



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO

*Campus Ipojuca*

Coordenação de Licenciatura em Química

Curso de Licenciatura em Química

EMANUELLE NACRE VIEIRA

NINA RAISSA DE ALMEIDA DA SILVA

**SUSTENTABILIDADE NAS AULAS DE QUÍMICA:**

**Uma abordagem sobre corantes e pigmentos naturais a partir do enfoque da  
Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)**

Ipojuca - PE

2026

EMANUELLE NACRE VIEIRA

NINA RAISSA DE ALMEIDA DA SILVA

**SUSTENTABILIDADE NAS AULAS DE QUÍMICA:**

**Uma abordagem sobre corantes e pigmentos naturais a partir do enfoque da  
Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)**

Trabalho de conclusão de curso em Licenciatura em Química do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Me. Marcos Antônio Sousa Barros

Ipojuca - PE

2026

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

V658s Vieira, Emanuelle Nacre

Sustentabilidade nas aulas de química: uma abordagem sobre corantes e pigmentos naturais a partir do enfoque da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) / Emanuelle Nacre Vieira; Nina Raissa de Almeida da Silva. -- Ipojuca, 2026.

98f.: il.-

Trabalho de conclusão (Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. *Campus Ipojuca*, 2026.

Orientador: Prof. Me. Marcos Antônio Sousa Barros.

1. Ensino de Química 2. Sustentabilidade 3. Corantes e pigmentos 4. Corantes e pigmentos 5. Sequência didática investigativa I. Silva, Nina Raissa de Almeida da II. Barros, Marcos Antônio Sousa (orientador). III. Título.

CDD 540.71

EMANUELLE NACRE VIEIRA

NINA RAISSA DE ALMEIDA DA SILVA

**SUSTENTABILIDADE NAS AULAS DE QUÍMICA:**

**Uma abordagem sobre corantes e pigmentos naturais a partir do enfoque da  
Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)**

Trabalho aprovado. Ipojuca, 10 de abril de 2026

---

Profº. Me. Marcos Antônio Sousa Barros (Presidente-Orientador)  
Instituto Federal de Pernambuco – *campus* Ipojuca

---

Profº. Dr. Nelson Alves da Silva Sobrinho (Membro externo)  
Instituto Federal de Pernambuco – *campus* Ipojuca

---

Profº. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Anjos (Membro interno)  
Instituto Federal de Pernambuco – *campus* Ipojuca

Ipojuca - PE

2026

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de expressar, primeiramente, nossa profunda gratidão a Deus, pelas oportunidades concedidas, pela força nos momentos de dificuldade e pela sabedoria que nos guiou ao longo de toda essa trajetória acadêmica. Sua presença foi sustento e luz em cada etapa deste caminho.

Gostaríamos também de expressar nossa profunda gratidão ao Instituto Federal de Pernambuco, que foi abrigo e impulso, pela oportunidade de realização deste trabalho e pela estrutura oferecida.

Aos amigos de classe, companheiros de tantas dúvidas e descobertas, agradecemos pela amizade genuína, pelas conversas sobre o futuro e pelas risadas que tornaram o caminho mais leve. E a todos os professores que cruzaram nosso caminho, nosso mais sincero reconhecimento, pois cada ensinamento foi uma semente lançada com esperança e dedicação.

De forma especial, deixamos nossa profunda gratidão ao Professor Me. Marcos Barros, cuja sensibilidade e paixão pelo ensinar transcendem as paredes da sala de aula. Sua forma de olhar o mundo, tão voltada à ecologia e ao cuidado com o todo, despertou em nós um sentimento de pertencimento ao universo das Ciências da Natureza. Suas aulas não foram apenas conteúdos, mas encontros que nos fizeram enxergar beleza, propósito e encantamento na ciência e na vida.

Agradecemos igualmente à Professora Jardiene Azevedo, cuja orientação excepcional neste TCC foi marcada pela dedicação, atenção e incentivo. Sua experiência, clareza e cuidado em cada etapa do trabalho foram fundamentais para a concretização deste projeto, tornando cada desafio uma oportunidade de aprendizado e crescimento.

*Nada te perturbe, nada te espante. Tudo passa. Deus não muda. A paciência tudo alcança." Santa Teresa de Ávila*

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar as contribuições de uma sequência didática investigativa, fundamentada na abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), para avaliar a compreensão de estudantes do ensino médio acerca dos corantes e pigmentos e suas implicações socioambientais. A proposta articulou conteúdos químicos, como estrutura molecular e origem das cores, as problemáticas reais relacionadas ao uso de corantes sintéticos na indústria têxtil, com ênfase no consumo excessivo de água e no descarte inadequado de resíduos. A metodologia adotada caracterizou-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, com aplicação de pré-teste e pós-teste para análise comparativa dos conhecimentos dos estudantes, além de atividades investigativas e experimentais envolvendo a produção e aplicação de corantes naturais. Os resultados evidenciaram que, inicialmente, os alunos apresentavam percepções superficiais sobre os impactos ambientais e dificuldades na explicação de conceitos químicos mais abstratos. Após a intervenção pedagógica, observou-se avanço significativo na capacidade de relacionar ciência e realidade, reconhecer problemas socioambientais, articular os pilares da sustentabilidade e propor alternativas mais responsáveis, como o uso de corantes naturais e o tratamento adequado da água. Embora persistam desafios na consolidação de conceitos moleculares mais complexos, conclui-se que a sequência didática foi eficaz na promoção de uma aprendizagem contextualizada, no desenvolvimento do pensamento crítico e na ampliação da consciência socioambiental, reforçando a relevância de práticas investigativas e contextualizadas no ensino de Química.

Palavras-chave: ensino de Química; sustentabilidade; corantes e pigmentos; CTSA; sequência didática investigativa.

## **ABSTRACT**

This study examines the impact of an investigative teaching sequence based on the Science, Technology, Society and Environment (STSE) framework on high school students' understanding of dyes and pigments and their socio-environmental implications. The instructional proposal connected core chemical concepts — including molecular structure and the origin of color — to real-world issues associated with synthetic dyes in the textile industry, with particular attention to excessive water consumption and inadequate waste disposal. Adopting a qualitative research design, the study combined pre- and post-tests to assess changes in students' understanding, along with investigative and experimental activities focused on the production and application of natural dyes. Initial findings revealed that students had limited awareness of environmental impacts and struggled with more abstract chemical concepts. Following the intervention, students demonstrated a clearer ability to relate scientific knowledge to real-life contexts, identify socio-environmental challenges, reflect on the pillars of sustainability, and propose more responsible alternatives, such as the use of natural dyes and appropriate water treatment practices. While difficulties remained in fully grasping more complex molecular concepts, the results suggest that the teaching sequence effectively promoted contextualized learning, encouraged critical thinking, and strengthened socio-environmental awareness. Overall, the study highlights the value of investigative and context-based approaches in Chemistry education.

**Keywords:** chemistry education; sustainability; dyes and Pigments; STSE; inquiry-based teaching.

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
HOMO	Highest Occupied Molecular Orbital
IFPE	Instituto Federal de Pernambuco
LUMO	Lowest Unoccupied Molecular Orbital
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
SD	Sequência Didática
(-N=N-)	Grupo Azo
(-OH)	Hidroxila
(-SO <sub>3</sub> H)	Grupo Sulfônico

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1 – Espectro visível da luz e sua interação com o olho humano.**

**Figura 2 – Representação esquemática da absorção e reflexão seletiva da luz incidente em diferentes superfícies coloridas.**

**Figura 3 – Representação das transições HOMO-LUMO.**

**Figura 4 – As estruturas dos corantes azo permitidos no Brasil.**

**Figura 5 – Questão 1 (pré-teste): O que você entende por sustentabilidade?**

**Figura 6 – Categorias de respostas da questão 1 do pré-teste.**

**Figura 7 – Questão 1 (pós-teste): Que preocupações caracterizam uma prática sustentável?**

**Figura 8 – Questão 2 (pré-teste): Você conhece algum exemplo de prática sustentável no dia-a-dia?**

**Figura 9 – Respostas: Práticas sustentáveis no dia-a-dia.**

**Figura 10 – Questão 2 (pós-teste): Você conhece algum exemplo de prática sustentável?**

**Figura 11 – Questão 3 (pré-teste): Você já ouviu falar em corantes e pigmentos? Como definiria?**

**Figura 12 – Definição de corantes e pigmentos (pré-teste).**

**Figura 13 – Questão 3 (pós-teste): Explicação sobre uso, origem e exemplos.**

**Figura 14 – Questão 4 (pré-teste): Aplicação de corantes e pigmentos na vida cotidiana.**

**Figura 15 – Aplicações no dia-a-dia (pré-teste).**

**Figura 16 – Questão 4 (pós-teste): Mecanismo de origem das cores.**

**Figura 17 – Questão 5 (pré-teste): Problemas ambientais na manipulação de corantes e pigmentos.**

**Figura 18 - Questão 5 (Pós-teste): Você consegue observar algum problema ambiental na manipulação de corantes e pigmentos no cotidiano? Quais?**

