



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
PERNAMBUCO

Campus Ipojuca

Coordenação de Licenciatura em Química

Curso de Licenciatura em Química

CARLOS HENRIQUE DUQUE

JOSÉ PEDRO SILVA VASCONCELOS

**PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS (POA) NO ENSINO DE CINÉTICA
QUÍMICA: Proposta de ferramenta metodológica envolvendo a Química e a Educação
Ambiental**

Ipojuca

2023

CARLOS HENRIQUE DUQUE
JOSÉ PEDRO SILVA VASCONCELOS

**PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS (POA) NO ENSINO DE CINÉTICA
QUÍMICA: Proposta de ferramenta metodológica envolvendo a Química e a Educação
Ambiental**

Monografia apresentada à Coordenação de Graduação em Licenciatura em Química do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção dos títulos de Licenciados em Química.

Orientador(a): Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Anjos

Ipojuca

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca do IFPE – Campus Ipojuca

D946p Duque, Carlos Henrique

Processos Oxidativos Avançados (POA) no ensino de cinética química: Proposta de ferramenta metodológica envolvendo a Química e a Educação Ambiental / Carlos Henrique Duque, José Pedro Silva Vasconcelos -- Ipojuca, 2023.

44f.: il.-

Trabalho de conclusão (Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. *Campus* Ipojuca, 2023.

Orientadora: Prof^o Dr. Luiz Carlos Araújo dos Anjos

1. Educação ambiental. 2. Cinética Química. 3. POA. 4. Corantes. I. Vasconcelos, José Pedro Silva Título. II. Anjos, Luiz Carlos Araújo dos (Orientador). III. Título.

CDD 540.7

CARLOS HENRIQUE DUQUE
JOSÉ PEDRO SILVA VASCONCELOS

**PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS (POA) NO ENSINO DE CINÉTICA
QUÍMICA: Proposta de ferramenta metodológica envolvendo a Química e a Educação
Ambiental**

Aprovada em: 14/03/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o Dr. Luiz Carlos Araújo dos Anjos (Presidente-Orientador)
Instituto Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Aluizio Galdino da Silva (Membro Externo)
Instituto Federal de Pernambuco

Prof^a. Ma. Simone de Melo Oliveira (Membro Interno)
Instituto Federal de Pernambuco

Ipojuca

2023

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos ajudado a chegar nesse ponto e vencer todas as etapas além de estar conosco em todos os momentos.

Agradecemos às nossas esposas Tamires Rayssa e Milenna Moura que sempre nos apoiaram. Aos nossos pais que foram responsáveis pelo incentivo inicial de estudar e apoio para que chegássemos à graduação.

Agradeço também a todo corpo docente e corpo técnico do IFPE, pelos ensinamentos, apoio e suporte durante toda a graduação. Queremos agradecer em especial todos os professores que fizeram parte da nossa formação durante o curso de licenciatura em Química, destacando entre estes o professor Luiz Carlos Araújo dos Anjos, que nos ajudou e nos orientou para que conseguíssemos produzir este trabalho.

Também somos gratos pelo apoio dos nossos colegas da turma 2016.1 e a todos que estudaram conosco durante algum período da graduação, por participarem de momentos tristes e alegres, objetivando a graduação.

Enfim, a todos que de alguma maneira nos apoiaram direta ou indiretamente para que chegássemos a esse resultado.

RESUMO

A educação ambiental é um ramo da ciência instituído pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que deve ser aplicado como conteúdo transversal. Não é definido como uma disciplina, mas precisa estar presente em todas as disciplinas, sendo aplicado como conteúdo interdisciplinar. Experimentos de POA (Processo de oxidação avançada) com corantes se mostra uma ferramenta bastante interessante para explicar conteúdos de Cinética Química, especialmente no que se refere à ação de catalisadores, interagindo com a educação ambiental. Nesse sentido, esse trabalho tem por objetivo propor para o ensino de Cinética Química experimentos que utilizem POA, buscando a interdisciplinaridade entre a química e a educação ambiental. Para então, foi empregado um POA conhecido como foto-Fenton para remoção da cor em soluções de corantes de tecido, alimentício e de cabelo. Através de imagens, foram analisadas as mudanças das soluções de acordo com o tempo de reação, e, foi possível observar que o processo Foto-Fenton acelerou o processo de oxidação dos compostos corantes das soluções, iniciando a reação em tempo hábil para utilização em uma aula expositiva, tendo sido verificada uma grande mudança, nas soluções dos três corantes, em um tempo de 2 horas, com início de mudanças em um tempo de 1 hora. Após 7 horas, houve a redução quase que completa das cores presentes nas soluções estudadas, resultado confirmado através de espectroscopia do UV-Visível. Também foi possível fazer o experimento com materiais alternativos, levando a resultados semelhantes aos realizados com ferramentas de laboratório.

Palavras-chave: Educação ambiental. Cinética Química. POA. Corantes.

ABSTRACT

Environmental education is a branch of science instituted by the law 9795, on April 27, 1999, which must be applied as transversal content. It is not defined as a discipline, but it needs to take part in all disciplines, being applied as interdisciplinary content. AOP (Advanced Oxidation Process) experiments with dyes prove to be a very interesting tool to explain contents of chemical kinetics, especially what is related to the role of catalysts, interacting with environmental education. In this sense, this work aims to propose experiments that use AOP for teaching chemical kinetics, seeking interdisciplinary between chemistry and environmental education. For then, a type of AOP, known as photo-Fenton process, was performed to remove the color of, solutions of fabric, food and hair dyes. Through images, the changes of the solutions were analyzed according to the reaction time, and it was possible to observe that the photo-Fenton process accelerated the oxidation of the dye of the solutions, initiating the reaction in a timely manner for use in a expositive class, having been verified a great change, in the solutions of the three dyes, in a time of 2 hours, with beginning of changes being seen in a time of 1 hour. After 7 hours, the complete removal of the colors was observed in the solutions studied, a result confirmed by UV-Visible spectroscopy. It was also possible to carry out the experiment with alternative materials, which showed the same result as that carried out with laboratory tools.

Keywords: Environmental education. Chemical kinetics. POA. Dyes.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Habilidades de aprendizado para alunos do 2º Ano do Ensino Médio indicado pela BNCC	14
Quadro 2	Tubos de ensaios e suas soluções respectivamente	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Gráfico sobre dificuldades na realização de aulas práticas	19
Figura 2	Corantes utilizados para preparação de soluções	24
Figura 3	Tubos de ensaio com solução dos corantes	26
Figura 4	Materiais alternativos para construção do experimento	27
Figura 5	Soluções iniciais dos corantes de cabelo, tecido e alimentício	27
Figura 6	Tubos de ensaio com solução de corante para tecido durante as 7 horas de exposição à radiação solar	28
Figura 7	Tubos de ensaio com solução de corante alimentício durante as 7 horas de exposição à radiação solar	29
Figura 8	Tubos de ensaio com solução de corante alimentício durante as 7 horas de exposição à radiação solar	29
Figura 9	Tubos de ensaio com soluções de corante para tecido, corante alimentício e corante para cabelo, com bisglicinato ferroso, peróxido de hidrogênio e vinagre no momento inicial de exposição à radiação solar	30
Figura 10	Espectro do UV-Visível da fotodegradação do corante de tecido.....	31
Figura 11	Espectro do UV-Visível da fotodegradação do corante alimentício	32
Figura 12	Espectro do UV-Visível da fotodegradação do corante de cabelo	32
Figura 13	Soluções dos corantes de cabelo, tecido e alimentício após 1 hora de exposição à radiação solar.....	34
Figura 14	Soluções dos corantes de cabelo, tecido e alimentício após 2 horas de exposição à radiação solar	35
Figura 15	Soluções dos corantes de cabelo, tecido e alimentício após 7 horas de exposição à radiação solar	35

LISTA DE SIGLAS

POA – Processo de Oxidação Avançada

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

PPI – Projeto de Pesquisa Interdisciplinar

IFPE – Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

UV – Ultravioleta

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Ensino de cinética Química	14
2.2	Experimentação como ferramenta metodológica de ensino	15
2.3	Interdisciplinaridade entre a Química e a Educação Ambiental	19
2.4	Corantes	20
2.5	POA (Processo de Oxidação Avançada)	21
2.6	Espectroscopia na região do UV-Visível	23
3	METODOLOGIA	23
3.1	Corantes utilizados	23
3.1.1	Solução do corante para tecido	24
3.1.2	Solução do corante alimentício	24
3.1.3	Solução do corante para cabelo	24
3.2	Ferro	25
3.2.1	Solução de bisglicinato ferroso	25
3.3	Peróxido de Hidrogênio	25
3.4	Ensaio de Fotodegradação	25
4	ANÁLISE DE RESULTADOS	28
4.1	Fotodegradação dos corantes	28
5	CONSIDERAÇÕES	37
	REFERENCIAS	38
	APÊNDICE	43

1 INTRODUÇÃO

A Educação Ambiental é um ramo da ciência instituído pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que deve ser aplicado como conteúdo transversal (ARRIGO *et al.*, 2018).

Sobre a Educação Ambiental podemos afirmar que:

Os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade, (Brasil, 1999, p. 01).

Então, deve estar presente como componente essencial em todos os níveis educacionais, tanto formalmente como informalmente (BRASIL, 1999).

Dias (1992), nos afirma que a maioria dos problemas ambientais tem suas raízes em fatores socioeconômicos, políticos e culturais, e que não podem ser previstos ou resolvidos por meios puramente tecnológicos.

Segundo Segura (2001, p. 21):

A escola foi um dos primeiros espaços a absorver esse processo de “ambientalização” da sociedade, recebendo a sua cota de responsabilidade para melhorar a qualidade de vida da população, por meio de informação e conscientização.

Como não é uma disciplina, a Educação Ambiental deve ser incluída como uma parte educativa integrada, levando a ser aplicada como conteúdo interdisciplinar de outras disciplinas do âmbito educacional (BRASIL, 1999).

Segundo Fourez (1995), a interdisciplinaridade pode ser usada como uma prática que visa à relação do conteúdo com problemas cotidianos. Esse fato pode ser associado à Educação Ambiental, já que se buscam valores sociais. Segundo Carvalho (2008), a Educação Ambiental tem como objetivo mudanças sociais e culturais, buscando despertar a atenção para mudanças de uso consciente de bens ambientais. Isso possibilita o desenvolvimento de habilidades que levem à solução de problemas atrelados ao meio ambiente, assim como gerar cidadãos críticos à causa ambiental (ARRIGO *et al.*, 2018).

De acordo com Lopes (2007), a contextualização se apresenta como um modo de ensinar conceitos das ciências ligados à vivência dos alunos, seja ela pensada como recurso pedagógico ou como princípio norteador do processo de ensino. A contextualização como princípio norteador caracteriza-se pelas relações estabelecidas entre o que o aluno sabe sobre o contexto

a ser estudado e os conteúdos específicos que servem de explicações e entendimento desse contexto, utilizando-se da estratégia de conhecer as ideias prévias do aluno sobre o contexto e os conteúdos em estudo, característica do construtivismo.

