ferramenta eficaz de contextualização dos conhecimentos químicos, conferindo-lhes maior relevância social. (Gonçalves; Goi, 2021)

Essa pesquisa trata-se de uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa de carácter explorativo/descritivo usando a temática meio ambiente e físico-química. A pesquisa qualitativa é essencial para quem busca entender os fenômenos de forma profunda e contextualizada, ela se apoia em princípios que valorizam as diferentes perspectivas, a subjetividade dos participantes e a interpretação cuidadosa da realidade

estudada. Além disso, seu processo é flexível e se adapta às necessidades do estudo, permitindo uma análise mais rica e sensível aos contextos envolvidos. (Guerra et al., 2024). Como objetivo deste trabalho, fazer um estudo sobre a contaminação ambiental causada pelo uso dos corantes e apresentar metodologias experimentais para serem aplicados no ensino de química, como forma prática de ensino e aprendizagem do tema.

1. REFERÊNCIAL TEÓRICO

O termo "colorante" não é amplamente utilizado e aparece com maior frequência em setor de tintas. Corantes e pigmentos são substâncias químicas provenientes de fontes naturais ou sintetizadas, podendo ter origem orgânica ou inorgânica, e são empregadas para conferir cor a diferentes substratos. No entanto, o que realmente os diferencia é a forma como são aplicados (Zanoni; Yamanaka, 2016 *apud* Shore, 2002).

Segundo dados da Associação Brasileira de Indústrias Têxteis (ABIT), os resíduos líquidos provenientes de indústrias podem conter metais pesados e/ou substâncias orgânicas de elevada toxicidade. Entre as indústrias que produzem efluentes contaminados com matéria orgânica, destacam-se as indústrias têxteis, devido ao grande volume de resíduos líquidos gerados.

1.1 CORANTES

Anualmente, prevê-se que a produção de corantes será de cerca de 800.000 toneladas (Vinayagam et al., 2024), das quais serão cerca de 300.000 toneladas de corantes sintéticos descartadas em instalações de tratamento em todo o mundo (Giovanazzi et al., 2024). Além disso dos aproximados 10.000 tipos de corantes que são produzidos em escala industrial, cerca de 2.000 encontram-se disponíveis para a indústria têxtil. Esses poluentes afetam a qualidade da água nos corpos hídricos, contaminam os animais e prejudicam os processos de fotossíntese das plantas aquáticas nesses biomas. Acredita-se que mundialmente 15% desse total são despejados através dos efluentes industriais. No Brasil a porcentagem é um pouco maior, cerca de 20% dos corantes consumidos pela indústria têxtil são descartados como efluentes. A principal fonte dessa perda corresponde à fixação incompleta dos corantes à fibra durante o processo de tingimento. (Oliveira et al., 2021).

1.2 CLASSIFICAÇÃO DOS CORANTES

Um cromóforo é uma estrutura que dá cor ao corante, absorvendo radiação ultravioleta e visível devido a sistemas conjugados de ligações duplas. Além dos

cromóforos, os corantes possuem auxocromos (doadores de elétrons) e antiauxocromos (receptores de elétrons), que diversificam os núcleos para alterar a absorção no espectro visível. A transferência dessas estruturas é chamada de cromogênio. A classificação dos corantes pode ser feita com base em sua origem, sendo eles provenientes de fontes naturais ou sintéticas. Os corantes naturais são obtidos de diversas fontes, como plantas, animais e minerais. Esses corantes foram amplamente utilizados nas fases iniciais da indústria têxtil e incluem materiais como jaca, cebola, eucalipto, curcuma, gonda e hena. Com o aumento populacional e a expansão das atividades industriais, o uso de corantes naturais tem se tornado obsoleto, pois sua produção não consegue atender à crescente demanda industrial. Sua aplicação é predominantemente na indústria alimentícia. Nesse contexto, os corantes sintéticos praticamente substituíram os naturais, especialmente na fabricação de tecidos e na indústria (Júnior; Azevedo, 2024)

O predomínio dos corantes sintéticos sobre os naturais é justificado por diversas vantagens, como o menor custo de produção, a ampla possibilidade de sínteses com grupos cromóforos e auxocrômicos variados, que permitem uma maior diversidade de cores e tonalidades, o elevado grau de pureza, o controle rigoroso sobre a fidelidade do coração e a maior capacidade de fixação nos materiais (Zanoni; Yamanaka, 2016).