**Figura 19 – Questão 5 (pós-teste): Caso da produção de jeans no polo de Toritama (PE).**

**Figura 20 – Questão 6 (pós-teste): Alternativas ao uso de corantes sintéticos.**

**Figura 21 – Questão 7 (pós-teste): Avaliação da aula (pontos positivos e negativos).**

## **LISTA DE IMAGENS**

**Imagem 1 – Representação estrutural do caroteno (pigmento natural), p-rosanilina (corante sintético) e acroleína.**

**Imagem 2 – Rio Capibaribe, PE contaminado com corantes têxteis.**

**Imagem 3 – Aula teórica na etapa de explicação dos saltos quânticos**

**Imagem 4 – Câmara escura montada com caixa de papelão, CD e detergente.**

**Imagem 5 – Procedimento experimental.**

**Imagem 6 – Orientação realizada no laboratório.**

**Imagem 7 – Estudante executando a prática de extração de corante natural do hibisco.**

**Imagem 8 – Resultados da extração dos corantes naturais.**

**Imagem 9 – Estudante respondendo o pré teste, consumindo um pirulito que libera o corante azul.**

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

**Ilustração 1 – Representação esquemática da dinâmica com corda utilizada para explicar a propagação de ondas.**

**Ilustração 2 – O salto quântico do elétron no modelo atômico Rutherford-Bohr**

## **LISTA DE QUADROS**

**QUADRO 1 – Propriedades dos corantes naturais e sintéticos**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVO</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Objetivo Geral:</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos:</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Estrutura do trabalho de pesquisa:</b>	<b>18</b>
<b>3. SUSTENTABILIDADE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: FUNDAMENTOS PARA UMA ABORDAGEM CRÍTICA NO ENSINO DE QUÍMICA</b>	<b>22</b>
<b>3.1 A abordagem CTSA no Ensino de Química: articulação entre ciência, ambiente e cidadania</b>	<b>25</b>
3.2 Corantes e pigmentos e suas propriedades	29
3.2.1 Aspectos químicos e físicos da cor: estrutura, propriedades e aplicações dos corantes e pigmentos	32
<b>3.2.1.2 Grupos cromóforos e auxocromos</b>	<b>38</b>
3.3 Estigma Ambiental e Injustiça Socioambiental: impactos da poluição por corantes e pigmentos sintéticos	42
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>44</b>
<b>4.1 Universo e período da pesquisa</b>	<b>45</b>
<b>4.2 Sequência didática</b>	<b>46</b>
4.2.1 Coleta de dados	47
4.2.1.1 Questão 1 - O que você entende por sustentabilidade?	48
4.2.1.2 Questão 2 - Você conhece algum exemplo de prática sustentável no dia a dia? Qual?	48
4.2.1.3 Questão 3 - Você já ouviu falar em corantes e pigmentos? Como definiria?	48
4.2.1.4 Pergunta 4 - Onde você enxerga a aplicação de corantes e pigmentos na sua vida?	48
4.2.1.5 Pergunta 5 - Você consegue observar algum problema ambiental na manipulação de corantes e pigmentos no cotidiano? Quais? Explique:	49
<b>4.3 Aula expositiva</b>	<b>49</b>
<b>4.4 Aula experimental: Extração de corantes naturais</b>	<b>51</b>
<b>4.5 Questionário final: Pós-teste</b>	<b>52</b>
4.5.1 Questão 1 - Quais preocupações caracterizam uma prática sustentável? Poderia dar exemplos?	52
4.5.2 Questão 2 - Você conhece algum exemplo de prática sustentável?	53
4.5.4 Questão 4 - Poderia explicar o mecanismo de origem das cores num corante/pigmento?	53
4.5.5 Questão 5 - Utilizando o exemplo de produção de jeans no polo toritama em Pernambuco - Brasil, você acha que a prática de resíduos com corantes é sustentável? Por que?	53

4.5.6 - Que alternativas podemos ter em relação à prática do uso de corantes sintéticos, comente o porquê e como?	53
4.5.7 - Você poderia avaliar esta aula? Que pontos positivos e negativos pode ver? Comente:	54
<b>5. RESULTADOS E ANÁLISE</b>	<b>54</b>
<b>5.1 Aula teórica</b>	<b>54</b>
<b>5.2 Aula prática</b>	<b>61</b>
<b>5.3 Questionário e discussões</b>	<b>66</b>
<b>5.3.1 Análise Comparativa</b>	<b>68</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES</b>	<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>94</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Ensinar Química de forma significativa é um desafio constante na prática docente, especialmente quando se busca aproximar os conteúdos científicos da realidade vivida pelos estudantes. Como destacam Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), a contextualização do ensino é fundamental para que o conhecimento químico faça sentido na vida dos estudantes, promovendo uma aprendizagem crítica e transformadora.

Quando o estudante desenvolve uma formação crítica, ele passa a perceber a importância do equilíbrio em suas escolhas, considerando que a sustentabilidade envolve a harmonia entre eficiência econômica, justiça social e equilíbrio ecológico (Sachs, 2004). O ensino de Química, especialmente no contexto da Educação Básica, enfrenta o desafio de tornar os conteúdos científicos mais atrativos e significativos para os estudantes. Sendo assim, a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade e Ambiente (CTSA) oferece uma perspectiva integradora e contextualizada, aproximando o conhecimento científico das vivências cotidianas dos estudantes.

Nesse sentido, temas ligados ao cotidiano e às questões ambientais ganham relevância no ensino de Química, pois possibilitam uma abordagem mais contextualizada, crítica e interdisciplinar, alinhada à perspectiva CTSA, ao relacionar ciência, tecnologia, sociedade e ambiente na discussão de problemas reais (Santos, 2011; Strieder; Kawamura, 2017). Um exemplo promissor nesse contexto é o estudo dos corantes e pigmentos, substâncias presentes em diversos produtos do dia a dia, como roupas, alimentos, cosméticos e materiais escolares.

É fundamental salientar, nessa discussão, que, embora também sejam responsáveis pela coloração de materiais, corantes e pigmentos diferenciam-se, em geral, por sua forma de aplicação. Pigmentos são insolúveis no meio em que são aplicados, atuando por dispersão, diferentemente dos corantes, que agem por meio de dissolução. Ambos são amplamente utilizados em tintas, plásticos, cosméticos, materiais de construção e até mesmo em alimentos, desempenhando papel central em diversos setores industriais.

Apesar de seu uso frequente, muitos estudantes desconhecem os processos de fabricação, os riscos ambientais e os possíveis impactos à saúde associados ao uso indiscriminado tanto de corantes quanto de pigmentos sintéticos. Estudos recentes apontam que esses compostos, amplamente utilizados na indústria têxtil e em outros segmentos produtivos, apresentam elevada persistência no ambiente e podem comprometer ecossistemas aquáticos ao dificultar a penetração de luz nos corpos hídricos, afetando processos biológicos essenciais, como a fotossíntese, e prejudicando a qualidade da água (Hoque *et al.*, 2024; Pessoa Júnior; Azevedo, 2025), além de exercer efeitos tóxicos diretos sobre a biota aquática, afetando o metabolismo, o crescimento e a reprodução de peixes, algas e microrganismos, uma vez que diversos corantes apresentam elevada toxicidade e podem causar danos fisiológicos a esses organismos (Khandelwal *et al.*, 2024). No caso dos pigmentos inorgânicos, alguns podem conter metais potencialmente tóxicos, como chumbo e cádmio, o que amplia as preocupações ambientais e sanitárias quando não há controle adequado de produção e descarte (Alloway, 2013).

Do ponto de vista estrutural, muitos corantes sintéticos apresentam sistemas extensos de conjugação  $\pi$ , frequentemente associados a anéis aromáticos e grupos cromóforos como o grupo azo ( $-N=N-$ ), caracterizando estruturas poliaromáticas de elevada estabilidade química. Essa estabilidade dificulta processos naturais de degradação, contribuindo para sua persistência ambiental. Além disso, alguns desses compostos podem sofrer transformações, como a clivagem redutiva de ligações azo, originando aminas aromáticas potencialmente tóxicas e até carcinogênicas. Essas substâncias podem se bioacumular e biomagnificar ao longo da cadeia alimentar, ampliando os riscos à saúde humana e aos ecossistemas (Zollinger, 2003; Robinson *et al.*, 2001; Forgacs; Cserhádi; Oros, 2004).

Dessa forma, a abordagem desse tema em sala de aula favorece a reflexão crítica sobre consumo, sustentabilidade e responsabilidade socioambiental, especialmente quando articulada à perspectiva CTSA, ao relacionar os aspectos químicos das substâncias com seus impactos sociais, tecnológicos e ambientais.

No contexto das alternativas mais sustentáveis, os corantes naturais, extraídos de plantas, frutas, raízes e flores, representam uma possibilidade frente

aos sintéticos frequentemente associados a processos industriais poluentes. Um exemplo emblemático é o índigo, historicamente extraído da planta *Indigofera tinctoria*, utilizado em diferentes culturas para tingimento têxtil. O chamado “anil” natural foi amplamente empregado na indústria têxtil para conferir a tradicional coloração azul aos tecidos, especialmente ao denim. Posteriormente, o índigo passou a ser produzido de forma sintética em larga escala, processo que viabilizou a consolidação do azul característico das peças popularizadas mundialmente, como as calças jeans.