Química se apresenta como uma disciplina onde a Educação Ambiental pode ser integrada a alguns conteúdos, premissa para que haja a interdisciplinaridade (NUNES *et al.*, 2014). Descarte de resíduos líquidos pode ser um tema para ser abordada a Educação Ambiental e a interação de conteúdos de Química. Rejeitos líquidos industriais ou domésticos podem ser ricos em matéria orgânica ou inorgânicas que, ao ser descartado diretamente ou indiretamente no meio ambiente, podem causar alterações ao meio receptor (CAVALCANTE, 2014). Fazem-se necessárias soluções que diminuam os impactos do descarte ao meio ambiente, uma dessas são os processos de oxidação avançada (POA).

Os POA aceleram a degradação natural dos compostos, através da geração de radicais livres hidroxila e hidroperoxila que reagem com as matérias realizando o processo de oxidação (FIOREZE, 2013). A velocidade da reação é definida pela Cinética Química, que é um conteúdo abordado durante o Ensino Médio.

Então, como utilizar o POA como ferramenta no ensino de cinética Química envolvendo a Química e a Educação Ambiental?

Este trabalho tem como objetivo geral propor para o ensino de Cinética Química experimentos que utilizem POA, buscando a interdisciplinaridade entre a Química e a Educação Ambiental.

Para se atingir o mesmo temas como objetivos específicos:

- Realizar descoloração de soluções com corantes de tecido, alimentício e de cabelo utilizando o processo Foto-Fenton;
- Confirmar descoloração das soluções através de análises visuais e por espectroscopia do UV-Visível;
- Verificar se a descoloração ocorre em tempo hábil para aplicação do experimento em uma aula de Cinética Química;
- Analisar se o experimento pode ser realizado com materiais alternativos.

As soluções que possuem corantes são as mais adequadas para esse tipo de demonstração, pois há uma mudança visual que pode ser demonstrada em sala de aula. Então, foram usados corantes para tecidos, corantes alimentícios e corantes para cabelo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ensino de cinética Química

O ensino de cinética Química é abordado principalmente no 2º Ano do Ensino Médio (MARANHÃO, 2022). Segundo Maranhão (2022), o seu ensino busca habilidades estabelecidas pela BNCC (Base Nacional Comum Curricular), conforme Quadro 1.

Quadro 1 Habilidades de aprendizado para alunos do 2º Ano do Ensino Médio indicado pela BNCC

Código BNCC	Habilidades
EM13CNT101	Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.
EM13CNT202	Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.
EM13CNT205	Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

Fonte: Adaptado de Ministério da Educação (2017)

Através dos pontos indicados pela BNCC, pode-se observar que para atingir essas habilidades, o professor necessita de ferramentas metodológicas que levem a contextualização e a relação com os fenômenos do dia a dia, levando a ser um observador e relacionar o aprendizado em sala de aula com o seu cotidiano. Isso é uma das queixas de alunos, conforme indica Pacheco (2010) que observou que eles não veem o motivo do estudo da Química, pois não entende onde aplicarão em seu cotidiano.

Devido a ser um conteúdo normalmente abordado com conceitos e leis, a Cinética Química aparece para os alunos de forma abstrata, o que leva a não obter a visão crítica da

cinética ao seu redor. Muitas vezes o professor pode ter dificuldades em contextualizar o assunto devido à falta de recursos tecnológicos e ausência de experimentação pode causar desinteresse dos alunos e dos próprios professores (DUARTE, 2010).

2.2 Experimentação como ferramenta metodológica de ensino

Krasilchik (1987) nos afirma que nas décadas de 1960 e 1970 do século passado, o movimento de mudança curricular no ensino de ciências já vinha sendo discutido nas mais diversas academias especializadas da região.

No entanto, a escola naquele momento, vivia um momento fortemente infundido de uma tendência técnica, baseada em uma filosofia de ensino tradicionalista, em que o professor era o centro do processo ensino-aprendizagem e o aluno um ser passivo, onde seu papel, nesta história, era servir de receptáculo para as informações do mestre. Essa visão de ensino-aprendizagem baseia-se em diversas posições epistêmicas, por exemplo: o aluno ser uma mente desprovida de ideias, ou seja, não ter ideias anteriores à sua chegada à escola. Em particular, a década de 1980 foi marcada pelos desafios desse estilo de ensino-aprendizagem. Que, em alguns casos, tem se mostrado incapaz de ser uma ferramenta do aluno frente às conjecturas científicas. Nessa direção, o modelo construtivista, que se mostra antagônico ao modelo conservador e comportamental, será usado para inovar e criar métodos de ensino.

Porém, Carvalho e Gil-Pérez (2006), nos afirmam que esse modelo construtivista, seja no curso ou na metodologia, chegam com dificuldades nas salas de aula, o que torna as perspectivas de renovação da educação ainda difíceis. A formação inicial, por si só, não consegue abraçar todas as competências e habilidades de forma satisfatória que o licenciado necessitaria. Entretanto, existem algumas exceções e como comentam Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), elas deverão ser trabalhadas na perspectiva da formação do professor de ciências, dando-lhes melhores subsídios. Para Carvalho e Gil-Pérez (2006), uma das possibilidades de melhorar a formação dos professores é o trabalho coletivo. Ainda, segundo os autores citados acima, ao trabalhar em grupos as discussões dos professores se aproximam mais do que é debatido na didática das ciências.

As últimas discussões desenvolvidas pela didática das ciências relacionadas aos professores em exercício dão suporte para a idealização de novas práticas e metodologias que vão contra o currículo escolar enciclopédico e ao mesmo tempo reduzido, pois deixam de fora, por exemplo, as discussões sobre ciência, tecnologia e sociedade além da experimentação

como atividade investigativa. Hoje elas, cada uma de sua forma, tentam lograr melhorias no ensino de ciências.

Entretanto, a utilização de algumas metodologias educacionais no ensino, destacando-se o ensino de ciências, noções de alfabetização científica, como mapas conceituais, tema gerador, situações-problema, e fundamentação em pesquisa, demonstra-se altamente útil para promoção de um ensino de qualidade, partindo da ação em sala de aula, e possam promover uma real aprendizagem significativa de acordo com a realidade contextual de cada escola, e estudante. Mediante a isso, para se ocorrer uma maior interação do educando com os objetos de aprendizagem, estas metodologias devem-se fundamentar na elaboração de Projetos de Pesquisa Interdisciplinares (PPI).

Sendo assim, para que se tenha um incentivo na formação de alunos pesquisadores desde as séries finais do Ensino Fundamental, é necessário que o professor utilize parte de sua carga horária em aulas que estimulem a construção do conhecimento, destacando-se o científico, sob a forma de PPI. Conforme propõe Demo (1996), quando menciona que a pesquisa faz com que jovens transformem conhecimentos já disponíveis na sociedade em algo novo para eles.

Também observou que questões específicas de interdisciplinaridade, suficiência do conteúdo e da realidade dos alunos, valorização do conhecimento prévio dos alunos, atividades experimentais e atitudes cívicas não são efetivamente promovidas pelas ações atuais dos professores em sala de aula, questões essas que são imprescindíveis a um ensino de qualidade.

Percebe-se, assim, que não há um método de ensino uniforme, uma vez que o professor aponta o rol de conteúdos curriculares fornecidos pela escola como base principal de suas atividades, no qual na maioria das vezes não esteve envolvido na construção dos mesmos. Com isso, observa-se que o educador se torna um mensageiro alto fechado, como aponta Campello (2006), no processo de construção do conhecimento, na relação ensino-aprendizagem, o processo não pode se limitar à interação entre professores e alunos, caso contrário, os alunos podem ser apenas repetidores das informações fornecidas pelos professores.

As interações aluno-aluno, na aprendizagem do trabalho em grupo, facilitam relações mais produtivas entre eles, caracterizadas pela empatia, atenção, cortesia, respeito mútuo e senso de cooperação e ajuda mútua. Trabalhar com conteúdos científicos diversos em sala de aula, a partir de um assunto diretamente relacionado à realidade de fundo do aluno, pode ter todo o impacto na construção real do conhecimento que ele deseja. Todo o conhecimento que o aluno possui deve ser valorizado e ele deve ser incentivado a estender esse conhecimento em seu trabalho de mentoria em sala de aula.

O perfil dos alunos tanto do Ensino Fundamental como também do Ensino Médio mudou bastante, principalmente devido ao advento de novas tecnologias que, por sua vez, vem chamando a atenção dos jovens, o que acaba trazendo dificuldades de concentração nas aulas que ocorrem nas salas de aula.

Pensando nisso, Bueno e Kovaliczn (2018), afirmam que a teoria e prática andam lado a lado no ensino de ciências, assim como o conhecimento científico e o senso comum. Utilizar aulas práticas é uma boa estratégia no ensino/aprendizagem, porém as realizações das mesmas devem estar relacionadas à realidade do aluno.

Essas articulações são de suma importância, uma vez que a disciplina de ciências é entendida como uma ciência experimental, de comprovação científica, articulada as hipóteses teóricas, e assim, a ideia de realizar experimentos é difundida como uma grande estratégia didática para o seu ensino.

As aulas laboratoriais são essenciais para uma aprendizagem mais significativa, permitindo que os conceitos de ciências sejam conectados ao dia a dia dos alunos. De acordo com as diretrizes curriculares nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2004, p. 109), espera-se que a Química seja valorizada no Ensino Médio como ferramenta cultural básica para a formação humana.

(WARTHA; ALÁRIO, 2005) e (CHASSOT *et al.*, 1993) argumentaram que a Química contextualizada tem uma certa utilidade para os cidadãos e, portanto, a aplicação do conhecimento químico é muito útil para a compreensão de determinados fenômenos. Assim, ensinar Química de forma contextualizada seria "abrir as janelas da sala de aula para o mundo, facilitando a relação entre o que se aprende e o que é necessário para a vida" (CHASSOT *et al.*, 1993, p. 50).

Porém, o conhecimento químico pode ser apresentado de três formas: fenomenológica, onde existem postos-chave relacionados ao conhecimento e podem ser apresentados com visualização, análise e determinação concretas; teórica, onde temos explicações baseadas em modelos de átomos, íons, etc., que é necessário para explicar o fenômeno; e representativo, que inclui dados pertencentes à linguagem das características químicas, como fórmulas, equações (JOHNSTONE, 1982).