Existe uma ampla variedade de tintas comercialmente disponíveis, e seus componentes apresentam elevada estabilidade à luz, temperatura, detergentes e ataques microbianos. Os corantes do tipo “azo” são produzidos a partir de aminas aromáticas e aparecem como os corantes mais importantes e mais amplamente utilizados nas indústrias têxteis, de couro, de produção de papel, farmacêutica e de alimentos. Esses corantes são notáveis por apresentarem resistência à degradação microbiana aeróbica e por gerarem aminas aromáticas carcinogênicas quando decompostos por biodegradação anaeróbica (Torres; Bustos-Jaimes; Borgne, 2003).

Corantes do tipo azo são usados para os mais diversos processos de tingimento e são componentes potencialmente problemáticos de efluentes industriais, especialmente da indústria têxtil. Esses compostos não apenas formam produtos tóxicos, mas as cores fortes por eles produzidos causam turbidez e conseqüentemente perturbam os ambientes aquáticos. Os compostos do tipo azo, solúveis em meio aquoso, constituem o maior grupo de corantes sintéticos e são os mais lançados no meio ambiente. Corantes desse tipo causam grandes problemas ambientais devido às suas resistências à degradação microbiana, e tendem a sofrer pouca alteração quando submetidos a sistemas convencionais de tratamento (Ertugrul; Bakir; Dönmez, 2008). Eles são pratica-

inalterados quando submetidos à degradação microbiana aeróbica e geram aminas aromáticas carcinogênicas quando decompostos por biodegradação anaeróbica (Torres; Bustos-Jaimes; Borgne, 2003).

Os corantes abrangem diversas classes, com destaque para os azos, antraquinona, metalizados, indigoides, ftalocianinas, metina e polimetinas (incluindo polienos e seus análogos), dietriarilmetanos, nitro, nitrosos e sulfurosos. (Zanoni; Yamanaka, 2016)

1.2.1 Reativos

Os corantes podem ser classificados com base em sua estrutura química, como antraquinona e azo, ou pelo método de fixação à fibra têxtil. Entre os principais grupos classificados pelo modo de fixação estão os corantes reativos, que possuem grupos eletrofílicos capazes de formar ligações covalentes com grupos hidroxila das fibras celulósicas, grupos amino, hidroxila e tióis das fibras proteicas e grupos amino das poliamidas. Os corantes reativos mais comuns apresentam as funções azo e antraquinona como grupos cromóforos e os grupos clorotriazinila e sulfatoetilsulfonila como componentes reativos (Guaratini; Zanoni, 2000)

1.2.2 Corantes ácidos ou aniônicos

Os corantes ácidos ou aniônicos, a fixação do corante à fibra ocorre em meio neutro ou ácido, por meio da interação entre os sítios aniônicos do corante e os sítios catiônicos da fibra. Essa fixação pode acontecer via interação iônica, forças de Van der Waals ou pontes de hidrogênio, usados para tingir poliamida, lã, seda, couro e acrílico modificado (Zanoni; Yamanaka, 2016).

1.2.3 Corante azoicos

Corantes azoicos são compostos coloridos e insolúveis em água, sintetizados diretamente sobre a fibra durante o tingimento. Nesse processo, a fibra é impregnada com um agente de acoplamento (e.g. naftol), que possui alta espessura pela celulose. A adição de um sal de diazônio provoca uma ocorrência com o agente de fixação na fibra, resultando na formação de um corante insolúvel em água (Silva; Andrade, 2013).

1.2.4 Corante dispersivos

Constitui uma classe de corantes insolúveis em água aplicados em fibras de celulose e outras fibras hidrofóbicas por meio de suspensão, com partículas entre 1 a 4 micra. Durante o processo de tintura, o corante sofre hidrólise, e sua forma originalmente insolúvel precipita lentamente na forma dispersa sobre o acetato de celulose. O grau de solubilidade do corante deve ser pequeno, mas definido, influenciando diretamente o processo e a qualidade da tintura. Geralmente, o tingimento ocorre na presença de agentes dispersantes de longas cadeias que estabilizam a suspensão do corante e facilitam o contato com a fibra hidrofóbica. Essa classe de corantes é amplamente utilizada em fibras sintéticas, como acetato de celulose, náilon, poliéster e poliacrilonitrila (Guaratini; Zanoni, 2000).

O processo de tingimento sob a forma de dispersão líquida é frequentemente realizado em altas temperaturas e pressão, geralmente como auxílio de agentes dispersantes para estabilizar a suspensão do corante. Em alguns casos, o processo pode ser realizado por termofixação, garantindo que o corante penetre as fibras e fixe de maneira eficiente, proporcionando uniformidade e qualidade na coloração (Zanoni; Yamanaka, 2016)

1.2.5 Corante á Cuba

Essa é uma classe significativa de corantes, composta principalmente por índigos, tioindigóides e antraquinóides. Esses corantes são aplicados de forma praticamente insolúvel em água. Durante o processo de tingimento, eles passam por uma redução química utilizando ditionito em solução alcalina, convertendo-se em uma forma solúvel chamada forma leuco. Após a aplicação, uma oxidação subsequente, realizada pelo ar, peróxido de hidrogênio ou outros agentes oxidantes, regenera a forma original insolúvel do corante diretamente sobre a fibra, garantindo fixação e coloração (Guaratini; Zanoni, 2000).