A partir da Revolução Industrial, os corantes passaram a ser produzidos sinteticamente a partir de derivados do petróleo, o que barateou sua produção, mas aumentou significativamente os impactos ambientais relacionados ao seu descarte. Estudos recentes destacam que os corantes sintéticos apresentam alta persistência e resistência à biodegradação, acumulam-se em ecossistemas aquáticos e contribuem para poluição da água, do solo e danos à saúde de organismos vivos, além de demandarem tratamento complexo de efluentes industriais (Hoque *et al.*, 2024; Pessoa Júnior; Azevedo, 2025). Essas substâncias costumam elevar a demanda bioquímica e química de oxigênio (DQO e DBO) em corpos hídricos e apresentam toxicidade, o que pode comprometer processos ecológicos essenciais, como a fotossíntese e a sobrevivência de espécies aquáticas.

Neste sentido, no Ensino de Química, a abordagem CTSA representa uma importante oportunidade para mostrar aos estudantes que o conhecimento químico vai além dos livros e laboratórios, estando diretamente ligado às decisões cotidianas, como a escolha de alimentos, o uso de cosméticos e a reflexão sobre os impactos industriais no meio ambiente. Estudos clássicos já indicavam que essa perspectiva favorece a formação de cidadãos mais conscientes, capazes de compreender a ciência como uma construção humana permeada por valores, interesses e responsabilidades sociais (Azevedo; Araújo, 2006; Santos; Mortimer, 2002).

Avançando nessa discussão, pesquisas mais recentes reafirmam e ampliam essas contribuições ao evidenciar que a abordagem CTSA, quando aplicada ao ensino de Química, promove não apenas a contextualização dos conteúdos, mas

também o desenvolvimento da consciência ambiental, do engajamento dos estudantes e da responsabilidade cidadã. Nesse sentido, Gorito e Moraes (2026) demonstram que sequências didáticas fundamentadas nessa perspectiva fortalecem a compreensão conceitual e estimulam atitudes críticas frente a desafios socioambientais contemporâneos, reforçando o papel do ensino de Química na formação de sujeitos críticos e socialmente responsáveis.

Conforme apontam Lorenzetti e Del Pino (2001), trabalhar os conteúdos químicos de forma contextualizada torna a aprendizagem mais significativa, pois estabelece conexões entre o conhecimento científico e as vivências dos estudantes. Nesse sentido, a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) possibilita compreender a Química como uma construção social, relacionada a questões ambientais, ao consumo responsável e aos impactos das inovações tecnológicas e não tecnológicas. Assim, o professor assume o papel de mediador do conhecimento, promovendo discussões que articulam esses temas ao currículo escolar.

A partir dessa perspectiva CTSA, a práxis pedagógica se constitui como um movimento contínuo de ação–reflexão–ação, conforme proposto por Pimenta (2002). Ao problematizar situações reais e socialmente relevantes, o professor favorece a reflexão crítica dos estudantes, estimulando a curiosidade e o interesse pela aprendizagem da Química de forma não convencional. Desse modo, ao identificar a presença dessa ciência nos detalhes do cotidiano, os estudantes atribuem novo significado ao conhecimento, que deixa de estar restrito ao quadro branco da sala de aula e passa a fazer parte de suas experiências concretas.

Como exemplificado acima, ao compreender os processos envolvidos na produção de corantes e pigmentos, os estudantes podem enxergar criticamente o impacto ambiental causado por algo aparentemente comum, como uma calça jeans, desde o uso intensivo de água e substâncias químicas em sua fabricação até os resíduos poluentes gerados no descarte. Essa percepção amplia a consciência socioambiental e reforça o papel da Química na formação de cidadãos mais reflexivos e comprometidos com a sustentabilidade.

Para organizar esse processo de ensino de maneira eficiente, a utilização de sequências didáticas torna-se essencial. A sequência didática é uma metodologia que estrutura o ensino em etapas progressivas, planejadas para facilitar a construção do conhecimento e o desenvolvimento de competências de forma gradual e coerente (Perrenoud, 2000). Nessa perspectiva, Carvalho (2013) destaca que as Sequências de Ensino Investigativas devem ser organizadas a partir de situações-problema que incentivem os estudantes a levantar hipóteses, investigar, argumentar e construir explicações, promovendo uma aprendizagem ativa. Ao aplicar sequências didáticas que envolvam problematizações, experimentações e discussões relacionadas a temas como corantes, pigmentos e sustentabilidade, o professor possibilita uma aprendizagem mais significativa, conectando teoria e prática e estimulando o protagonismo do estudante no processo educativo.

Ante o exposto, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de discutir a temática dos corantes no contexto do ensino de Química, de modo a promover uma aprendizagem mais contextualizada, significativa e alinhada às questões socioambientais contemporâneas. Em especial, os corantes naturais apresentam-se como um recurso didático relevante, pois permitem abordar conceitos químicos de forma interdisciplinar, sustentável e próxima da realidade dos estudantes, ao mesmo tempo em que favorecem reflexões sobre meio ambiente, ciência e sociedade.

A motivação para a realização deste trabalho teve origem na participação em projetos desenvolvidos no campus da faculdade relacionados ao tratamento de águas. Nessas experiências, foi possível observar de forma direta a intensidade da contaminação causada por corantes têxteis em corpos hídricos, bem como seus impactos ambientais. Esse primeiro contato com uma problemática real, presente em regiões próximas ao local onde as autoras residem, revelou-se significativo e despertou o interesse em aprofundar os estudos sobre a temática dos corantes.

A partir dessa vivência, surgiu a reflexão sobre a importância de transpor essa discussão para o ambiente escolar, especialmente no ensino de Química, buscando alternativas que valorizem práticas sustentáveis e favoreçam a construção do conhecimento científico. Nesse sentido, a abordagem dos corantes naturais possibilita a articulação entre teoria e prática, além de contribuir para o

desenvolvimento de uma consciência ambiental crítica nos estudantes, em consonância com a perspectiva CTSA.

Buscou-se, portanto, responder ao seguinte questionamento norteador da pesquisa:

Como os corantes naturais podem ser abordados no ensino de Química de forma contextualizada, contribuindo para uma aprendizagem significativa e para a formação de estudantes ambientalmente conscientes?

A partir desse questionamento, que orientou o desenvolvimento da pesquisa, foram definidos os objetivos geral e específicos, conforme descritos a seguir.

## 2. OBJETIVO

### 2.1 Objetivo Geral:

Desenvolver a consciência ambiental e o pensamento crítico dos estudantes por meio do ensino de Química, explorando corantes e pigmentos naturais como alternativas sustentáveis aos sintéticos.

### 2.2 Objetivos Específicos:

- a) Elaborar uma sequência didática (SD) para o ensino de química de forma teórica e experimental, contemplando o conteúdo de Corantes e Pigmentos.
- b) Avaliar a aplicabilidade da sequência didática proposta em turma da 3ª série do ensino médio do Instituto Federal de Pernambuco – campus Ipojuca.
- c) Validar a proposta metodológica (SD) apresentada por meio das análises dos questionários aplicados antes e após a ação, de acordo com a Análise de Conteúdo proposta por Bardin, 2011.

### 2.3 Estrutura do trabalho de pesquisa:

Sendo assim, considerando os objetivos acima elencados, este trabalho está fundamentado em uma ampla e relevante revisão de literatura, apoiada em pesquisas e obras que abordam a sustentabilidade no ensino de Química, com foco na utilização de corantes e pigmentos como temática integradora. Foram utilizados

autores que discutem os impactos ambientais causados por substâncias químicas, especialmente os corantes sintéticos, e que apresentam alternativas sustentáveis, como os corantes naturais, além de reflexões sobre a importância da educação ambiental crítica e da inserção de temas contextualizados e interdisciplinares na prática pedagógica.

Contribuições teóricas de autores como Bergmann *et al.* (2022), Araújo (2007) e Freitas (2019) oferecem subsídios para compreender as aplicações e efeitos dos corantes e pigmentos naturais e sintéticos no ambiente, tanto nos alimentos, quanto em vestimentas e objetos do cotidiano, além de destacar os potenciais educativos de alternativas mais ecológicas. Já autores como Freire (1996), Aikenhead (2006) e Santos (2008) embasam a importância de um ensino de Química que articule os conhecimentos científicos com as dimensões sociais, tecnológicas e ambientais, por meio da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), favorecendo a formação crítica e cidadã dos estudantes.

Além dos aportes teóricos, este trabalho também se apoia em documentos legais e orientações curriculares como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, que reforçam a importância da contextualização, da interdisciplinaridade e da formação de cidadãos conscientes e responsáveis quanto às questões ambientais.

As crises ambientais atuais vêm repercutindo de maneira significativa sobre a organização social, conforme apontam estudos de autores como Porto-Gonçalves (2012), gerando efeitos adversos que comprometem o equilíbrio das relações humanas e ambientais. A educação, inserida nesse contexto, também tem se mobilizado frente à crise ambiental. Diversas iniciativas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de difundir os princípios da sustentabilidade em diferentes esferas educacionais, tanto no cenário nacional quanto internacional, como parte de um esforço coletivo para a construção de um futuro mais sustentável e previsível diante dos recursos disponíveis. (Laurie *et al.*, 2016).