Daí a importância da experimentação, como forma de fazer as ligações entre os três níveis de abordagem em que o conhecimento químico é expresso. De acordo com Oliveira (2010), a Experimentação apresenta algumas contribuições tais como:

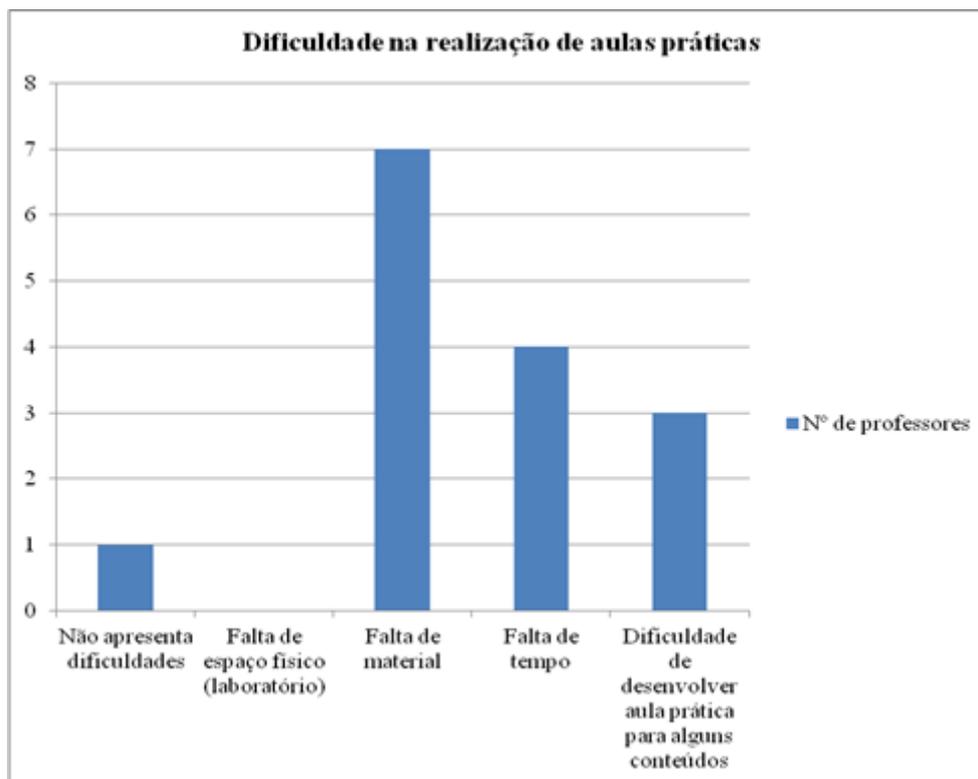
- Motivar e despertar a atenção dos alunos.
- Desenvolver trabalhos em grupo.

- Iniciativa e tomada de decisões.
- Estimular a criatividade.
- Aprimorar a capacidade de observação e registro.
- Analisar dados e propor hipóteses para os fenômenos.
- Aprender conceitos científicos.
- Detectar e corrigir erros conceituais dos alunos.
- Compreender a natureza da ciência.
- Compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.
- Aprimorar habilidades manipulativas.

No entanto, as atividades tradicionais realizadas em laboratórios por grupos de alunos orientados por professores apresentam dificuldades em seu desempenho, que vão desde a falta de equipamentos até a falta de instrução instrucional adequada (CABRAL, 2012). Os principais motivos indicados pelos professores são a inexistência de laboratórios, ou mesmo a presença deles na ausência de recursos para manutenção, além da falta de tempo para preparação das aulas (GONÇALVES, 2005).

Com isso, ao realizar uma pesquisa acerca da importância do laboratório para a realização de aulas experimentais de Química, (LUCHESE, 2013), nos mostra no gráfico abaixo algumas das dificuldades na realização de aulas práticas e consideram que a frequência reduzida de aulas práticas realizadas durante o ano letivo se remetem muitas vezes a falta de material, falta de tempo, dificuldade de desenvolver aula prática para alguns conteúdos e a falta de espaço físico (laboratório).

Figura 1 - Gráfico sobre dificuldades na realização de aulas práticas



Fonte: Luchese (2013)

Com isso, vemos no gráfico que a falta de recurso é um dos maiores problemas, visto que muitas vezes a escola não tem os materiais suficiente e fica difícil para muitos professores também arcar com os mesmos, mesmo havendo materiais alternativos de baixo custo muitas vezes as turmas são grandes e no final o orçamento fica alto tornando difícil a compra de materiais e conseqüentemente a prática de experimentos em sala.

2.3 Interdisciplinaridade entre a Química e a Educação Ambiental

Segundo Pombo (2008) a interdisciplinaridade:

É um conceito que invocamos sempre que nos confrontamos com os limites do nosso território de conhecimento, sempre que topamos com uma nova disciplina cujo lugar não está ainda traçado no grande mapa dos saberes, sempre que nos defrontamos com um daqueles problemas imensos cujo princípio de solução sabemos exigir o concurso de múltiplas e diferentes perspectivas.

Levando-nos a refletir que, em algumas situações, o conhecimento de determinada ciência necessita de outra para que questionamentos possam ser respondidos e embasados. E, para serem respondidos e solucionados problemas ambientais abordados pela Educação Ambiental, a Química aparece como uma aliada para essa interação, ocorrendo assim à necessidade da interdisciplinaridade, pois, segundo Fazenda (2011, p. 73) a interdisciplinaridade é caracterizada pelo enriquecimento entre as disciplinas. Esse fato também foi defendido por (SANTOMÉ, 1998, p. 73) que diz que a interdisciplinaridade “[...] estabelece uma interação entre duas ou mais disciplinas, o que resultará em intercomunicação e enriquecimento recíproco”.

Outro ponto é que a interdisciplinaridade também é caracterizada “[...] pelo grau de interação real entre as disciplinas no interior de um mesmo projeto” (FAZENDA, 2011 p. 51), sendo assim é necessária uma coesão entre as disciplinas para que um objetivo final seja alcançado na elucidação de problemas e na construção de projetos.

Sendo assim, a interdisciplinaridade entre a Química e a Educação Ambiental, segue o que sugere na busca da formação da consciência do indivíduo para o uso dos recursos naturais de forma consciente (BNCC, 2017; CARVALHO, 2011).

2.4 Corantes

Segundo (Brasil, 1977), na resolução nº 44 corantes são “substâncias que possuem a propriedade de conferir ou intensificar coloração”.

A utilização de corantes por humanos já vem de longas datas, com registros datados a mais de 4000 anos (LUCARINI *et al.*, 2017), com o primeiro corante conhecido sendo o Negro de fumo (*Carbon Black*) (PINTO, 2012). Já os primeiros registros de corantes sintéticos foram os do Azul Egípcio, que eram feitos com esmagamento de sal e areia. Era acrescido ao composto formado por pedras calcárias pulverizadas e cobre. Ao aquecer, essa mistura formava uma cobertura azul brilhante (PINTO, 2012). A produção de corantes em larga escala remonta a 1861, sendo que hoje, são produzidos mais de 34.500 corantes e pigmentos (ZANONI; YAMANAKA, 2016).

Brasil (1977) classifica os corantes como orgânicos natural, orgânicos sintéticos, artificiais, orgânicos sintéticos idêntico ao natural, inorgânicos e caramelo (processo amônia), podendo ser usados para aferir cor em diversas áreas, como no setor têxtil, alimentício e de beleza (cabelo).

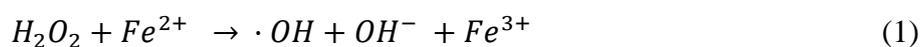
Uma das grandes preocupações quanto ao uso do corante está no descarte dos rejeitos gerados durante a utilização do mesmo, sendo a indústria têxtil uma das maiores geradoras de efluentes líquidos (ZANONI; YAMANAKA, 2016). Segundo Zanoni e Yamanaka (2016), para tingir 1 Kg de algodão são necessários 200 L de água e é estimado que no mundo são lançadas 280 mil toneladas de corantes têxteis em efluentes todos os anos em todo o mundo (JIN *et al.*, 2007; SARATELE *et al.* 2011). As principais técnicas aplicadas para tratamentos desses efluentes são a floculação, coagulação Química, sedimentação simples, lagoas de aeração, lodo ativado, filtros biológicos, osmose reversa e eletrólise, mas não sendo capaz de remover todos os tipos de corantes utilizados na indústria (ZANONI; YAMANAKA, 2016). Uma alternativa bastante disseminada e estudada para tratamentos de efluentes com corantes são os POAs (Processo de Oxidação Avançado) que geram subprodutos com teor de toxicidade significativamente menor (ZANONI; YAMANAKA, 2016).

2.5 POA (Processo de Oxidação Avançada)

Os processos de oxidação avançado (POA) são realizados através da geração de radicais livres hidroperoxil ($\text{HO}_2\cdot$), superóxidos ($\cdot\text{O}_2^-$) e hidroxílicos ($\cdot\text{OH}$) que promovem a degradação de poluentes (SILVA, 2018). Estes poluentes são transformados em dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O) e íons orgânicos (SILVA, 2018).

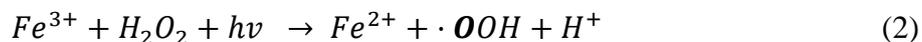
Os POAs podem ser classificados como heterogêneo e homogêneo (DUQUE, 2022). Os heterogêneos utilizam catalisadores sólidos como nanomateriais semicondutores que possuem um ganho de eficiência de oxidação quando exposto à radiação ultravioleta (UV) (SHAFAEI *et al.*, 2010). No homogêneo os processos de oxidação utilizam catalisadores dissolvidos no próprio efluente, podendo ser destacado o sistema Fenton (NAVARRO *et al.*, 2017).

O Fenton é um processo que utiliza íons Fe^{2+} como catalisador e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) como oxidante (CAVALCANTI *et al.*, 2021). O H_2O_2 formam radicais hidroxilas através de sua decomposição provocada pelos íons de Fe^{2+} como mostrado na equação 1 (CAVALCANTI *et al.*, 2021):



O íon Fe^{2+} é mais ativo que o íon Fe^{3+} como radical que promove o processo de oxidação. Esse processo é melhorado através da adição da radiação UV ao sistema, formando o sistema

foto-Fenton, aumentando a taxa de regeneração dos íons de Fe^{3+} para o íon Fe^{2+} , conforme indicado na equação 2 (SILVA *et al.*, 2021; CAVALCANTI *et al.*, 2021):



Os POAs estão sendo bastante utilizados em estudos de degradação de corantes, onde foram obtidos resultados exitosos tanto com sistemas heterogêneos como com homogêneos. Santiago (2021) degradou o corante azul de metileno presente em uma solução à $1 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$, utilizando processo de degradação heterogêneo através de nanopartículas de ZnO dopadas com Ce^+ . O mesmo conseguiu a degradação completa do corante em 15 minutos quando exposto a solução com catalisador de radiação UV. Silva *et al.* (2021) removeram a coloração de soluções com corante Reactive Black 5 (RB5) com concentrações de 25, 50, 100 mg.L^{-1} utilizando processo de POA homogêneo. Utilizaram como catalisador da oxidação avançada Fe^{2+} submetido à radiação UV. Também expuseram as soluções do corante a um processo de oxidação avançada por foto-Fenton. Como resultados conseguiram remover utilizando H_2O_2 na maior concentração de corante próximo a 45% e na menor concentração de corante próximo de 80%. Utilizando o Foto-Fenton, obteve o melhor resultado na concentração de 50 mg.L^{-1} do corante na solução, chegando a reduzir a coloração em mais de 90 min em 5 min.