1.2.6 Corante pré-metalizados

Esses corantes são particularmente úteis para a coloração de fibras protéicas e poliamidas. Eles são caracterizados pela presença de um grupo hidroxila ou carboxila na posição orto em relação ao cromóforo azo, o que permite a formação de complexos com íons metálicos. Durante o processo de experiência, explora-se a capacidade de interação entre o metal e os agrupamentos específicos nas fibras, como os pares de elétrons livres encontrados nas fibras protéicas. No entanto, a desvantagem ecológica desse grupo de

corantes está associada ao alto conteúdo de metal (cromo) presente nas águas de rejeito. (Guaratini; Zanoni, 2000).

Corantes pouca ou nenhuma afinidade com as fibras, mas ficando a elas por meio da adição de um mordente. O mordente é um produto químico que se combina com o corante e a fibra, ajudando na fixação. Os principais mordentes modernos são derivados de cromo, como o dicromato. Esses mordentes aumentam a intensidade e a durabilidade da cor nas fibras, mas, assim como os corantes metálicos, podem apresentar preocupações ambientais (Zanoni; Yamanaka, 2016)

1.2.7 Corante branqueadores

As fibras têxteis, no estado bruto, apresentam uma coloração amarelada devido à absorção de luz na faixa de comprimento de onda mais baixa, uma característica comum de materiais orgânicos. Para reduzir essa coloração amarelada, a indústria utiliza processos de oxidação com alvejantes químicos ou branqueadores ópticos. Os corantes brancos, ou branqueadores fluorescentes, possuem grupos como carboxílicos, azometino ($-N=CH-$) ou etilênicos ($-CH=CH-$) aliados a sistemas aromáticos (benzênicos, naftalênicos, pirênicos), que, quando excitados por luz ultravioleta, refletem fluorescência na faixa de 430 a 440 nm, proporcionando o efeito de branqueamento e clareamento das fibras (Guaratini; Zanoni, 2000).

1.2.8 Corante de enxofre

Os corantes da classe dos polissulfetos são compostos macromoleculares que possuem pontes de polissulfetos ($-Sn-$), tornando-os altamente insolúveis em água. Para aplicação, esses corantes são inicialmente reduzidos em um banho de ditionito de sódio, tornando nas formas solúveis. Após a aplicação, eles são reoxidados pela interação com o ar, retornando à sua forma insolúvel, fixando-se na fibra. São amplamente utilizados na tintura de fibras celulósicas, fornecendo cores como preto, verde oliva, azul-marinho e marrom, com boa fixação. No entanto, esses corantes podem deixar resíduos altamente tóxicos, o que representa uma preocupação ambiental (Guaratini; Zanoni, 2000).

1.2.9 Corante de direto

Os corantes solúveis em água, pertencentes a esta classe, são capazes de tingir

fibras de celulose, como algodão e viscose, por meio de interações de Van der Waals. A camada do corante pela fibra é aumentada pelo uso de eletrólitos, pela planaridade da molécula do corante ou pela presença de ligações duplas conjugadas, o que melhora a adsorção do corante na fibra. Esses corantes geralmente contêm múltiplos grupos azo (como diazo e triazo) ou são transformados em complexos metálicos, o que aumenta sua eficácia no processo de tingimento (Guaratini; Zanoni, 2000).

1.3 TIPOS DE TRATAMENTOS

O crescimento populacional nos grandes centros urbanos tem resultado em excessos de resíduos domésticos e industriais. Quando não gerenciados por sistemas eficazes de tratamento, esses resíduos podem comprometer significativamente a qualidade de vida das comunidades e impactar todas as formas de vida no planeta. Devido à ampla variedade de atividades industriais, diferentes classes de compostos podem ser liberadas em águas superficiais. Entre esses compostos, destacam-se os corantes, amplamente utilizados nas indústrias de alimentos, higiene e cosméticos, couro, tintas e vernizes, e, especialmente, na indústria têxtil (Zanoni; Yamanaka, 2016)

No entanto, apesar da importância econômica do setor têxtil para a geração de empregos e economia desses países, a geração de efluentes coloridos leva a uma grande preocupação ambiental, pois quando não tratados convenientemente e lançados a mananciais ou despejados nas estações de tratamento de água, representam grande problema. (Zanoni; Yamanaka, 2016)