Nesse âmbito, observa-se uma crescente valorização do enfoque que problematiza as inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Essa perspectiva compreende que o desenvolvimento científico e tecnológico tem produzido impactos significativos na sociedade contemporânea e que essas interações geram implicações de ordem social, econômica, ambiental e ética, conforme discutido por Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009) e aprofundado por Bazzo (2014).

Com o objetivo de facilitar a compreensão das categorias conceituais, a partir do segundo tópico é apresentada a revisão bibliográfica que se organiza de modo a contemplar uma discussão que integra os fundamentos químicos, pedagógicos e ambientais do tema proposto. No item 3, “Sustentabilidade e Educação Ambiental: fundamentos para uma abordagem crítica no ensino de Química”, são discutidos os princípios e conceitos essenciais para compreender a relação entre ciência, meio ambiente e formação cidadã. Em seguida, no item 3.1 “A abordagem CTSA no ensino de Química: articulação entre ciência, ambiente e cidadania”, apresenta o potencial dessa perspectiva para promover aprendizagens significativas e contextualizadas.

O item 3.2 “Corantes e pigmentos: aspectos químicos” descreve as características, composições e aplicações dessas substâncias, bem como suas implicações para o meio ambiente. No item 3.3, “Estigma Ambiental e Injustiça Socioambiental: impactos da poluição por corantes e pigmentos sintéticos” discute como a degradação ambiental causada pelo uso dessas substâncias pode gerar marginalização social e aprofundar desigualdades, conectando a temática à dimensão social da educação em Química.

No quarto tópico, aborda-se o caminho traçado pela metodologia. A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza aplicada, com delineamento descritivo e abordagem interventiva, uma vez que envolveu a aplicação de uma sequência didática fundamentada na perspectiva CTSA.

O estudo foi desenvolvido com estudantes do ensino médio, no contexto escolar regular, tendo como temática central a sustentabilidade e o uso de corantes

e pigmentos. Inicialmente, foi aplicado um pré-teste com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos conceitos abordados.

Em seguida, foi implementada uma sequência didática composta por momentos expositivos-dialogados, problematizações contextualizadas, discussões sobre impactos socioambientais, incluindo o exemplo da produção de jeans no polo de Toritama (PE), e também uma atividade experimental de extração de pigmentos naturais a partir de fontes vegetais, realizada em laboratório, sob supervisão.

Após a conclusão das atividades, foi aplicado um pós-teste com a finalidade de avaliar os conhecimentos construídos ao longo da intervenção e analisar possíveis avanços conceituais e críticos dos estudantes.

A análise dos dados foi realizada com base na análise de conteúdo, organizada em três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, conforme proposta de Bardin (2011), permitindo a categorização e interpretação das respostas obtidas.

O quinto tópico mostra a aplicação da sequência didática que revelou resultados positivos quanto ao engajamento e à aprendizagem dos estudantes. Observou-se maior participação nas atividades teóricas e práticas, além de avanços na compreensão dos impactos ambientais dos corantes sintéticos e das alternativas sustentáveis. A comparação entre o pré e o pós-teste indicou evolução conceitual e ampliação da percepção crítica dos alunos, evidenciando a contribuição da proposta para um ensino de Química contextualizado e socialmente relevante.

Por fim, no sexto tópico, são apresentadas as considerações finais do trabalho, nas quais se retomam os objetivos propostos, sintetizam-se os principais achados da pesquisa e apontam-se as contribuições e possíveis desdobramentos do estudo.

Este trabalho pretende contribuir para o ensino de Química ao propor uma sequência didática investigativa que integra experimentação, contextualização e reflexão socioambiental, favorecendo uma aprendizagem significativa e crítica.

### 3. SUSTENTABILIDADE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: FUNDAMENTOS PARA UMA ABORDAGEM CRÍTICA NO ENSINO DE QUÍMICA

A discussão em torno da sustentabilidade surgiu com maior intensidade na década de 1970, tendo como marco internacional a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972, na qual se discutiram, pela primeira vez em escala global, os impactos ambientais da ação humana. No entanto, o conceito de desenvolvimento sustentável foi formalizado apenas anos depois, com o Relatório Brundtland, também conhecido como “Nosso Futuro Comum” (*Our Common Future*), publicado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU) em 1987. Esse relatório define o desenvolvimento sustentável como aquele que “atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades” (CMMAD, 1987).

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio-92, realizada no Rio de Janeiro em 1992, representou um marco global ao reunir 178 países e consolidar o conceito de desenvolvimento sustentável. Dela resultaram documentos e tratados relevantes, como a Agenda 21, a Convenção sobre Diversidade Biológica e a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima, além da Declaração do Rio, que estabeleceu princípios como o da precaução e o da responsabilidade compartilhada (ONU, 1992). Vinte anos depois, a Rio+20, também sediada no Rio de Janeiro, renovou o compromisso político com a sustentabilidade por meio do documento “*O Futuro que Queremos*” e lançou as bases para a formulação da Agenda 2030 e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, formalizados em 2015 (ONU, 2012). Esses eventos evidenciam a necessidade de integrar educação, ciência e cidadania para enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos, tornando pertinente a inserção de temas como o uso sustentável de corantes e pigmentos no ensino de Química pela abordagem CTSA.

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, estabelecida pela Organização das Nações Unidas, reforça a necessidade de integrar educação, ciência e sustentabilidade como eixos fundamentais para a transformação social e

ambiental (ONU, 2015). No âmbito educacional, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 4, especialmente a Meta 4.7, orienta que, até 2030, todos os estudantes desenvolvam conhecimentos, habilidades e valores voltados à promoção do desenvolvimento sustentável, incluindo a adoção de estilos de vida sustentáveis e o exercício da cidadania global (ONU, 2025).

No contexto do ensino de Química, essa diretriz dialoga diretamente com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6, em especial com a Meta 6.3, que propõe a melhoria da qualidade da água por meio da redução da poluição, do controle da liberação de produtos químicos nocivos e do incentivo ao tratamento adequado de efluentes (United Nations, 2025). Essa problemática está diretamente relacionada ao uso de corantes sintéticos, amplamente empregados em diferentes setores industriais, cujo descarte inadequado pode comprometer ecossistemas aquáticos. Nesse sentido, a abordagem de alternativas mais sustentáveis, como os corantes naturais, torna-se um tema pertinente para o ensino, ao possibilitar a articulação entre conteúdos químicos, responsabilidade socioambiental e formação cidadã, em consonância com a perspectiva CTSA.

Por fim, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13, em sua Meta 13.3, destaca a importância do fortalecimento da educação, da conscientização e da capacitação da população para o enfrentamento das mudanças climáticas, reforçando o papel da escola na formação de sujeitos críticos e ambientalmente responsáveis (ONU, 2025; UNESCO, 2020). Quando incorporados ao Ensino de Química por meio da abordagem CTSA, esses princípios permitem que temas como corantes e pigmentos sejam discutidos não apenas sob a ótica científica, mas também como instrumentos para a formação cidadã e para a promoção da sustentabilidade.

No Brasil, a temática da sustentabilidade ganhou maior visibilidade a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92, marco histórico que impulsionou políticas públicas voltadas à conservação da biodiversidade, à gestão dos recursos naturais e à promoção de padrões sustentáveis de produção e consumo. Nas últimas décadas, esse debate foi fortalecido e atualizado a partir dos compromissos assumidos pelo país no âmbito da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que reforça o papel da educação

como eixo central para a construção de sociedades mais justas e ambientalmente responsáveis (ONU, 2015). Nesse contexto, a educação ambiental consolida-se como elemento essencial à formação cidadã. A Política Nacional de Educação Ambiental, instituída pela Lei nº 9.795/1999, define, em seu Artigo 2º, a educação ambiental como 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 à sua sustentabilidade (BRASIL, 1999, art. 2º).

A partir dessa perspectiva, a sustentabilidade não deve ser tratada apenas como um conceito abstrato, mas como um eixo integrador no processo educativo, favorecendo a compreensão crítica das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e natureza. Ao ser incorporada ao ensino de Química, a sustentabilidade possibilita uma abordagem mais contextualizada, crítica e interdisciplinar, em que os estudantes possam refletir sobre os impactos ambientais dos produtos químicos utilizados no cotidiano, como corantes e pigmentos, e sobre alternativas mais ecológicas e conscientes (Santos; Mortimer, 2002).

A mobilização da educação ambiental no contexto escolar tem se fortalecido como uma estratégia fundamental para a construção de uma consciência crítica e participativa diante dos desafios socioambientais contemporâneos. Na educação formal, escolas e universidades vêm incorporando temáticas ambientais aos seus currículos, integrando a sustentabilidade a diversas disciplinas. Essa integração favorece não apenas a compreensão dos conteúdos científicos, mas também o desenvolvimento de uma postura ética e responsável frente às questões ambientais. Nesse sentido, conforme destaca Loureiro (2012), é essencial que a educação formal transcenda a mera transmissão de conteúdos, contribuindo para a formação de sujeitos críticos, autônomos e socialmente comprometidos.

Dessa forma, torna-se necessário adotar abordagens pedagógicas que possibilitem a articulação entre os conhecimentos científicos e as dimensões sociais, ambientais e éticas envolvidas nos problemas contemporâneos. No âmbito do Ensino de Química, a abordagem CTSA apresenta-se como uma alternativa teórico-metodológica capaz de integrar ciência, tecnologia, sociedade e ambiente,

promovendo a contextualização dos conteúdos e fortalecendo a formação cidadã dos estudantes.