Os resultados citados mostram que os dois métodos são bastante eficientes para remoção de corantes em solução, indicando que o POA acelera o processo da redução de cor que ocorreria naturalmente.

Como o processo de oxidação avançada se dá por uma Cinética Química de primeira ordem, é possível a utilização do mesmo para a comprovação de um processo cinético de uma reação durante uma aula, tornando assim uma importante demonstração visual do fato ocorrido e do método de aceleração da reação de degradação do composto orgânico, utilizando principalmente corantes para essa prova. Essa ferramenta foi proposta também por Pitanga *et al.* (2017) que utilizou o procedimento foton-Fenton para degradação azul de metileno e amarelo de tartrazina durante uma elucidação em sala de aula, mostrando assim que essa ferramenta pode ser aplicada em aulas expositivas com demonstração prática da Cinética Química.

2.6 Espectroscopia na região do UV-Visível

Como resultado analítico da remoção de compostos fornecedores de cores de uma solução e também dos estudos utilizando POA, pode-se usar a espectroscopia do UV-Visível.

A espectroscopia do UV-Visível é uma técnica que é baseada na absorção de luz. Toma como base a lei de Beer-Lambert que determina a atenuação de um composto relacionando a intensidade transmitida de um feixe de radiação eletromagnética pelo feixe incidente ao passar por um meio absorvente (MARTINHO, 1994).

O equipamento que utiliza essa técnica é o espectrofotômetro da região do UV-Visível, onde, ao ser emitida a luz na amostra, verificada o comprimento de onda absorvido através de um detector, e informada por gráficos (MARTINHO, 1994).

3 METODOLOGIA

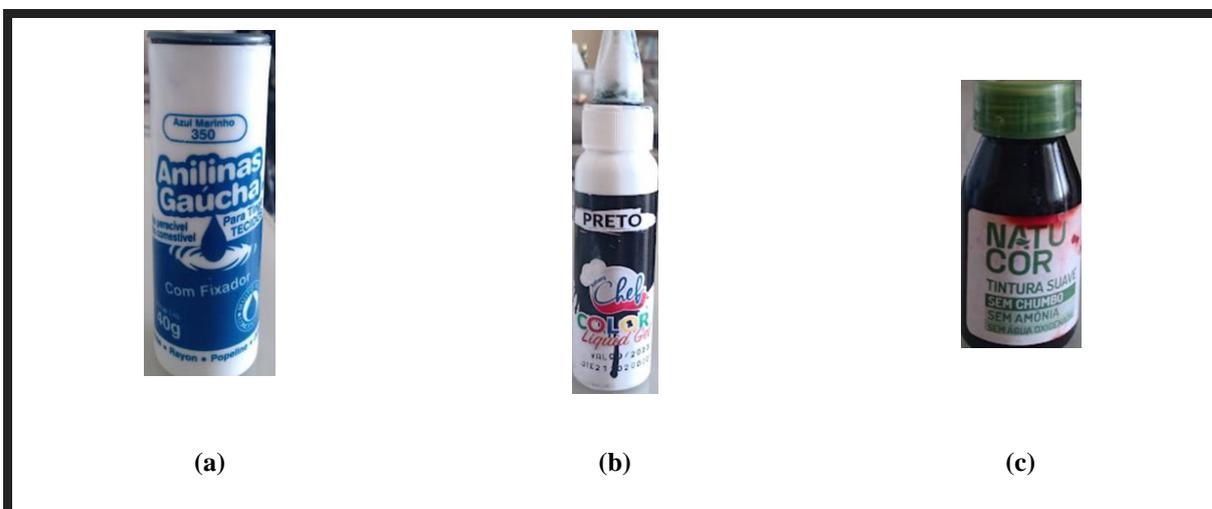
Esse trabalho é uma pesquisa qualitativa, onde, através de experimentos, foi avaliada a viabilidade da utilização do Processo de Oxidação Avançada (POA) em uma sala de aula para o ensino de Cinética Química, focando principalmente na ação do catalisador, dentro da perspectiva da Educação Ambiental. Foi utilizada uma técnica de POA para o experimento, foto-Fenton. Como materiais a serem degradados (oxidados), utilizaram-se corante de cabelo, corante alimentício e corante de tecido. Como agentes degradantes foram utilizadas a radiação solar e peróxido de hidrogênio. Comprimidos de bisglicinato ferroso foram usados como fonte dos íons ferrosos, catalisadores do processo Fenton.

Para o experimento foram realizadas soluções de corante de tecido com concentração de 6 g/L, de corante de cabelo com concentração de 0,4 g/L e, para o corante alimentício, por está na forma líquida, foi usado 1 gota (0,05 ml) para 50 ml.

3.1 Corantes utilizados

Foi usado como corante para a pesquisa a Anilina Gaúcha (Figura 2a), que é um corante para tingir tecidos, de cor azul marinho em forma de pó. Outro corante utilizado foi o corante Iceberg Chef (Figura 2b), de cor preta, que é utilizado como corante alimentício que está na forma líquida. Também foi utilizado para o experimento o NatuCor que é um corante para cabelo da cor vermelho cereja que está em forma de pó (Figura 2c).

Figura 2 - Corantes utilizados para preparação de soluções



Fonte: O autor (2022)

Foram preparadas soluções dos corantes para serem utilizados para o experimento.

3.1.1 Solução do corante para tecido

Foram colocados 300 mg do corante para tecido em um béquer e, dissolvido em água destilada com agitação manual. Após a dissolução do pó, foi transferido para um balão volumétrico de 50 ml para completar o volume com água destilada.

3.1.2 Solução do corante alimentício

Foi colocada uma gota do corante alimentício em um béquer e dissolvida em água destilada com agitação manual. A solução formada foi transferida para um balão volumétrico de 50 ml para completar o volume.

3.1.3 Solução do corante para cabelo

Foram colocados 20 mg do corante para cabelo em um béquer e dissolvido em água destilada com agitação manual. Após a dissolução do pó, foi deixado decantar por um tempo para separar possível corpo de fundo. A solução foi transferida para um balão volumétrico de 50 ml para completar o volume.

3.2 Ferro

Como fonte de ferro para realização do POA, foi usado comprimido de bisglicinato ferroso ($\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_4\text{NO}_2)_2$), com peso molecular de $203,97 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, que equivale a 100 mg de ferro II. O comprimido, da marca Neutrofer, é composto por 500 mg de bisglicinato ferroso.

3.2.1 Solução de bisglicinato ferroso

Foi colocado o comprimido de bisglicinato ferroso em um béquer e dissolvido em água destilada. Após a completa dissolução foi concluída a solução em um balão volumétrico de 50 ml.

3.3 Peróxido de Hidrogênio

Utilizou-se para o processo de POA o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em solução. A água oxigenada, da Uniphar, possui em sua composição 3% de peróxido de hidrogênio e 97% de água (H_2O).

3.4 Ensaio de Fotodegradação

Para iniciar o processo de fotodegradação, foram colocados 8 mL em 4 tubos de ensaios para os 3 tipos de corantes, que ficaram expostos à radiação solar. Para os 3 tipos de corantes, o tubo de ensaio 1 ficou com os 8 mL da solução inicial. No tubo de ensaio 2, além dos 8 ml da solução inicial, acrescenta-se mais 1 ml da solução de bisglicinato ferroso. No tubo de ensaio 3, além dos 8 ml da solução inicial, acrescenta-se mais 1 ml de peróxido de hidrogênio e no tubo de ensaio 4, além dos 8 ml da solução inicial, acrescenta-se mais 1 ml da solução de bisglicinato ferroso e 1 ml de peróxido de hidrogênio, conforme indicado o Quadro 2.

Quadro 2 - Tubos de ensaios e suas soluções respectivamente

tubo de ensaio 1	8ml Solução corante
tubo de ensaio 2	8ml Sol. corante + 1ml Sol. bisglicinato ferroso
tubo de ensaio 3	8ml Sol. corante + 1ml Sol. peróxido de hidrogênio
tubo de ensaio 4	8ml Sol. corante + 1ml Sol. peróxido de hidrogênio + 1ml Sol. bisglicinato ferroso

Fonte: O autor (2023)

Abaixo temos a imagem dos tubos de ensaio e os corantes que foram utilizados nos experimentos.

Figura 3 - Tubos de ensaio com solução dos corantes



Fonte: O autor (2022)

Durante as exposições foram registradas as imagens para acompanhar a evolução da diminuição da cor das soluções com o tempo.

Também foram realizadas análises através de espectrometria de absorção molecular do UV-visível para constatação da descoloração das amostras. Essas análises foram realizadas nas dependências do IFPE *Campus* Ipojuca, utilizando o Espectrofotômetro Thermo Scientific EVO 60 na região de 400-700nm.

Também foram realizados os experimentos com materiais alternativos como balança de cozinha, copos descartáveis, água potável e copo medidor, conforme indicado na figura 4.

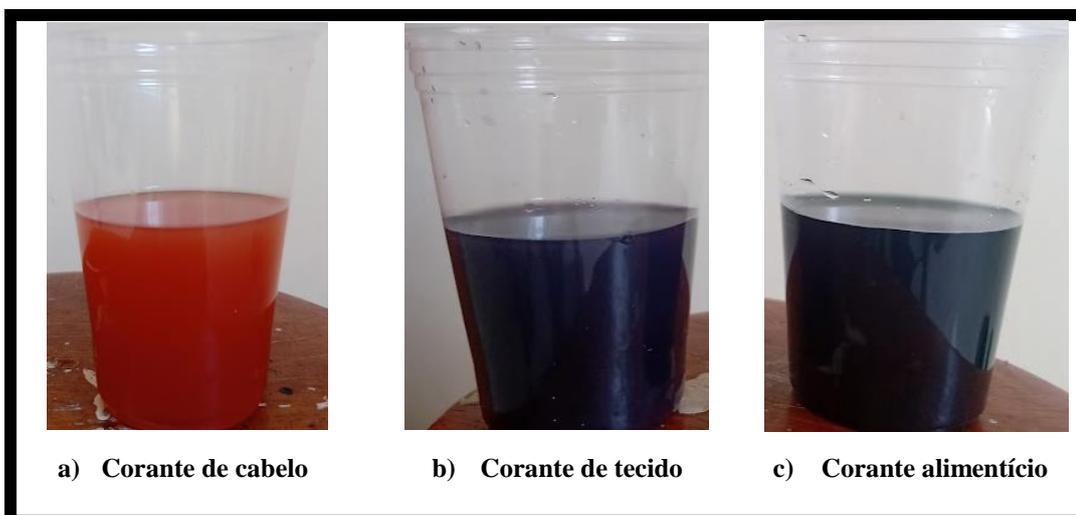
Figura 4 - Materiais alternativos para construção do experimento



Fonte: O autor (2022)

Para melhor visualização no copo descartável, o experimento foi realizado utilizando 100 ml de solução de corante, 12,5 ml da solução de bisglicinato ferroso e 12,5 ml de peróxido de hidrogênio, conforme mostrado na figura 5.