A remoção da cor dos efluentes têxteis antes do descarte é um grande desafio para o setor, devido às exigências rigorosas de qualidade das águas condicionadas pelos órgãos ambientais. (Cerqueira; Russo; Marques, 2009)

1.3.1 Tratamentos físico-químicos

A remoção de partículas coloridas em efluentes é geralmente realizada por meio de métodos físico-químicos. Não existe um método amplamente adotado para o tratamento de efluentes têxteis, provavelmente devido à diversidade de estruturas químicas e à complexidade desses compostos (Peixoto; Marinho; Rodrigues, 2013)

Quando se trata de efluente industrial, os tratamentos físico-químicos se tornam indispensáveis já que alguns metais e bactérias são resistentes aos tratamentos biológicos (Nunes, 2019).

1.3.1.1 Adsorção

A adsorção é um método de tratamento físico-químico em que um material adsorvente retira moléculas específicas (adsorbato) de um meio líquido. Essa remoção ocorre por meio de interações diversas, que podem ser físicas ou químicas, dependendo da natureza das interações envolvidas. (Almeida; Dilari; Corso, 2016)

As técnicas de adsorção ganharam popularidade recentemente devido à sua eficácia na remoção de substâncias altamente prejudiciais, que são difíceis de eliminar por métodos convencionais, além de serem economicamente viáveis. A remoção de cor ocorre por meio de dois mecanismos: adsorção e troca iônica, sendo influenciada por diversos fatores físico-químicos, como a interação entre o corante e o adsorvente, a área superficial do adsorvente, o tamanho das partículas, a temperatura, o pH e o tempo de contato. (Zanoni; Yamanaka, 2016)

1.3.1.2 Troca iônica

A troca iônica não tem sido amplamente utilizada no tratamento de efluentes contendo corantes, principalmente devido à limitação dos trocadores de íons em remover uma grande variedade de corantes. Nesse processo, a água residual é conduzida através de uma resina trocadora de íons até que os locais de troca fiquem saturados. Corantes catiônicos e aniônicos podem ser removidos por esse método (Zanoni; Yamanaka, 2016) As resinas de troca iônica são copolímeros sintéticos, insolúveis em ácidos, bases e solventes orgânicos comuns, cuja principal característica é a capacidade de purificar substâncias. No processo de troca iônica, íons com uma determinada carga (cátions ou ânions) presentes em uma solução são adsorvidos por um material sólido (o trocador de íons) e substituídos por peças equivalentes de outros íons da mesma carga liberada pelo sólido (Corrêa et al., 2002)

1.3.1.3 Irradiação UV

Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) são caracterizados pela capacidade de gerar radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$), que são espécies altamente oxidantes, em quantidade suficiente para mineralizar matéria orgânica em dióxido de carbono, água e íons inorgânicos. Essas raízes podem ser produzidas a partir de oxidantes fortes, como H_2O_2 e O_3 , usados isoladamente ou em combinação com irradiação. O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) tem sido amplamente empregado há muitos anos para reduzir cargas de DBO/DQO em efluentes de esgoto industriais (Polezi, 2003)

1.3.1.4 Coagulação eletrocinética

O processo de coagulação ocorre com a adição de um coagulante químico que neutraliza as cargas eletrostáticas negativas dos coloides, diminuindo o potencial de repulsão entre as partículas e promovendo sua aglutinação. Em seguida, ocorre a floculação, com ou sem o uso de um floculante, o que permite que as partículas se organizem em flóculos maiores e mais densos, facilitando sua remoção por filtração e/ou decantação. Para que o processo de coagulação seja eficiente, é essencial considerar fatores como pH, concentração do coagulante, intensidade da eficiência e tempo de sedimentação (Polezi, 2003)

É um método economicamente viável para a remoção de corantes, envolvendo a adição de sulfato ferroso e cloreto férrico, que proporciona uma excelente eficiência na remoção de corantes diretamente de efluentes. No entanto, não é um método universal, pois apresenta baixa eficiência na remoção de corantes nutritivos. Além disso, o custo dos reagentes é elevado, e a concentração ideal depende da carga estática do corante na solução. O processo gera grandes quantidades de lodo lodo, cuja remoção é difícil e resulta em altos custos de provisão (Robinson et al., 2001)

1.4.1 Tratamentos biológicos

Os tratamentos biológicos para descoloração e manipulação de efluentes têxteis podem ser realizados por meio de processos aeróbios, anaeróbios ou uma combinação de ambos, dependendo do tipo de microrganismos utilizados no processo. (Peixoto; Marinho; Rodrigues, 2013)