### 3.1 A abordagem CTSA no Ensino de Química: articulação entre ciência, ambiente e cidadania

A abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) representa uma evolução significativa no campo da educação científica, ao integrar de forma explícita as questões ambientais às interações entre ciência, tecnologia e sociedade. Trata-se de uma concepção que visa à superação do ensino tradicional, centrado na mera memorização de fórmulas e conteúdos descontextualizados, ao promover uma aprendizagem que parte de situações reais, problematizadoras e socialmente relevantes (Azevedo, 1996).

No contexto do Ensino de Química, a perspectiva CTSA propicia a articulação entre os conteúdos curriculares e os desafios contemporâneos enfrentados pela humanidade, como a degradação ambiental, o consumismo, os impactos da industrialização e os dilemas éticos ligados ao uso das tecnologias. Essa abordagem oferece aos estudantes a oportunidade de compreender a ciência como uma construção humana, situada historicamente e carregada de implicações sociais e ambientais, e não como um conjunto neutro e absoluto de verdades. (Aikenhead, 2006; Santos; Mortimer, 2002)

Segundo Aikenhead (2006), a educação CTSA promove uma visão da ciência mais próxima da vida cotidiana, incentivando os estudantes a participarem de discussões e decisões que envolvam o uso do conhecimento científico em situações sociais concretas. Ao serem provocados a pensar sobre as consequências da ciência e da tecnologia para o planeta e para as gerações futuras, os estudantes são chamados a desenvolver a capacidade de análise crítica, tomada de decisão ética e responsabilidade cidadã.

Nesse contexto, temas como corantes e pigmentos revelam-se extremamente pertinentes, pois envolvem questões interdisciplinares, incluindo processos químicos, impactos ambientais, produção industrial e consumo. Esses aspectos estão diretamente relacionados ao cotidiano dos alunos e possibilitam a conexão

entre o conteúdo curricular e problemáticas reais. A produção de corantes sintéticos, por exemplo, está associada à liberação de efluentes tóxicos nos corpos d'água, ao uso de substâncias derivadas do petróleo e à geração de resíduos perigosos. Ao discutir essas implicações, não apenas se aborda o conteúdo químico, como também se amplia o debate para os aspectos éticos, econômicos e ecológicos relacionados à escolha de produtos e matérias-primas (Robinson *et. al.*, 2001).

Essa perspectiva permite trabalhar a alfabetização científica crítica, conforme propõem autores como Santos e Mortimer (2002), ao integrar conhecimentos escolares à realidade vivida pelos estudantes. Em vez de apenas absorver conceitos prontos, os estudantes são incentivados a questionar, argumentar, refletir e buscar alternativas mais sustentáveis, como o uso de corantes naturais e biodegradáveis extraídos de plantas, frutos ou cascas.

Adotar a abordagem CTSA também implica repensar o papel do professor. Ele deixa de ser apenas um transmissor de conteúdos e passa a atuar como mediador de processos investigativos, de diálogo e de reflexão crítica, conforme propõe Paulo Freire (1996). A prática pedagógica, nesse caso, é entendida como práxis, ou seja, uma ação que une reflexão e transformação, permitindo ao educando se posicionar no mundo com autonomia e responsabilidade.

Além disso, essa abordagem favorece a implementação de metodologias ativas, como sequências didáticas investigativas, experimentação contextualizada, análise de casos, debates e projetos interdisciplinares, que valorizam o protagonismo dos estudantes e ampliam seu engajamento com a aprendizagem. Assim, a abordagem CTSA se apresenta como um caminho potente para o ensino de Química comprometido com a formação de sujeitos críticos, conscientes e socialmente engajados, capazes de compreender a complexidade dos problemas atuais e contribuir para a construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

No campo da educação não formal, destacam-se iniciativas como oficinas comunitárias e projetos educativos realizados em espaços públicos. O projeto "Cuidar, Conhecer e Agir", em uma escola pública do Rio de Janeiro, envolveu rodas de conversa, mapeamento digital, exibição de vídeos e elaboração de intervenções

pelos próprios alunos sobre a poluição do Rio Pavuninha, promovendo aprendizagens relacionadas à Química integrada ao contexto comunitário (Oliveira *et al.*, 2024).

Outra experiência significativa foi realizada em Uberlândia (MG), em que estudantes do ensino médio, por meio do Movimento de Educação Popular da Universidade Federal de Uberlândia, participaram de oficinas de Química com corantes naturais extraídos de flores e cascas, aplicados como indicadores ácido-base, ampliando a compreensão sobre Química sustentável e a realidade local (Silva *et al.*, 2000).

Entre exemplos da abordagem CTSA na educação formal, destaca-se um projeto desenvolvido em Açailândia (MA), em que o conteúdo de Química foi contextualizado pela realidade local da comunidade de Piquiá de Baixo, utilizando um ambiente digital para aproximar ciência e cidadania numa perspectiva CTSA (Araújo; Sampaio, 2022). Da mesma forma, em Marechal Floriano (ES), o projeto “Estufinhas” articulou a construção de uma horta escolar com temáticas químicas e ambientais por meio da ABP, fortalecendo a compreensão de processos químicos no cotidiano (Zanqui, 2022). Em Vila Velha (ES), estudantes do segundo ano do Ensino Médio trabalharam energias renováveis via CTSA e ABP, produzindo artefatos e guias didáticos (Zago, 2024). Já em Goiânia, uma maquete de estação de tratamento de esgoto foi usada como recurso pedagógico no ensino de separação de misturas, promovendo consciência ecológica e interdisciplinaridade (Vieira *et al.*, 2015).

Numa mesma lógica, Brito *et al.* (2021) apresenta uma proposta didática em que os corantes naturais, extraídos de partes de plantas como flores, frutos, folhas e galhos, são utilizados como indicadores ácido-base no ensino de Química. A pesquisa mostra que esses extratos, ricos em cromóforos como antocianinas, mudam de cor conforme o pH da solução e funcionam como materiais facilmente acessíveis, de baixo custo e adequados para contextos regionais diversos, onde os corantes naturais mostraram-se eficazes e acessíveis, promovendo maior engajamento discente e facilitando a compreensão de conceitos como acidez, basicidade e indicadores naturais.

Segundo Barros e Almeida (2025), a utilização de temas socioambientais como os bioplásticos no ensino de Química, articulada à abordagem CTSA, contribui significativamente para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes e para a compreensão da ciência em contextos reais. Os autores destacam que atividades práticas e contextualizadas, como a síntese de bioplásticos a partir de amido de milho, fortalecem a relação entre teoria e prática, promovendo o engajamento discente e a construção de uma aprendizagem significativa. O estudo conclui que “a inserção de temas socioambientais no ensino de Química, aliada a metodologias ativas, fortalece a formação crítica dos estudantes e amplia sua conscientização sobre soluções sustentáveis.” (Barros; Almeida, 2025).

A exploração de temas contextualizados também pode articular diferentes áreas do conhecimento e favorecer a aprendizagem significativa. Silva (2022) desenvolveu um caderno temático intitulado *Corantes Naturais: na interface da Química com a Arte*, com o objetivo de oferecer suporte didático-pedagógico a professores do ensino básico para aulas interdisciplinares, contextualizadas e de caráter experimental.

A proposta utiliza o tema dos corantes naturais para articular conteúdos de Química, Física e Biologia a aspectos históricos, culturais e artísticos, favorecendo a aprendizagem significativa e o desenvolvimento de competências científicas e socioculturais. O material aborda desde conceitos físico-químicos, como polaridade e solubilidade, até aplicações históricas e culturais dos pigmentos, propondo atividades práticas que não exigem laboratório, alinhadas à perspectiva de ensino interdisciplinar e à abordagem CTSA.

Da mesma forma, a realização de práticas experimentais também fortalece a aprendizagem significativa e contextualizada. Lima e Romeu (2025) analisaram cinco experiências pedagógicas que utilizam atividades experimentais no ensino de Química, evidenciando seu potencial para promover a aprendizagem significativa e despertar o interesse dos estudantes. Entre os exemplos, destacam-se práticas voltadas à abordagem CTSA, como o uso de coagulantes biodegradáveis no tratamento de água e degradação de corantes por processos oxidativos avançados, que articulam conceitos científicos a questões ambientais e sociais. Os autores concluíram que a experimentação, quando planejada e contextualizada, contribui

para a compreensão dos conteúdos químicos, favorece o pensamento crítico e aproxima o estudante de situações reais, tornando o ensino mais relevante e motivador (Lima; Romeu, 2025).

Seguindo os fundamentos teórico-metodológicos da Educação CTSA, Dutra *et al.* (2024) também desenvolveram o projeto *Química das Cores*, com o objetivo de compreender como o estudo de cores e corantes pode impactar a formação de estudantes do Ensino Médio. A proposta integrou atividades teóricas e experimentação investigativa, explorando extração de corantes naturais, análise de corantes sintéticos, técnicas de cromatografia e aplicação prática no tingimento de tecidos. O trabalho evidenciou que a abordagem CTSA, aliada aos três momentos pedagógicos e aos níveis macroscópico, submicroscópico e representacional, favorece a aprendizagem significativa, o pensamento crítico e a reflexão sobre questões ambientais, sociais e econômicas relacionadas ao uso de corantes.