Figura 5 - Soluções iniciais dos corantes de cabelo, tecido e alimentício



Fonte: O autor (2022)

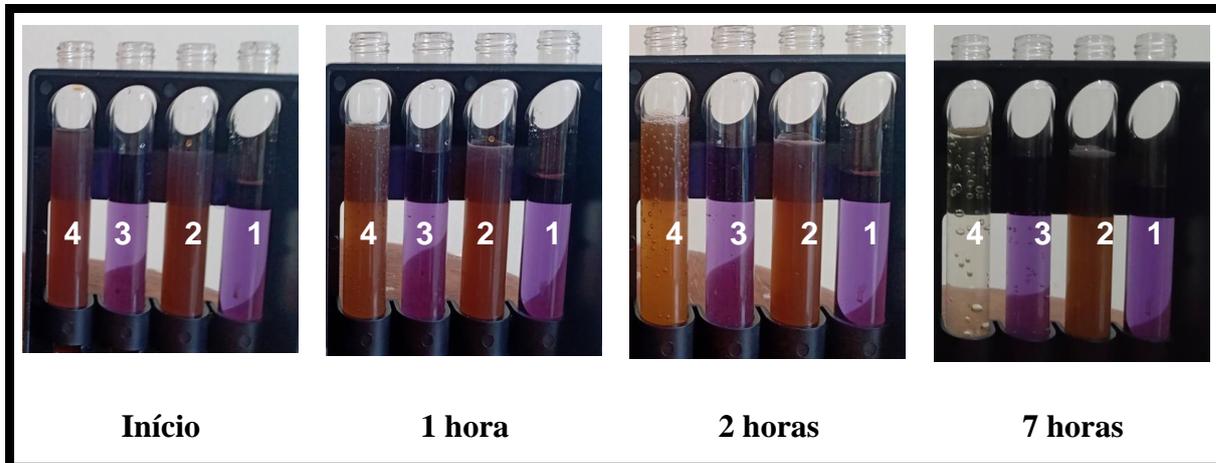
As soluções dos corantes foram preparadas medindo o peso dos corantes que estiverem em formato de pó com a mini balança digital B-Max que mede de 0,1g a 500g e o volume da água medido pelo copo medidor de até 15 ml.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Fotodegradação dos corantes

Após 1 hora de exposição dos tubos de ensaio com a solução de corante de tecido à radiação solar, foi verificado o início da descoloração no tubo de ensaio 4 com solução de corante de tecido de forma mais acelerada quando comparado com os outros tubos de ensaio, indicando assim o início do processo Foto-Fenton neste tubo como mostrado na figura 6.

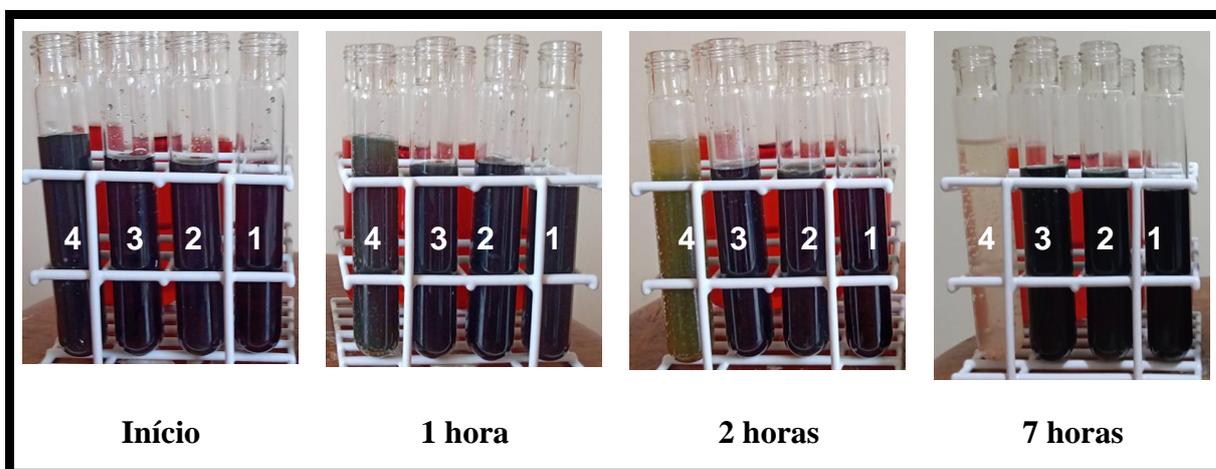
Figura 6 - Tubos de ensaio com solução de corante para tecido durante as 7 horas de exposição à radiação solar



Fonte: O autor (2022)

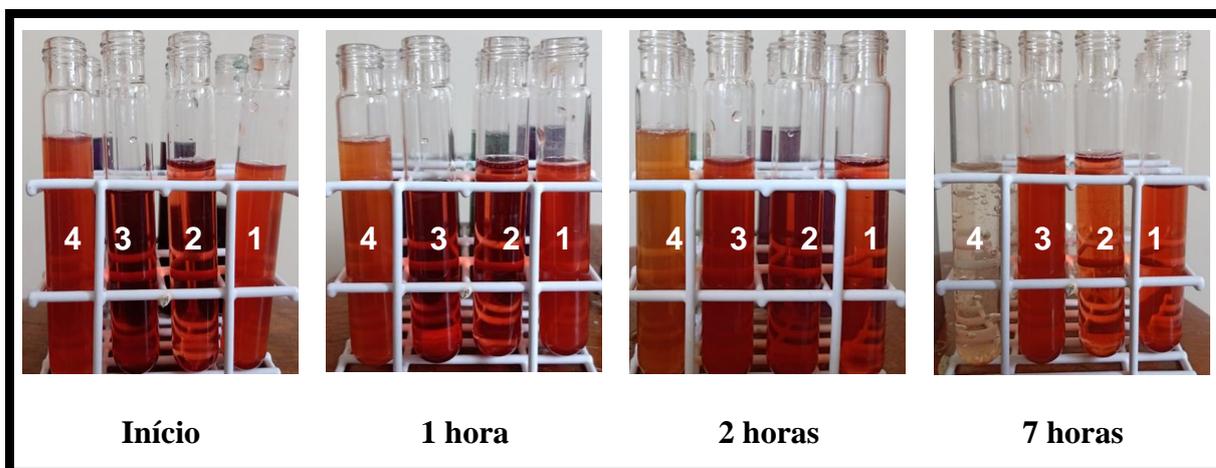
Esse processo seguiu sendo observado em um intervalo de 07 horas do início do processo de fotodegradação como mostrado na figura 6. O mesmo procedimento foi repetido para o corante alimentício e o corante para cabelo, como mostra a figura 7 e a figura 8.

Figura 7 - Tubos de ensaio com solução de corante alimentício durante as 7 horas de exposição à radiação solar



Fonte: O autor (2022)

Figura 8 - Tubos de ensaio com solução de corante alimentício durante as 7 horas de exposição à radiação solar



Fonte: O autor (2022)

Como pode ser visto nas figuras 6, 7 e 8, houve a descoloração das soluções quando o corante estava em contato com o peróxido de hidrogênio e o bisglicinato ferroso (tubo 4). Isso indica que houve o processo de oxidação dos compostos que forneciam cor à solução de corante de tecido. Foi observado também que o corante de cabelo apresentou maior dificuldade na degradação dos compostos fornecedores de cores, no período de até 2 horas, quando comparado com os outros corantes. Não se observou mudança perceptível de coloração no tubo 2, onde o corante estava em contato apenas com bisglicinato ferroso, nem no tubo 3, contendo apenas o

corante e o peróxido de hidrogênio. Esse resultado demonstra a importância do catalisador (íons ferrosos) no processo de geração dos radicais livres a partir do peróxido de hidrogênio.

O tempo para descoloração poderia ser reduzido utilizando outros métodos de POA, outras fontes de luz, concentração e corantes diferentes como foi observado por Santiago (2021), que utilizou um reator com lâmpadas UV para descolorir solução de azul de metileno utilizando fotocatalisador de ZnO (Óxido de zinco) e ZnO dopado com Ce^{2+} (Cério), conseguindo descolorir a solução de $0,00001 \text{ mol.L}^{-1}$ em 15 minutos. Já Silva *et al.* (2021) também utilizou um reator de lâmpadas UV utilizando peças recicláveis e de baixo custo para descolorir efluentes têxteis altamente coloridos por azo-compostos com concentração de 25 mg.L^{-1} . Deste modo, utilizando o processo Foto-Fenton, a solução foi descolorida em 10 min, indicando que poderia ser diminuído o tempo de descoloração com a utilização de reatores UV.

Também foi realizada uma verificação visual aplicando 1 ml de vinagre caseiro, nas soluções de corantes alimentício, de cabelo e de tecido com o bisglicinato ferroso e o peróxido de hidrogênio. Foram verificados os efeitos do sistema foto-Fenton na descoloração com o pH da solução em aproximadamente 4,0. As análises foram realizadas durante o período de 7 horas como indicado na figura 9, sendo o tubo de ensaio número 1 com solução de corante para tecido, o tubo de ensaio número 2 com solução de corante alimentício e o tubo de ensaio número 3 com corante para cabelo.

Figura 9 - Tubos de ensaio com soluções de corante para tecido, corante alimentício e corante para cabelo, com bisglicinato ferroso, peróxido de hidrogênio e vinagre no momento inicial de exposição à radiação solar

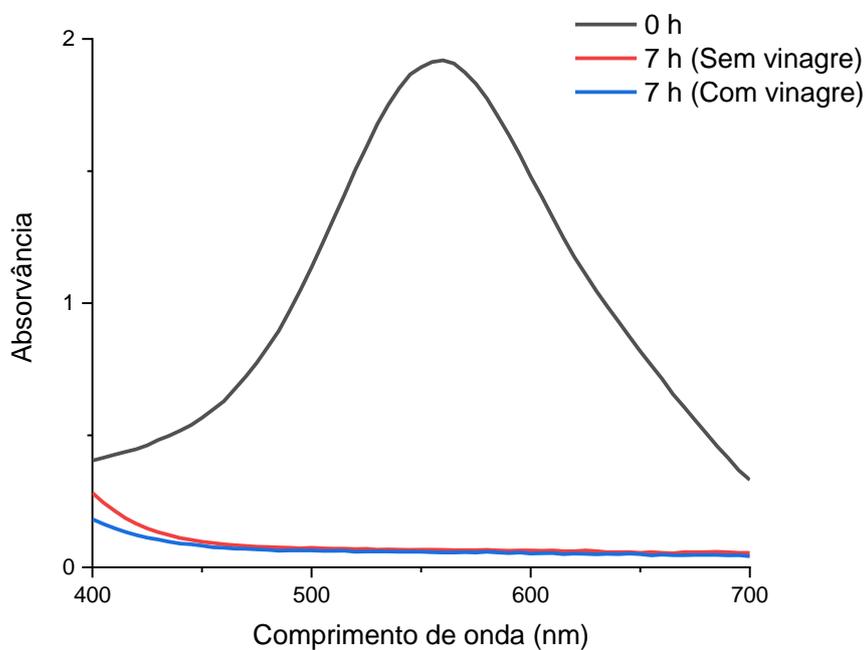


Fonte: O autor (2022)

Pode-se verificar que mesmo modificando o pH da solução, obtivemos o mesmo resultado quanto à descoloração, assim como também é observada uma diminuição da coloração em todos os corantes durante as 7 horas de exposição à radiação solar.