1.4.1.1 Anaeróbico

A biodegradação é o processo em que certos microrganismos presentes no ambiente convertem moléculas químicas complexas em moléculas mais simples. Esses compostos mais simples são usados pelos microrganismos como fonte de carbono, fornecendo a energia necessária para seu crescimento e manutenção do metabolismo. A capacidade de alguns microrganismos para degradar substâncias orgânicas tóxicas está amplamente documentada. No tratamento biológico anaeróbio, esse é aplicado ao uso de compostos tóxicos como substrato para o crescimento e a manutenção dos microrganismos envolvidos no processo. (Nunes, 2019)

1.4.1.2 Aeróbico

O tratamento biológico por lodos ativados é o método mais amplamente utilizado por diversos setores, especialmente na indústria têxtil, para a manipulação da matéria orgânica presente nos efluentes. O processo consiste em um tanque de aeração onde o afluente é misturado ao lodo ativado, que contém microrganismos como bactérias, fungos e protozoários. Durante a renovação e aeração, ocorre a oxidação da matéria orgânica. Em seguida, o efluente passa por sedimentação em decantadores, onde o lodo (biomassa) é separado. A maior parte desse lodo é recirculada de volta para o tanque de aeração, permitindo que os microrganismos permaneçam ativos por um longo período, enquanto uma menor parte é retirada para um tratamento específico (Rosa; Fraceto; Moschini, 2012).

2 EXPERIMENTAL

No ensino de Química, assim como em outras áreas das ciências exatas, ainda é comum a presença de uma abordagem pedagógica baseada na memorização e na simplificação excessiva. Esse modelo, muitas vezes centrado no professor, apresenta conteúdos de forma descontextualizada em relação ao cotidiano dos alunos. Como consequência, esse método de ensino pode gerar dificuldades de aprendizagem, pois não estimula o interesse e a curiosidade dos estudantes, tornando o processo menos significativo e envolvente (Gomes; Costa, 2022)

As atividades experimentais podem ser consideradas ferramentas didáticas fundamentais para fortalecer o ensino de ciências. No entanto, pesquisas realizadas em laboratórios de educação de escolas públicas e privadas mostram que, para alcançar os três principais objetivos do ensino de ciências aprender ciências, aprender sobre as ciências e fazer ciências é necessário redefinir ou reposicionar essa prática, garantindo que ela seja mais significativa e eficaz no processo de aprendizagem (Gonçalves; Goi, 2021)

No ensino de Química, essa ferramenta didático-pedagógica é, sem dúvida, essencial no processo de ensino e aprendizagem, pois contribui significativamente para a construção do conhecimento. Para atingir esse objetivo, é fundamental adquirir uma base teórica sólida sobre os conteúdos químicos (Silva et al., 2021)

2.1 EXPERIMENTO DE ELETROCOAGULAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA POR CORANTE TÊXTEL.

A eletrofloculação é um método eletroquímico para o tratamento de água que

combina dois processos: eletrocoagulação e eletroflotação. Um dos primeiros registros dessa técnica foi o trabalho de J. T. Harries, em 1909, no qual o autor destacou o uso de ferro e alumínio como ânodos de sacrifício. Esses materiais geram hidróxidos de ferro e alumínio, que auxiliam na coagulação, além de produzir bolhas de gás hidrogênio, responsáveis pela flotação de partículas suspensas e coloidais. (Grecco; Souza; Zanoni, 2022)

2.1.1 Objetivo

Demonstrar o processo de eletrocoagulação como uma alternativa para o tratamento de efluentes contaminados por corantes têxteis, removendo a coloração da água através da geração in situ de coagulantes a partir de eletrodos metálicos.