A utilização de metodologias ativas no ensino ambiental tem ganhado destaque por favorecer a participação dos estudantes, o diálogo e a reflexão crítica. Estratégias como estudos de caso, projetos de pesquisa, resolução de problemas reais e atividades práticas junto à comunidade promovem uma aprendizagem significativa. Delizoicov e Angotti (2002) defendem que a abordagem CTSA contribui para contextualizar os conteúdos científicos e estimular a construção coletiva do conhecimento, aproximando a ciência do cotidiano dos alunos e valorizando seus saberes prévios.

Nesse sentido, compreender melhor as características químicas e os impactos ambientais de substâncias presentes no cotidiano, como os corantes e pigmentos, torna-se fundamental para um ensino de Química contextualizado e crítico, conduzindo ao próximo subtópico.

### 3.2 Corantes e pigmentos e suas propriedades

O estudo de corantes e pigmentos oferece uma rica oportunidade de contextualização no ensino de Química, por envolver conteúdos como estrutura molecular, ligações químicas, solubilidade, propriedades ópticas, reações orgânicas e inorgânicas, além de questões ambientais, sociais e econômicas ligadas à sua produção e uso cotidiano.

Segundo Mortimer e Machado (2000), os corantes são substâncias químicas que, quando dissolvidas em determinado meio, conferem cor ao material com o qual entram em contato. São geralmente solúveis e amplamente aplicados em alimentos, tecidos, cosméticos, entre outros. Já os pigmentos, por sua vez, são partículas insolúveis utilizadas para colorir materiais sólidos, como tintas e plásticos. Ambos podem ter origem natural ou sintética, e suas estruturas químicas estão diretamente relacionadas à capacidade de absorver e refletir luz, o que determina a cor percebida.

O Quadro 1 a seguir, apresenta uma comparação entre corantes e pigmentos naturais e sintéticos, destacando suas diferenças quanto à solubilidade, origem, estabilidade, mecanismos de coloração e aplicações, tanto na indústria quanto no ensino de Química.

**Quadro 1 - Propriedades dos corantes naturais e sintéticos**

<b>Propriedades</b>	<b>Corantes e pigmentos naturais</b>	<b>Corantes e pigmentos sintéticos</b>
Origem	Derivam de fontes biológicas naturais, como plantas (folhas, flores, frutos, raízes e cascas), animais (ex: insetos como a cochonilha) e microrganismos (fungos, bactérias e algas), sendo obtidos por processos de extração simples.	São derivados de fontes petroquímicas, obtidos principalmente a partir do petróleo e do carvão mineral, por meio de sínteses químicas industriais, com estruturas orgânicas planejadas para apresentar cores intensas e elevada estabilidade.
Solubilidade	Apresentam, em geral, boa solubilidade em água, devido à presença de grupos polares em suas estruturas químicas;	Possuem solubilidade controlada, podendo ser solúveis em água ou em solventes orgânicos, conforme sua estrutura e finalidade de aplicação.
Estabilidade	Apresentam, em geral, menor estabilidade frente à luz, variações de pH, temperatura e oxidação, podendo sofrer degradação e perda de cor.	Possuem maior estabilidade físico-química, sendo formulados para resistir a processos industriais, armazenamento prolongado e diferentes condições ambientais.

Aplicação	São aplicados principalmente nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica, além de serem amplamente utilizados no ensino de Química por seu caráter seguro e sustentável	São empregados em larga escala nas indústrias têxtil, alimentícia, de tintas, plásticos, papel, cosméticos e fármacos, devido à sua intensa coloração, estabilidade e diversidade de tonalidades.
Toxicidade	Apresentam, em geral, baixa toxicidade, sendo considerados mais seguros para uso em alimentos, cosméticos e atividades educativas; no entanto, podem causar reações específicas em indivíduos sensíveis.	Podem apresentar toxicidade variável, dependendo da estrutura química, concentração e tempo de exposição, sendo alguns associados a efeitos alergênicos, mutagênicos ou carcinogênicos, o que exige controle rigoroso e regulamentação.

Fonte: O Autor (2026), com base em Atkins; Jones (2012); Brown *et al.* (2016); Yagub (2018); Brito (2019); Nascimento (2020); Cerqueira (2017); de Paula (2018).

As informações apresentadas no Quadro 1 foram sistematizadas a partir de referenciais da Química Geral e do Ensino de Química que discutem propriedades estruturais, aplicações industriais e impactos ambientais dos corantes e pigmentos naturais e sintéticos.

Com a industrialização, o uso de corantes e pigmentos sintéticos derivados do petróleo se intensificou devido ao menor custo de produção, maior variedade de tons e maior estabilidade. No entanto, muitos desses compostos apresentam características tóxicas, alergênicas, carcinogênicas e mutagênicas, especialmente quando utilizados em alimentos ou em contato direto com a pele, como em roupas ou cosméticos (Fernandes *et al.*, 2013). Além disso, os processos de produção e descarte desses compostos geram resíduos altamente poluentes, que frequentemente são lançados em corpos d'água sem tratamento adequado, afetando ecossistemas aquáticos e a saúde humana (Yagub *et al.*, 2014).

Segundo Carneiro *et al.* (2015), a presença de corantes e pigmentos industriais nos efluentes têxteis é uma das principais fontes de poluição hídrica em regiões urbanas. A coloração visível na água não apenas compromete sua estética, mas também dificulta a penetração da luz solar, prejudicando a fotossíntese de organismos aquáticos, além de conter compostos potencialmente tóxicos.

O Ensino de Química pode contribuir para a formação crítica e ambientalmente consciente ao discutir alternativas mais sustentáveis, como o uso de corantes e pigmentos naturais extraídos de plantas, frutos, raízes, flores ou cascas. Essas substâncias, embora apresentem menor estabilidade, oferecem menor toxicidade, são biodegradáveis e se alinham aos princípios da Química Verde, que, segundo Brito, Nascimento e Cerqueira (2021), representam processos e compostos menos agressivos ao meio ambiente e à saúde.

Inserir esses temas em sala de aula, por meio de atividades investigativas e experimentação com corantes naturais (como o uso de beterraba, açafrão, couve, repolho roxo ou urucum), favorece a aprendizagem ativa, o desenvolvimento do pensamento científico e a valorização de práticas sustentáveis. Além disso, permite estabelecer conexões entre os conteúdos curriculares e o cotidiano dos estudantes, conforme propõe a abordagem CTSA.

Por meio da problematização da presença dessas substâncias em roupas, alimentos e cosméticos, os estudantes podem desenvolver competências relacionadas à consciência ambiental, ao consumo responsável e à tomada de decisões éticas, reconhecendo a Química como ciência fundamental para a construção de uma sociedade mais equilibrada e saudável.

### 3.2.1 Aspectos químicos e físicos da cor: estrutura, propriedades e aplicações dos corantes e pigmentos

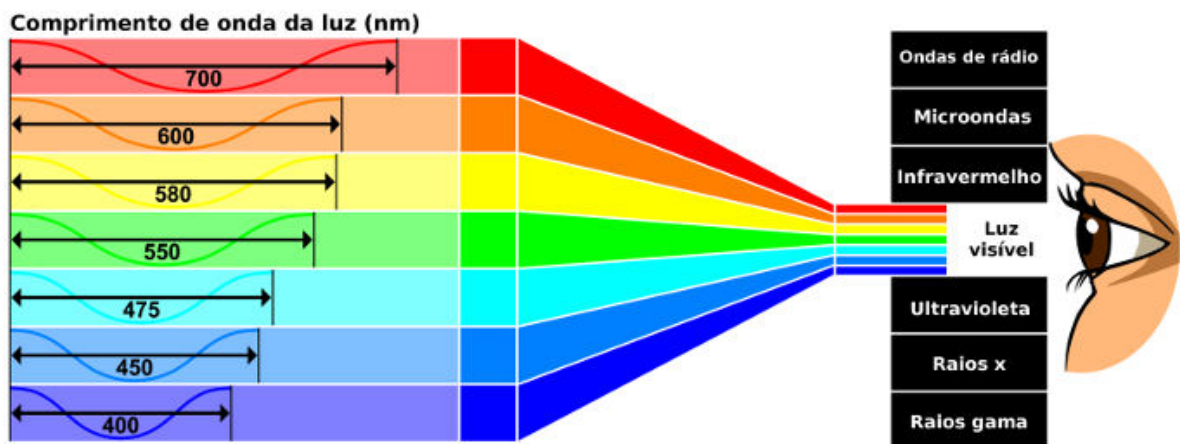
Os corantes e pigmentos são substâncias coloridas amplamente utilizadas nas indústrias alimentícia, têxtil, cosmética, farmacêutica e de tintas. A compreensão de suas propriedades exige a integração entre fundamentos físicos da interação luz-matéria e princípios químicos relacionados à estrutura molecular. A cor não constitui uma propriedade intrínseca isolada do material, mas resulta da interação entre a radiação eletromagnética e a organização eletrônica da matéria.