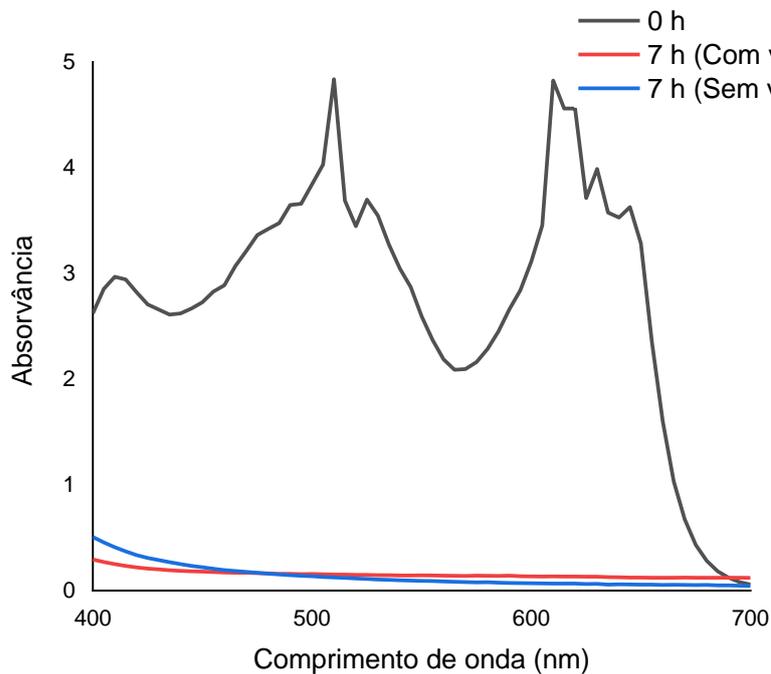
Além da observação visual, também foram analisadas as amostras do processo de descoloração através da utilização da espectroscopia do UV-Visível para confirmação da descoloração, obtendo-se assim as figuras 10, 11 e 12.

Figura 10 - Espectro do UV-Visível da fotodegradação do corante de tecido



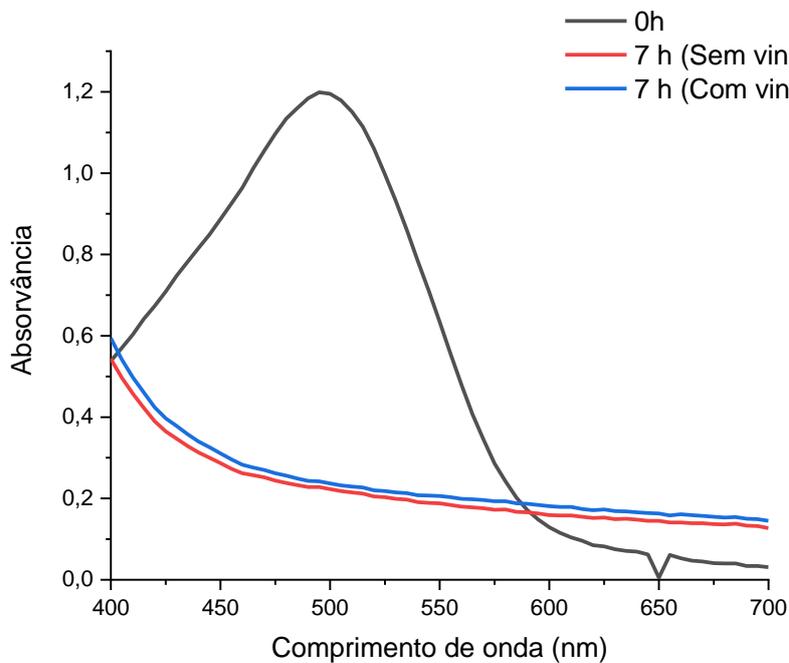
Fonte: O autor (2022)

Figura 11 - Espectro do UV-Visível da fotodegradação do corante alimentício



Fonte: O autor (2022)

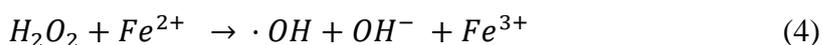
Figura 12 - Espectro do UV-Visível da fotodegradação do corante de cabelo



Fonte: O autor (2022)

Através da análise da espectroscopia de absorção do UV-visível, constatamos o desaparecimento dos picos de absorção molecular na faixa visível, corroborando a degradação dos compostos que conferem cor as soluções, quando comparadas as soluções iniciais, tanto com vinagre, quanto sem vinagre, indicando assim que o processo foto-Fenton é eficiente para realizar a degradação dos corantes estudados. Também é possível observar através do resultado da espectroscopia do UV-Visível que as soluções que possuíam vinagre obtiveram rendimento próximo às das soluções que não possuíam vinagre como observado visualmente.

A degradação dos corantes ocorreu devido à formação dos radicais hidroxílicos ($\cdot OH$), formados por um processo chamado peroxidação induzida por UV (UV/ H_2O_2), que é ação direta da luz solar sobre o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), além de serem formados pelos os íons de Fe^{3+} interagindo com a luz como indicados nas equações 3 e 4 (SILVA *et al.*, 2021):



Esses radicais hidroxílicos, que são fortes oxidantes, reagem com os compostos que fornecem cor aos corantes realizando a degradação conforme indicado na equação 5 (SILVA *et al.*, 2021; Santiago, 2021):



Isso é importante principalmente para as questões ambientais, pois diminuiria o descarte de dejetos com corantes para o meio ambiente.

Como verificado, há a degradação dos compostos que fornecem cores às soluções através do foto-Fenton, indicando assim que se desenvolve uma Cinética Química catalisada pelos íons ferrosos. Sem o catalisador, apenas com o agente oxidante, praticamente não se observou mudança de coloração das soluções, como pode ser observado nos tubos de ensaio 3 das Figuras 6,7 e 8.

Como verificado nas figuras 6, 7, 8 e 9, após 1 hora, já é observada a reação de descoloração dos corantes da solução, o que é intensificada após 2 horas. Com esse tempo, o experimento poderia ser aplicado durante uma aula de 50 min, bem como também, em uma aula

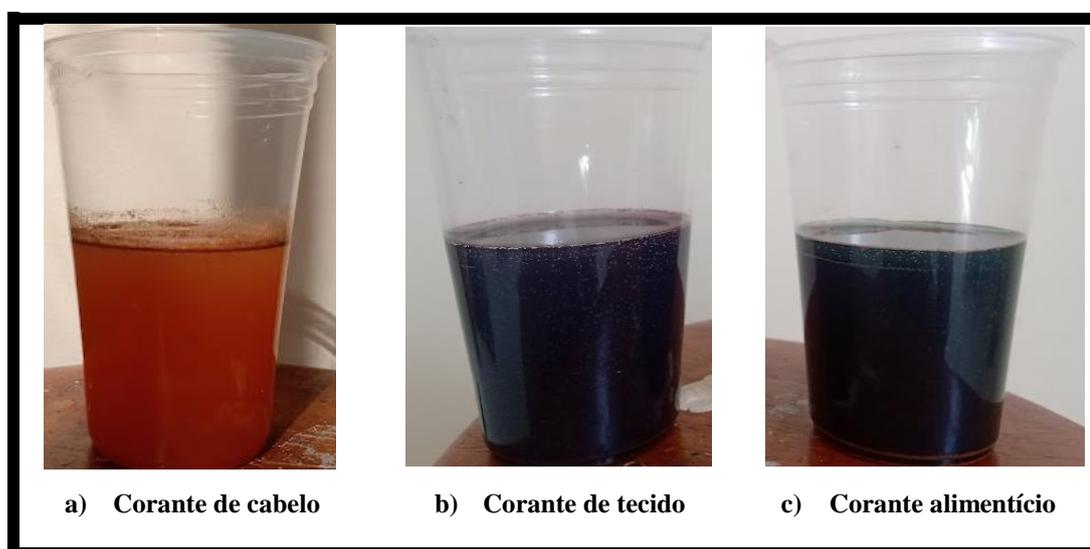
conjugada de 100 min, podendo assim demonstrar um processo de Cinética Química durante o início do processo de descoloração das soluções.

Os três corantes se mostraram bastantes suscetíveis ao processo de degradação por foto-Fenton, o que facilita a preparação dos experimentos, já que são corantes de fácil acesso à compra. Além dos corantes, o bisglicinato ferroso e o peróxido de hidrogênio também são de fácil aquisição.

O experimento pode ser utilizado durante uma demonstração em aulas sequenciais de um dia para o outro, principalmente em turmas noturnas, iniciando a demonstração em um dia, e, no próximo dia, verificar como estão as soluções sem o foto-Fenton e com o foto-Fenton. Para demonstração, será necessária uma preparação das soluções antes da aula.