2.1.2 Materiais e Reagentes

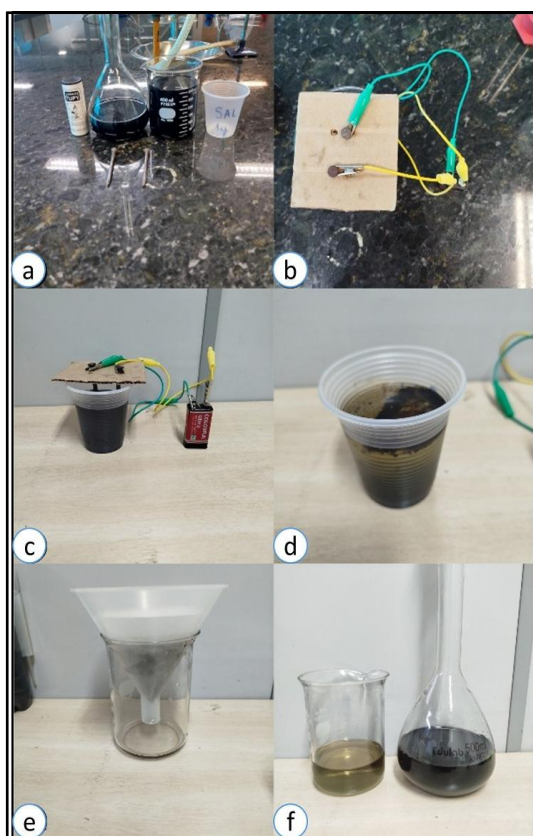
- 02 pregos ou parafusos (alumínio ou ferro) para eletrodos;
- 01 Fonte de alimentação DC (fonte ajustável, bateria de 9-12V ou carregador de celular adaptado);
- 01 Recipiente transparente (vidro ou acrílico) de aproximadamente 500 mL;
- 100 mL de solução corante têxtil comercial de coloração preta da marca “Corante TUPY” na concentração de 1000 ppm (outros corantes têxteis podem ser utilizados);
- 02 fios elétricos com garras tipo jacaré;
- 01 Bastão de vidro ou colher para agitação;
- 01 Fonte de NaCl (sal de cozinha) para aumentar a condutividade elétrica;
- 01 Papel filtro ou filtro de café para separação do lodo formado.

2.1.3 Procedimento Experimental

Preparar a solução do corante têxtil, para tal dissolver 1g de corante têxtil em 100 mL de água para simular um efluente contaminado. Adicionar cerca de 0,2 g de NaCl para aumentar a condutividade elétrica. Para fazer a Montagem do Sistema de Eletrocoagulação, colocar os eletrodos metálicos dentro do recipiente transparente, submersos na solução contaminada, mantendo uma distância de aproximadamente 2-3 cm entre eles. Conectar os eletrodos à fonte de alimentação. O eletrodo positivo (ânodo) será o responsável pela liberação dos íons metálicos (Fe^{3+} ou Al^{3+}), o eletrodo negativo (cátodo) facilitará a liberação de gás hidrogênio. Ligar a fonte de alimentação e ajustar

para uma voltagem entre 6 e 12V. Se estiver usando bateria, apenas conectar os polos corretamente. Deixar o sistema funcionando por um tempo de 10 a 20 minutos, será observado a formação de bolhas e a progressiva descoloração da solução. Após o tempo de eletrocoagulação, desligar o sistema e deixar a solução em repouso por alguns minutos para permitir a separação dos flocos formados. Filtrar a solução usando papel filtro para separar os flocos formados. Observar a coloração da solução filtrada e comparar com a solução inicial. A sequência do experimento é apresentada na figura 1.

Figura 1: Processo de eletrólise do corante comercial na concentração de 1000 ppm



Fonte: Autoria própria (2025).

A Figura 1 apresenta o processo de eletrolise utilizado na remoção do corante têxtil comercial “Corante TUPY” na concentração de 1000 ppm. A Figura 1a mostra os reagentes utilizados, solução de corante têxtil e o NaCl; a Figura 1b apresenta o sistema montado para o processo de eletrolise; a Figura 1c demonstra o processo de eletrolise; na Figura 1d pode ser observado um sobrenadante resultante da eletrolise; na Figura 1e é demonstrada a filtração para separar o sobrenadante, já a Figura 1f compara a solução antes e após o processo de eletrolise.

2.2 EXPERIMENTO DE ADSORÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS EM CARVÃO ATIVADO

A adsorção é um aspecto físico-químico amplamente utilizado em processos de purificação e separação. Esse processo ocorre quando uma substância se concentra na interface entre duas fases, como sólido-sólido, líquido-líquido, líquido-sólido, líquido-gás ou sólido-gás. As moléculas nessa interface sofrem forças de atração desiguais das moléculas das duas fases e, quando as condições termodinâmicas e cinéticas são desenvolvidas, aderem à superfície da fase mais atrativa, chamada de adsorvente. A substância retida nessa superfície é denominada adsorvida. O processo inverso, no qual as substâncias são liberadas da superfície do adsorvente, é conhecido como dessorção (Val; Domingues; Matencio, 2013).

A adsorção é um dos métodos mais economicamente viáveis para a remoção de corantes em efluentes, destacando-se a eficiência de ativado como adsorvente nesse processo. Sua alta capacidade de adsorção em meio aquático torna-o uma opção eficaz para o tratamento de contaminantes. Além disso, a possibilidade de utilizar diversos materiais precursores na produção de carvão ativado, como grama, borra de café e sementes de árvores, contribui para a reciclagem de resíduos, trazendo benefícios ambientais e sustentáveis (Alam; Bari; Kawsari, 2022)

2.2.1 Objetivo

Demonstrar a remoção de corantes têxteis da água por adsorção, utilizando mecanismo ativado como material adsorvente.