Do ponto de vista físico, a luz corresponde a uma forma de radiação eletromagnética caracterizada por frequência e comprimento de onda. Conforme Atkins e de Paula (2018, p. 453), “a radiação eletromagnética pode ser descrita como uma onda caracterizada por frequência e comprimento de onda, sendo a

energia diretamente proporcional à frequência”. O olho humano é sensível apenas a uma faixa limitada do espectro eletromagnético, denominada espectro visível, situada aproximadamente entre 400 e 700 nm, correspondente às radiações que vão do violeta ao vermelho (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

A compreensão dessa interação pode ser auxiliada pela representação do espectro visível da radiação eletromagnética, conforme ilustrado na Figura 1, que evidencia a faixa de comprimentos de onda percebida pelo sistema visual humano.

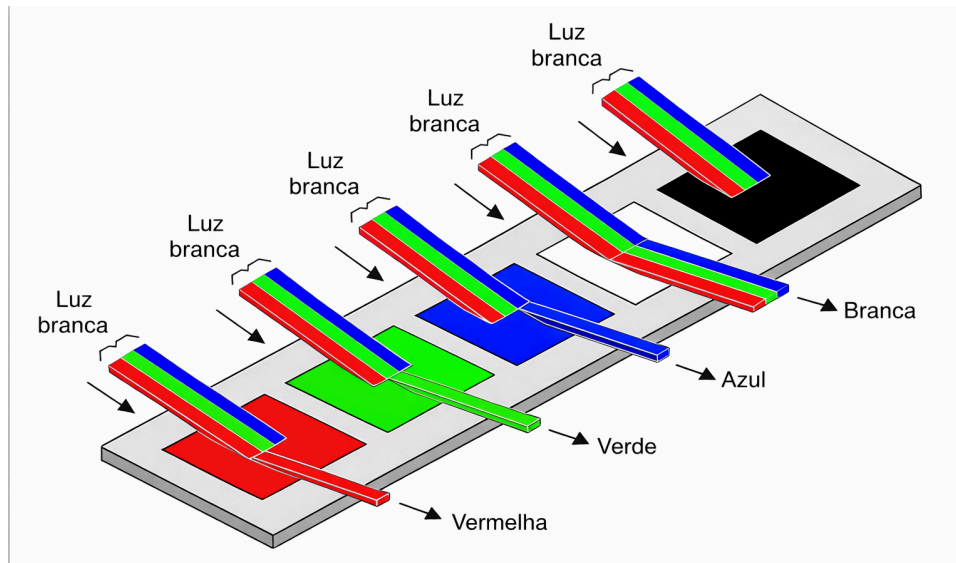
**Figura 1 - Espectro visível da luz e sua interação com o olho humano.**



Fonte: Adaptado do Brasil Escola (2025)

Quando a luz incide sobre um material, pode ocorrer absorção, reflexão ou transmissão seletiva da radiação. Segundo Rossing e Chiaverina (2019), a cor percebida corresponde à porção da luz que é refletida ou transmitida ao observador, enquanto os comprimentos de onda absorvidos deixam de ser percebidos. Como ilustrado na Imagem, 2 Brown *et al.* (2016) destacam que a cor observada de uma substância está associada à absorção seletiva de determinados comprimentos de onda da luz visível, fenômeno relacionado às transições eletrônicas nos átomos e moléculas.

**Figura 2 - Representação esquemática da absorção e reflexão seletiva da luz incidente em diferentes superfícies coloridas.**



Fonte: Adaptado de Absorção da luz e transparência de objetos (2015).

A Figura 2 ilustra o fenômeno da reflexão seletiva da luz, no qual a cor percebida de um objeto está associada aos comprimentos de onda que são refletidos ao observador. Quando a luz branca, composta por uma superposição contínua de radiações no espectro visível, incide sobre uma superfície colorida, parte dessa radiação é absorvida e parte é refletida. Conforme destaca Newton (2002), a luz branca é formada pela combinação de diferentes cores, que podem ser separadas por dispersão óptica.

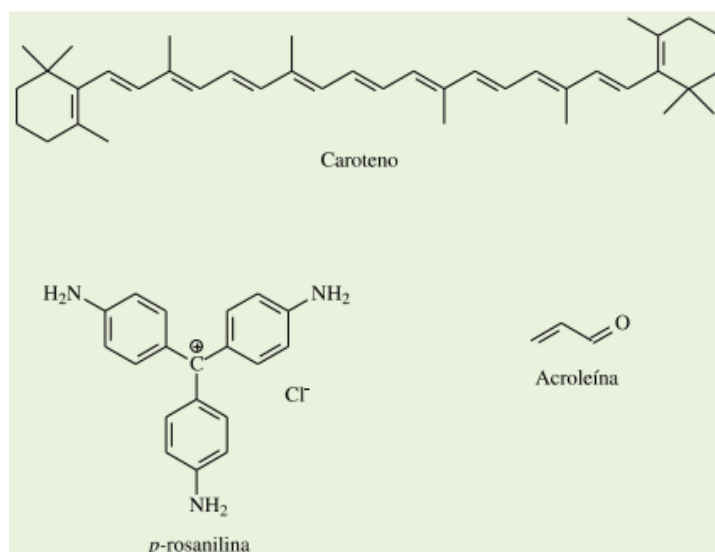
No caso de uma superfície vermelha, por exemplo, ocorre a absorção predominante das faixas correspondentes ao verde e ao azul, enquanto os comprimentos de onda associados ao vermelho são refletidos, resultando na percepção dessa cor pelo sistema visual humano (Hecht, 2017; Young; Freedman, 2020). Superfícies pretas tendem a absorver a maior parte da radiação incidente, refletindo pouca luz, enquanto superfícies brancas refletem grande parte dos comprimentos de onda visíveis, razão pela qual são percebidas como brancas.

Do ponto de vista físico-químico, esse comportamento está relacionado à interação da radiação eletromagnética com os elétrons da matéria. A absorção ocorre quando a energia do fóton incidente corresponde à diferença de níveis

energéticos eletrônicos do material, promovendo transições eletrônicas (Atkins; Jones, 2006). Assim, a cor observada é resultado da combinação entre propriedades físicas da luz e propriedades químicas da estrutura molecular do material.

Sob o ponto de vista químico, a coloração das substâncias está diretamente relacionada à sua estrutura molecular e à presença de grupos funcionais capazes de absorver energia na região do visível. Compostos orgânicos coloridos geralmente apresentam sistemas conjugados de ligações duplas alternadas, que permitem a deslocalização de elétrons  $\pi$ . Conforme Solomons, Fryhle e Snyder (2016, p. 610), “quanto maior o sistema conjugado de uma molécula, menor a energia necessária para promover a transição eletrônica”, o que pode deslocar a absorção para comprimentos de onda maiores, situando-a na região do visível.

**Imagem 1 - Representação estrutural do caroteno (pigmento natural), p-rosanilina (corante sintético) e acroleína.**



Fonte: Martins, Sucupira e Suárez (2015)

A Imagem 1 apresenta as estruturas químicas do caroteno, da p-rosanilina e da acroleína, conforme discutido por Martins, Sucupira e Suárez (2015), permitindo analisar a relação entre estrutura molecular e manifestação de cor.

O caroteno, pigmento natural amplamente encontrado em vegetais, caracteriza-se por uma extensa cadeia de ligações duplas conjugadas. Esse sistema

conjugado possibilita a deslocalização dos elétrons  $\pi$  ao longo da molécula, reduzindo a diferença de energia entre os níveis eletrônicos e permitindo a absorção de radiação na região do visível. Como consequência, determinadas frequências da luz são absorvidas, enquanto outras são refletidas, resultando na coloração observada.

A p-rosanilina, por sua vez, apresenta anéis aromáticos conjugados associados a grupos amina, estrutura típica de diversos corantes sintéticos. Assim como no caroteno, a conjugação eletrônica é responsável pela absorção seletiva de luz visível, evidenciando que a presença de sistemas  $\pi$  conjugados constitui elemento central para a manifestação de cor em compostos orgânicos.

Já a acroleína, embora não seja um corante, é apresentada como exemplo de composto orgânico insaturado de relevância industrial e ambiental. Sua presença na discussão amplia o debate para além da dimensão estrutural, permitindo abordar aspectos relacionados à produção industrial de substâncias orgânicas e seus possíveis impactos socioambientais.

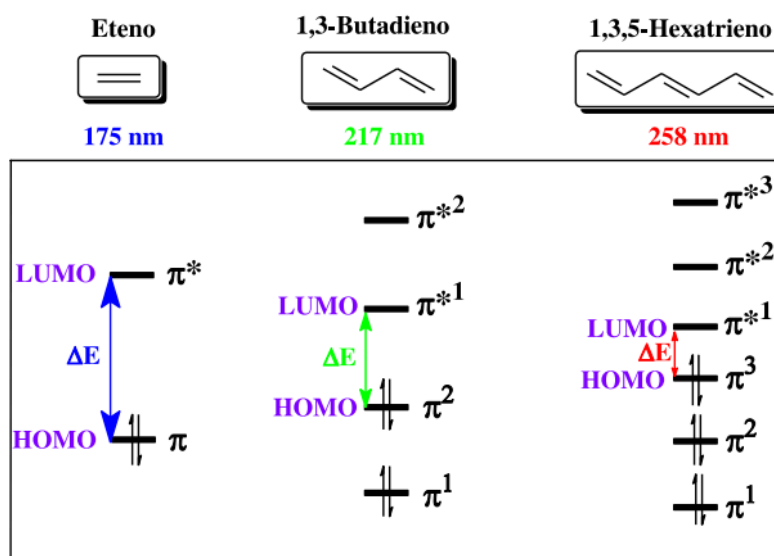
A análise comparativa dessas estruturas reforça que a cor, tanto em pigmentos naturais quanto em corantes sintéticos, está diretamente relacionada à organização eletrônica da molécula e à interação com a radiação eletromagnética. Essa compreensão contribui para articular conceitos de estrutura química, espectroscopia e sustentabilidade, alinhando-se à proposta de contextualização científica defendida na abordagem CTSA.