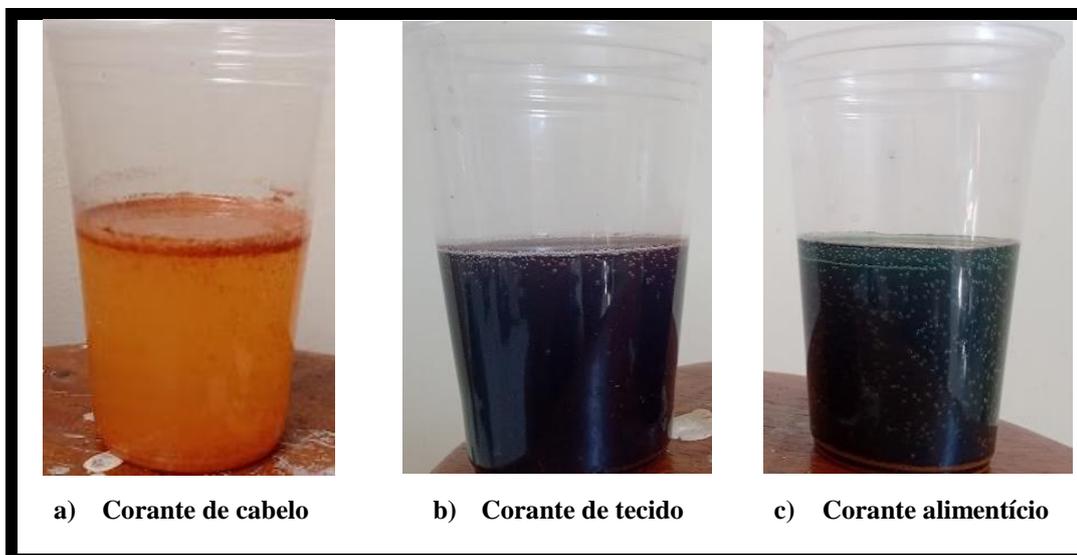
Para o caso em que as escolas não possuam laboratórios e equipamentos, foi realizada a experimentação com materiais alternativos, obtendo os resultados indicados nas figuras 13, 14 e 15.

Figura 13 - Soluções dos corantes de cabelo, tecido e alimentício após 1 hora de exposição à radiação solar



Fonte: O autor (2022)

Figura 14 - Soluções dos corantes de cabelo, tecido e alimentício após 2 horas de exposição à radiação solar



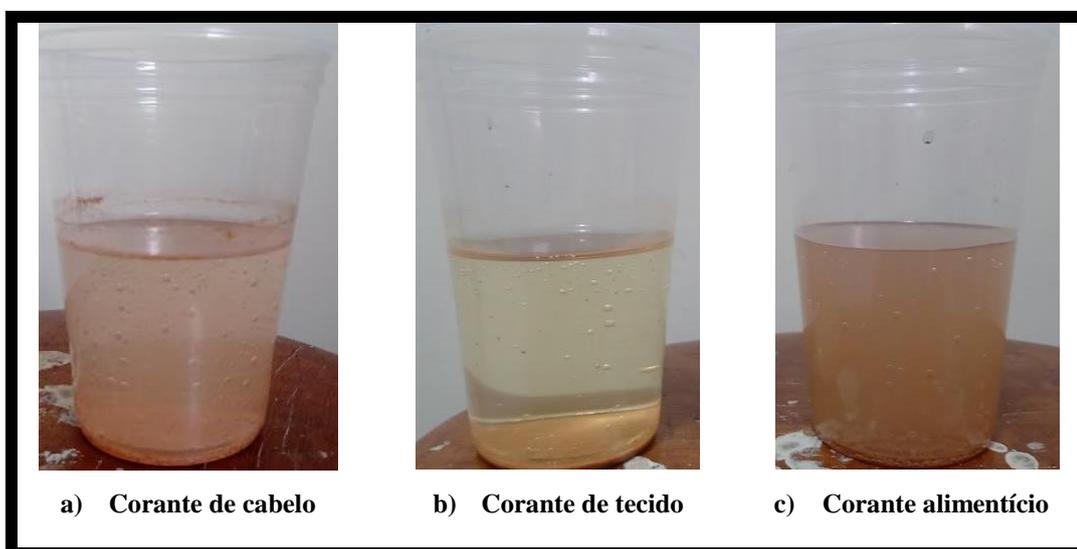
a) Corante de cabelo

b) Corante de tecido

c) Corante alimentício

Fonte: O autor (2022)

Figura 15 - Soluções dos corantes de cabelo, tecido e alimentício após 7 horas de exposição à radiação solar



a) Corante de cabelo

b) Corante de tecido

c) Corante alimentício

Fonte: O autor (2022)

Pode-se observar que, mesmo com materiais alternativos, houve a descoloração dos componentes que fornecem cores às soluções como verificado também nos resultados obtidos com o uso dos tubos de ensaio. Então, o experimento pode ser executado em escolas onde não

há a presença de laboratórios, cumprindo então, as habilidades solicitadas pela BNCC para o conteúdo de Cinética Química e cumprindo o que pede a Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999.

Para aplicação em aula, foi proposto uma sequência didática (anexo 1), onde é descrito uma sugestão de aulas com a aplicação do experimento, indicando assim uma possível aplicação em sala de aula.

5 CONSIDERAÇÕES

De modo geral, realizamos o processo de oxidação avançada em corante de tecido, alimentício e de cabelo, utilizando o processo foto-Fenton, descolorindo as soluções e realizando a degradação dos compostos que fornecem cor. Os resultados dos ensaios demonstraram a ação crucial dos íons ferrosos como catalisadores na degradação dos corantes. Dessa forma os experimentos desenvolvidos neste trabalho poderiam contribuir consideravelmente no processo de ensino-aprendizado da Cinética Química em uma abordagem mais prática. Adicionalmente, a aplicação de experimentos simples de POA na degradação de corantes, pode contribuir para desmistificar a imagem que muitos estudantes têm da Química como ciência abstrata, ao demonstrar a aplicação prática desta ciência na preservação do meio ambiente.

Para utilização em aulas diurnas, os três corantes se mostraram bastante promissores e apresentaram comportamento parecido durante o processo de degradação utilizando o foto-Fenton, pois, em 2 horas, já foi possível ver diferenças nas soluções quando comparado com a inicial. Para aplicação do experimento em aulas noturnas, o experimento poderá ser aplicado, mas sem efeito imediato da reação, já que se faz necessário a luz solar para que haja a aceleração da reação. Então os resultados podem ser mostrados em aulas sequenciais de um dia para o outro.

Sendo assim, o experimento proposto de fotodegradação utilizando qualquer um dos três corantes pode ser aplicado em aula como demonstração experimental do processo de Cinética Química de uma reação e, também, devido ao seu poder de descoloração, uma ferramenta para tratamentos de efluentes líquidos com os corantes estudados, envolvendo a Química com a Educação Ambiental.

Também foi possível verificar que os experimentos podem ser realizados com materiais alternativos, indicando que podem ser realizados em qualquer escola, mesmo que não existam ferramentas ou laboratório de Química na instituição de ensino.

REFERENCIAS

ARRIGO, Viviane; ALEXANDRE, Mara Cristina Lalli; ASSAI, Natany Dayani de Souza. O ensino de Química e a Educação Ambiental: uma proposta para trabalhar conteúdos de pilhas e baterias. **Experiências em Ensino de Ciências**, Londrina, Pr, v. 13, n. 5, p. 306-325, out. 2018. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID541/v13_n5_a2018.pdf. Acesso em: 04 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: ensino médio. Brasil: Ministério da Educação, 2017. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79611-anexo-texto-bncc-aprovado-em-15-12-17-pdf&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 12 dez. 2021.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Lei nº 9394, 20 de dezembro de 1996**. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>. Acesso em: 14 de nov. 2022.

BRASIL. **Lei no 9.795, de 27 de Abril de 1999**. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 04 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino: Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias**. 2006. v. 2, p. 26. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 12 set. 2022.

BRASIL. **Resolução nº 44, de 25 de novembro de 1977**. Brasília, DF. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnpa/1977/res0044_00_00_1977.html. Acesso em: 25 set. 2022.

Bueno, Regina de S. M.; Kovaliczn, Rosilda A. **O Ensino de Ciências e as dificuldades das atividades experimentais**. 2018. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/23-4.pdf>. Acesso em: 14 de set. 2022.

CABRAL, J. R. R.. Atividades experimentais: demonstrações e principais referenciais teóricos. São João Del Rei: UFSJ 2012. Disponível em: https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/pibidfisica/Trabalhos%20sobre%20Revisao/Jessica_Regina_-_201412_-_Revisao_bibliografica_-_atividades_experimentais.pdf. Acesso em: 15 de jun. 2022.

CALVACANTE, Rosângela Silva. **Esgoto não é lixo: um pensar reflexivo a cerca de resíduos sólidos presentes nos esgotos**. 2014. 57 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/22867/2/MD_GAMUNI_2014_2_64.pdf. Acesso em: 05 abr. 2022.

CAVALCANTI, Jorge Vinicius Fernandes Lima; FRAGA, Tiago José Marques; LIMA, Valmir Félix de; SILVA, Daniella Fartes dos Santos e; LEITE, Mirella de Andrade Loureiro;

NASCIMENTO, Clístenes Williams Araújo do; SCHULER, Alexandre Ricardo Pereira; MOTTA SOBRINHO, Maurício Alves da. Advanced Oxidation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils Contaminated with Diesel Oil at Pilot-Scale. **Chemical Engineering & Technology**, [S.l.], v. 44, n. 3, p. 503-512, jan. 2021. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1002/ceat.202000244>. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ceat.202000244>. Acesso em: 16 jan. 2023.

CAMPELLO, B. S. **A escolarização da competência informacional. Revista brasileira de biblioteconomia e documentação: nova série. São Paulo, v. 2, n. 2, p. 6377**, dez. 2006.
Disponível em: <https://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/view/18/6>. Acesso em: 10 nov. 2022.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10.ed. São Paulo: Cortez, 2011. Disponível em:
https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Perez-22/publication/305391589_Formacao_de_professores_de_ciencias/links/578cabb508ae59aa66812b8e/Formacao-de-professores-de-ciencias.pdf. Acesso em: 27 de set. 2022.

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 2.ed. Ijuí: Unijuí, 2000. 434 p.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002. Disponível em:
<https://ria.ufrn.br/jspui/handle/123456789/996>. Acesso em: 8 dez. 2022.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. Campinas: Autores Associados, 1996.

DUQUE, Carlos Henrique. **Nanopartículas de Zn_(1-x)Ag_xO para tratamento de efluentes da indústria petroquímica**. 2022. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Cabo de Santo Agostinho, 2022. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/8616>. Acesso em: 14 set. 2022.

FAZENDA, Ivani C. Arantes. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. 6.ed. São Paulo: Edições Loyola, 2011. [1979].

FIGUEIREDO, Mariele; SANTOS, Eliane Pereira dos; SCHMACHTENBERG, Natana. Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S.l.], v. 18, n. 1, p. 79-91, abr. 2014. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010662>. Disponível em:
<https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/10662>. Acesso em: 29 ago. 2022.

FOUREZ, Gérard. **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências**. São Paulo: Editora Unesp, 1995. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/fis2008/Fourez.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2022.

GONÇALVES, Marta de Oliveira. **A Alegria na escola: um estudo com adolescentes paulistanos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação. Psicologia da Educação). PUC-SP,

São Paulo, 2005. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/16376>. Acesso em: 22 set. 2022.

JIN, Xian-Chun; LIU, Gao-Qiang; XU, Zheng-Hong; TAO, Wen-Yi. Decolorization of a dye industry effluent by *Aspergillus fumigatus* XC6. **Applied Microbiology And Biotechnology**, [S.L.], v. 74, n. 1, p. 239-243, fev. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-006-0658-1>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17086413/>. Acesso em: 29 ago. 2022.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982. Disponível em: <https://www.scienceopen.com/document?vid=ccda0dc2-9065-414c-826f-9e9538caea9>. Acesso em: 15 set. 2022.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU/Edusp, 1987.