2.2.2 Materiais e Reagentes

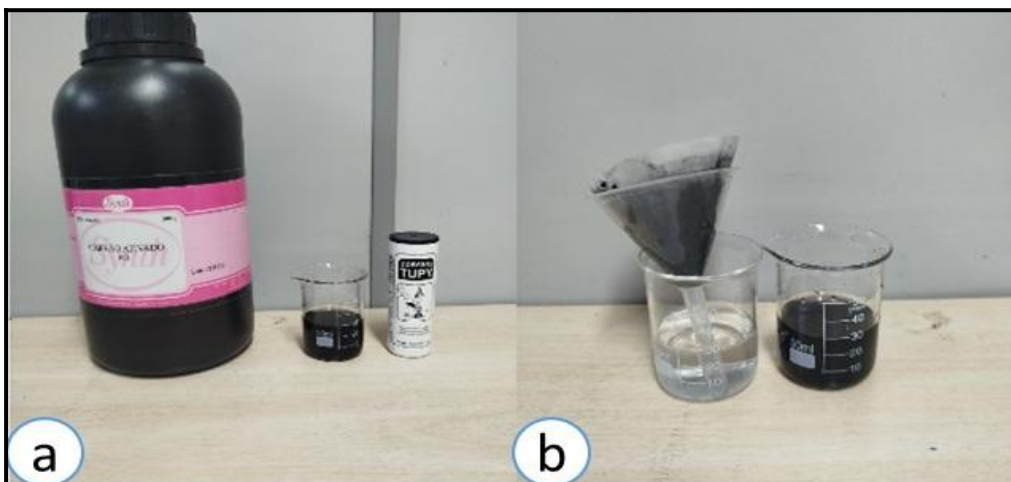
- 30 mL de solução corante têxtil comercial de coloração preta da marca “Corante TUPY” na concentração de 1000 ppm (outros corantes têxteis podem ser utilizados)
- Água destilada
- Carvão ativado em pó ou granulado
- Béqueres (250 mL)
- Funil e papel de filtro
- Agitador magnético ou bastão de vidro
- Pipetas ou provetas
- Espectrofotômetro (opcional, para medir a redução da cor)

2.2.3 Procedimento Experimental

Preparar a solução do corante têxtil, para tal, dissolver 1g de corante têxtil em 100

mL de água para simular um efluente contaminado. Misturar até obter uma solução homogênea. Adicionar 1 g de carvão ativado a 30 ml da solução de 1000 ppm de corante, e agitar por 5 a 10 minutos com o auxílio do bastão de vidro ou agitador magnético. Após este procedimento filtrar a mistura utilizando um funil com papel de filtro, coletando o líquido filtrado em outro recipiente.

Figura 2: Processo de adsorção do corante comercial na concentração de 1000 ppm, utilizando carvão ativado.



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 2 mostra o processo de adsorção do corante têxtil utilizando carvão ativado; na Figura 2a observa-se os materiais e reagentes utilizados no procedimento e na Figura 2b, logo após a filtração, pode ser observado a comparação da solução antes e após o procedimento de adsorção.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados, sendo de grande importância não somente no âmbito acadêmico, mas para toda a sociedade, onde a proposta central desse trabalho é apresentar um material de ensino de química e/ou áreas afins bem como indicar procedimentos experimentais de fácil execução para fixar a aprendizagem. Os experimentos podem ser replicados durante as aulas por sua baixa complexibilidade e podendo ser realizados com materiais de baixo custo. O tema apresenta relevância, visto que: a contaminação do sistema hídrico do planeta causado pelas indústrias têxteis é bastante significativo, demonstra a importância da conservação e conscientização do uso da água, bem necessário à nossa sobrevivência, além de apresentar metodologias para tratar efluentes contaminados por corantes têxteis.

REFERÊNCIAS

- ALAM, Z.; BARI, N.; KAWSARI, S. Otimização estatística da remoção de corante azul de metileno de águas residuais têxteis sintéticas usando adsorventes indígenas. **Environmental and Sustainability Indicators** v. 14, 2022.
- ALMEIDA, E. J. R.; DILARI, G.; CORSO, C. R. A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. **UNESP**, 2016.
- BRANDT, K; UMBUZEIRO, G. A.; ALBUQUERQUE, A. F. Ecotoxicidade aquática de efluentes industriais têxteis que utilizam corantes em seus processos. **XXIX Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP**, p. 4, 2021.
- CERQUEIRA, A.; RUSSO, C.; MARQUES, M. R. C. Eletrofloculação para tratamento de águas residuais têxteis. **Química nova na escola**, v. 19, 2009.
- CORRÊA, T. C. *et al.* Redução da geração de resíduos no tratamento de efluentes líquidos com o uso de resina de troca iônica. **XIX ENTMM**, 2002.
- Desenvolvida tecnologia que pode reduzir a poluição causada pela indústria têxtil.** Disponível em: <https://www.industriaeambiente.pt/noticias/desenvolvida-tecnologia-pode-reduzir-poluicao-%20causada-industria-/>. Acesso em: 30 nov. 2024.
- ERTUGRUL, S.; BAKIR, M.; DÖNMEZ, G. Tratamento de águas residuais ricas em corantes por uma cepa cianobacteriana termofílica imobilizada: **Phormidium** sp. 2008.
- FERREIRA, W. M. *et al.* Corantes: Uma Abordagem com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) Usando Processos Oxidativos Avançados. **Química nova na escola**, v. 40, n. 4, p. 10, 2018.
- ROBINSON, T. *et al.* Remediação de corantes em efluentes têxteis: uma revisão crítica sobre as atuais tecnologias de tratamento com uma proposta alternativa. **Tecnologia de Bio-recursos**, 2001.
- FOLEIS, B. L. de M. *et al.* O tratamento de água no contexto do ensino de química. **Revista Sinergia**, v. 17, n. 1, p. 70–73, 31 mar. 2016.
- GIOVANAZZI, L. C. *et al.* Degradação fotocatalítica usando TiO₂ P25: Um estudo comparativo para diferentes corantes têxteis. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 1, p. 125–144, 2024.
- GOMES, P. H. S.; COSTA, F. E. M. Dificuldades no ensino aprendizagem de química: estudo de caso no 2º ano do ensino médio. **Conexões Ciência e tecnologia**, v. 16, p. 1–9, 2022.
- GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. Experimentação no ensino de química na educação básica: uma revisão de literatura. **Redequim**, p. 17, 2021.
- GRECCO, L. H. A; SOUZA, B. C. A.; ZANONI, Maria Valnice Boldrin. Eletrocoagulação/eletrofloculação para tratamento de águas residuárias: eletrodos não convencionais e acoplamento de técnicas. **Química nova**, v. 45, n. 40, 2022.
- GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23, p. 71–78, fev. 2000.

GUERRA, A. L. e R. *et al.* Pesquisa qualitativa e seus fundamentos na investigação científica. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 7, p. e4019–e4019, 17 jul. 2024.

JÚNIOR, W. A. G. P.; AZEVEDO, F. R. P. Corantes sintéticos e seus impactos ambientais: desafios, legislação e inovações tecnológicas sustentáveis. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, 2024.

NUNES, G. R. **Geração e tratamento de efluentes da indústria têxtil**. Monografia de Graduação—Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

OLIVEIRA, C. R. S. *et al.* Reengenharia Têxtil: Soluções ecoresponsáveis para uma indústria mais sustentável. **Química nova** v. 28, 2021.

PEIXOTO, F.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. **Holos**, v. 5, p. 1–9, 2013.

POLEZI, M. **APLICAÇÃO DE PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO (H₂O₂/UV) NO EFLUENTE DE UMA ETE PARA FINS DE REUSO**. Dissertação de mestrado—São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, 2003.

ROBINSON, T. *et al.* Remediação de corantes em efluentes têxteis: uma revisão crítica sobre as atuais tecnologias de tratamento com uma proposta alternativa. **Tecnologia de Bio-recursos**, 2001.

ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI, V. C. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. [S.l.]: Bookman, 2012.

SILVA, A. B. C.; ANDRADE, R. M. F. **Remoção de cor de uma solução com corante têxtil por adsorção e oxidação por processo fenton**. 2013.

SILVA, A. P. B. *et al.* Experimentação no ensino de Química: Relatos do programa residência pedagógica. **Revista diversita**, v. 6, 2021.

TORRES, E.; BUSTOS-JAIMES, I; BORGNE, S. L. Uso potencial de enzimas oxidativas para desintoxicação de poluentes orgânicos. **Applied Catalysis B: Environmental** 2003, v. 46, n. 1, p. 1–15.

VAL, A. M. G.; DOMINGUES, R. Z.; MATENCIO, T. **Fenômenos superfície e adsorção**. Juiz de fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013. v. VI

VINAYAGAM, V. *et al.* Desenvolvimentos recentes em processos de oxidação avançada para degradação de poluentes de águas residuais com foco em antibióticos e corantes orgânicos. **Environmental Research**, v. 240, p. 117500, 2024.

ZANONI, M. V. B; YAMANAKA, H. **Corantes: Caracterização química, toxicologia, métodos de detecção e tratamento**. São Paulo: [S.n.].