KUHN, T. S. A Estrutura das Revoluções científicas. 11.ed. São Paulo: Perspectiva, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4103727/mod_resource/content/1/Kuhn-Estrutura-das-revolucoes-cientificas%201989.pdf. Acesso em: 13 ago. 2022.

LUCHESE, T. Em busca da escola pública: tensionamentos, iniciativas e processo de escolarização na região colonial italiana, Rio grande do Sul, Brasil. **Cadernos De História Da Educação**, v. 11, n.2, 2013. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/che/article/view/21718/11927>. Acesso em 28 nov. 2022.

MARANHÃO. Secretaria de Educação. **Caderno de Orientações Pedagógicas 2022**. São Luis: Seduc, 2021. 118 p. Disponível em: <https://www.educacao.ma.gov.br/files/2022/02/Caderno-de-Orienta%C3%A7%C3%B5es-Pedag%C3%B3gicas-2022-1.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022.

MARTINHO, J. M. G. Espectroscopia de Absorção no Ultravioleta e Visível. **Química**, Lisboa, p. 44-52, nov. 1994. Centro de Química-Física Molecular. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50349247/3000622-libre.pdf?1479301390=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEspectroscopia_de_Absorcao_no_Ultraviole.pdf&Expires=1682276205&Signature=DDkTgHxEKqmIZiK3cBws-CfUglVWx0JHcbjPBufTO2NT18sAGmILYnJhUCLkzww9xE0mw719HwpjEfHAaJG16vuZC70ToQCYj67iMP5pxx0s9VfCnBv4Is~CXKvk~F4JUcHDRWPoy~vJKVbHzwkdnrE-H0cbeTOjE5z3oLZbjiszADlr1XfsAbauVsfIJZC9wLlpRh93bRv2-tgIhM9r-NcQhH9~N970Ts3asvz-JxKi-kOkT-TXTJoil1KSkUI1Pp3bT1hhzosyzu6ZaCTiHHQcJ3yv5bRQGaWqj1ySC6aOfGKvF66D1ePRHDHuKRE-DrYO5B6Wp9J46Parde~jzw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 23 abr. 2023.

NAVARRO, Patricia; GABALDÓN, José Antonio; GÓMEZ-LÓPEZ, Vicente M.. Degradation of an azo dye by a fast and innovative pulsed light/H₂O₂ advanced oxidation process. **Dyes And Pigments**, [S.L.], v. 136, p. 887-892, jan. 2017. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2016.09.053>. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0143720816307999?token=ACBA837250D1E0C9714943F66790E0CF36EA0EA9E42086C45CF7A97B74D2D4F68D623A0E1343D874B63E9>

6F9FAFAE823&originRegion=us-east-1&originCreation=20220713150107. Acesso em: 29 ago. 2022.

NUNES, Bruna Roman; LINDEMANN, Renata Hernandez; GALIAZZI, Maria do Carmo. Abordagem de Situação-Problema na sala de aula de química: o ensino CTS contribuindo para a percepção social. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – ENPEC*, 10., 2015, Águas de Lindóia, SP. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/x-enpec/anais2015/busca.htm?query=Abordagem+de+Situa%E7%E3o-Problema+na+sala+de+aula+de+Qu%EDmica%3A+o+ensino+CTS+contribuindo+para+a+pecep%E7%E3o+social>. Acesso em: 05 maio 2022.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas, v.12, n.1, p. 139-153, jan. /jun. 2010. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/31/28>. Acesso 2 dez. 2022.

Oliveira, Y. F.; Mesquita, N. A. da S. 2021. Aulas Experimentais como Estratégia para Discutir Questões Ambientais: Caminhos para o Engajamento dos Estudantes do Ensino Médio. **Revista Debates em Ensino De Química**, v.7, n.3, p.137–155. Disponível em: <file:///C:/Users/Milen/Downloads/3700-Texto%20do%20Artigo-482501226-1-10-20211231.pdf>. Acesso em: 22 set. 2022.

PINTO, Rodrigo Barbosa. **Remoção do corante têxtil preto de remazol B de soluções aquosas usando adsorventes a base de casca de pinhão**. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Química, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/55478>. Acesso em: 25 set. 2022.

POMBO, Olga. Epistemologia da Interdisciplinaridade. **Revista do Centro de Educação e Letras da Unioeste**, Foz do Iguaçu, v. 10, n. 1, p. 9-40, jun. 2008. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/ideacao/article/view/4141/3187>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SANTIAGO, Leonardo Felix. **Nanofotocatalisadores de ZnO dopados com cério para tratamento de efluentes da indústria têxtil pernambucana**. 2021. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Cabo de Santo Agostinho, 2021. Disponível em: http://www.ppengfis.ufrpe.br/sites/ww3.pgs.ufrpe.br/files/documentos/5_-_dissertacao_final_-_leonardo_felix_santiago.pdf. Acesso em: 05 maio 2022.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e Interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SARATALE, R.G.; SARATALE, G.D.; CHANG, J.s.; GOVINDWAR, S.P. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: a review. **Journal Of The Taiwan Institute Of Chemical Engineers**, v. 42, n. 1, p. 138-157, jan. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtice.2010.06.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876107010001094>. Acesso em: 21 nov. 2022.

SHAF AEI, Ashraf; NIKAZAR, Manouchehr; ARAMI, Mokhtar. Photocatalytic degradation of terephthalic acid using titania and zinc oxide photocatalysts: comparative study.

Desalination, [S.l.], v. 252, n. 1-3, p. 8-16, mar. 2010. Elsevier BV. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.11.008>. Disponível em:

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0011916409012831?token=BA712D5F5959B3173B05928F9BDD40099022766505C7E71D200728AD6B37C7DF67993EEF818C2C18B2A6F87DDB0F8F72&originRegion=us-east-1&originCreation=20220713162330>. Acesso em: 29 ago. 2021.

SILVA, Andrea Maria da; SANTOS, Tainá Natália dos; SANTOS, Raiane dos; PESSOA, Thiago Sabino; ANJOS, Luiz Carlos Araújo dos; SILVA SOBRINHO, Nelson Alves da; SALES, Paula Barone da Paz. Low-cost flow photoreactor for degradation of Reactive Black 5 dye by UV/H₂O₂, Fenton and photo-Fenton processes: performance comparison. **Ambiente & Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 16, n. 3, p. 1-17, abr. 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/JyLCDL7QHqJnjzbVGcFWW3r/?lang=en>. Acesso em: 15 dez. 2022.

SILVA, Isaque Alves Freitas da. **Degradação do Ácido Tereftálico Via Processos Fotoquímicos**. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, CTG, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/34454/1/DISSERTA%20c3%87%20c3%83O%20I%20saque%20Alves%20Freitas%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2022.

WARTHA, E.J. e ALÁRIO, A.F. A contextualização no ensino de química através do livro didático. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 22, 2005. p. 42-47. Disponível em:

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a09.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

ZANONI, Maria V. Boldrin; YAMANAKA, Hideko. **Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.

Disponível em: <https://wordpress.ft.unicamp.br/laeg/wp-content/uploads/sites/33/2017/10/Corantes.pdf>.

Acesso em: 25 set. 2022.

SEGURA, Denise de S. Baena. **Educação Ambiental na escola pública: da curiosidade ingênua à consciência crítica**. São Paulo: Annablume: Fapesp, 2001. 214p. Disponível em:

<https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/a-importancia-da-educacao-ambiental-na-escola-nas-series-iniciais.pdf>. Acesso: 15 abril 2023.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Gaia, 1992. 224p. disponível em:

<http://emaberto.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/1715/1454>. Acesso: 15 abril 2023.

LOPES, Erivanildo da Silva. **Contextualização no Ensino de Química: Ideias e Proposições de um grupo De Professores**. São Paulo, 2007. Disponível em:

http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2012/quimica_artigos/context_e ns_quim_dissert.pdf. Acesso: 15 abril 2023.

APÊNDICE

Sequência didática

1. Tema: Cinética Química
2. Unidade Temática: Matéria e energia
3. Conteúdos a serem abordados: <ul style="list-style-type: none">· Cinética Química: Introdução;· Cinética Química: Aplicação ambiental;· Experimento de Cinética Química;· Leis da Cinética Química;· Velocidade da reação;· Catalisadores.
4. Duração: 2 dias.
5. Publico Alvo: 2º Ano do ensino médio.
6. Habilidades: <ul style="list-style-type: none">· (EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.· (EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.· (EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
4. Objetivos: <ul style="list-style-type: none">· Objetivo geral: Compreender os fenômenos da cinética química e sua aplicação para proteção do meio ambiente.· Objetivos específicos:<ul style="list-style-type: none">- Aplicar a Cinética Química no cotidiano;- Conceituar Cinética Química;- Conceituar catalisadores e diferenciar entre homogêneos e heterogêneos.- Analisar processos de Cinética Química.- Compreender o uso da Cinética Química na proteção do meio ambiente.

7. Metodologia / desenvolvimento da aula:

- A aula 1 e 2 (100 min) serão iniciadas com a apresentação dos conceitos de cinética química. Após isso será iniciado o experimento utilizando o POA (processo de oxidação avançada), com o uso do método Foto-Fenton como exemplo de processo de aceleração da reação, através do experimento de degradação de solução de corantes (podendo ser de tecido, cabelo ou alimentício) e com uso de recursos próximos do dia-a-dia dos alunos. Durante o processo de reação, apresentar as leis da cinética química e cálculos de velocidade de reação.
- A aula 3 (50 min) Apresentar para os alunos o conceito dos catalisadores e a diferença entre a catálise homogênea e heterogênea. Solicitar aos alunos a análise do experimento e verificação dos fenômenos ocorridos de acordo com o que foi apresentado nas aulas. Apresentar a importância ambiental do experimento para os alunos. Por fim, solicitar um relatório com as percepções dos alunos quanto ao experimento e como eles entendem a importância da Cinética Química para o meio ambiente.

6. Recursos didáticos: livros didáticos, materiais para experimento, quadro, piloto, laboratório.

7. Avaliação:

- A avaliação será realizada no decorrer da aula com perguntas referentes ao assunto.
- Será solicitado aos alunos entrega de relatório sobre o que foi visualizado durante o experimento.

8. Bibliografia:

- ATKINS, Peter; JONES. Loreta. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente; tradução técnica: Ricardo Bicca de Alencastro. – 5. Ed. – Porto Alegre, Editora Bookman, 2012.
- FONSECA, Martha Reis Marques da. Química 1 – São Paulo, Editora Ática, 2013.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular:** ensino médio. Brasil: Ministério da Educação, 2017.
- PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. Química na abordagem do cotidiano. 3. Ed. – São Paulo, Editora Moderna, 2003.