A base teórica para a compreensão estrutural dos corantes foi estabelecida por Otto Witt, em 1876, ao propor a Teoria do Cromóforo-Auxocromo. Segundo essa teoria, grupos cromóforos, como azo ( $-N=N-$ ), nitro ( $-NO_2$ ) e carbonila ( $C=O$ ), presentes em sistemas conjugados, são responsáveis pela absorção da luz visível e, conseqüentemente, pela coloração da substância (Vogel, 1992; Corrêa, 2017). Witt também destacou que grupos auxocromos, como  $-OH$ ,  $-NH_2$  e  $-SO_3H$ , podem intensificar ou modificar essa absorção ao alterar a distribuição eletrônica da molécula.

Nesse contexto, Housecroft e Sharpe (2018) explicam que a absorção da radiação envolve transições eletrônicas, especialmente dos tipos  $\pi \rightarrow \pi^*$  e  $n \rightarrow \pi^*$ , nas quais elétrons são promovidos a estados de maior energia ao interagirem com fótons de energia compatíveis. Assim, a cor de um corante ou pigmento depende da diferença de energia entre os níveis eletrônicos envolvidos na transição.

Em sistemas orgânicos conjugados, quanto maior o número de ligações duplas alternadas, menor tende a ser a diferença de energia entre os orbitais ligante (HOMO) e antiligante (LUMO) como representado na Figura 3, o que reduz a energia necessária para a excitação eletrônica e desloca a absorção para comprimentos de onda maiores. Dessa forma, moléculas com extensa conjugação podem absorver radiação na região do visível, justificando a manifestação de cor.

**Figura 3 - Representação das transições HOMO-LUMO**



Fonte: Martins, Sucupira e Suárez (2015)

Além da estrutura molecular isolada, estudos contemporâneos em química de materiais demonstram que propriedades ópticas também podem ser influenciadas por fatores como polaridade do meio, interações intermoleculares, estado físico e organização supramolecular da substância (Zhang *et al.*, 2022). Esse aspecto é particularmente relevante para pigmentos, nos quais fenômenos como dispersão e

espalhamento da luz contribuem para propriedades como opacidade e intensidade da cor.

Portanto, a cor observada em corantes e pigmentos resulta de um fenômeno físico-químico complexo, que integra princípios da radiação eletromagnética, percepção visual e estrutura eletrônica molecular. A compreensão dessa relação entre estrutura e propriedade é fundamental para o desenvolvimento racional de novos materiais coloridos, bem como para a análise crítica de suas aplicações industriais e impactos ambientais.

Nesse contexto, torna-se necessário aprofundar a análise no nível molecular, investigando quais elementos estruturais são responsáveis pela absorção seletiva da radiação no espectro visível. Conforme Solomons, Fryhle e Snyder (2016), compostos orgânicos que apresentam sistemas conjugados de ligações duplas possuem elétrons  $\pi$  deslocalizados, o que reduz a energia necessária para transições eletrônicas e pode deslocar a absorção para a região do visível. Como destacam Atkins e Jones (2006), a absorção da radiação ocorre quando a energia do fóton corresponde à diferença entre níveis eletrônicos moleculares, sendo essa diferença fortemente influenciada pela extensão da conjugação e pela natureza dos substitutos presentes na estrutura química.

É nesse nível estrutural que se inserem os conceitos de grupos cromóforos e auxocromos, fundamentais para compreender a intensidade e o deslocamento das bandas de absorção em corantes e pigmentos.

### 3.2.1.2 Grupos cromóforos e auxocromos

A cor de um corante está diretamente relacionada à presença de cromóforos, grupos funcionais capazes de absorver radiação visível. Entre os principais cromóforos destacam-se:

**-N=N- (azo)**

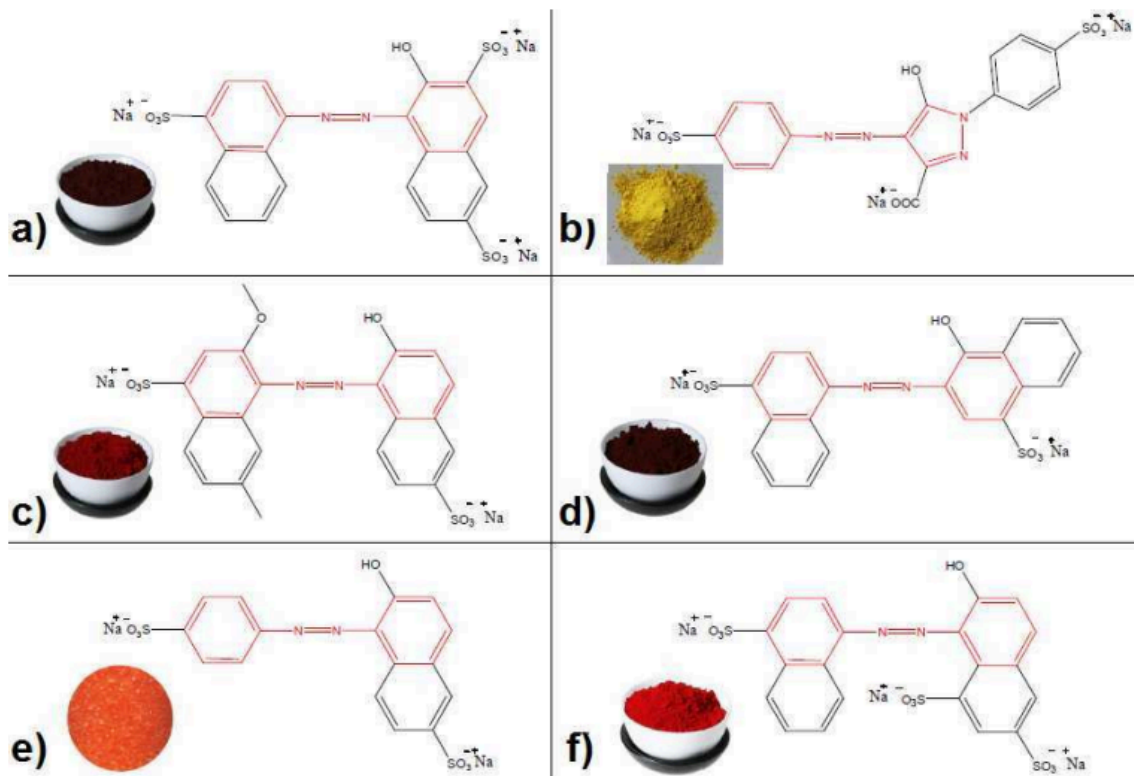
**-NO<sub>2</sub> (nitro)**

**-C=O (carbonila)**

**-C=C (ligações duplas conjugadas)**

Esses grupos fazem parte de uma estrutura conjugada, na qual as ligações duplas alternam com simples, conforme ilustrado na Figura 3, permitindo a deslocalização de elétrons ao longo da molécula, processo essencial para a absorção de luz visível (Christie, 2015; Witt, 1876). Segundo Christie (2015), corantes que apresentam em sua estrutura um anel naftaleno ligado a um segundo anel benzeno por meio de uma ligação azo ( $-N=N-$ ) são amplamente utilizados na indústria e merecem destaque devido ao seu potencial carcinogênico e mutagênico, que pode se manifestar durante a metabolização destes compostos.

**Figura 4 - As estruturas dos corantes azo permitidos no Brasil**



Fonte: Veloso (2012).

Além dos cromóforos, os auxocromos são grupos que intensificam a cor e modificam a solubilidade do composto. Exemplos importantes incluem:

**-OH (hidroxila)**

**-NH<sub>2</sub> (amina)**

**-SO<sub>3</sub>H (ácido sulfônico)**

Esses grupos podem doar ou retirar elétrons do sistema conjugado, alterando a energia necessária para a excitação eletrônica e, conseqüentemente, a cor observada, uma vez que modificam a posição e a intensidade das bandas de absorção no espectro do visível (Atkins; de Paula, 2018). Os corantes, em geral, são solúveis em água ou em solventes orgânicos, permitindo sua aplicação em alimentos, tecidos e cosméticos. Já os pigmentos são insolúveis, existindo como partículas suspensas, sendo, portanto, mais adequados para tintas, plásticos e materiais cerâmicos (Gregory, 2010).

Do ponto de vista didático, esses conceitos permitem discutir polaridade, solubilidade, interações intermoleculares, funções orgânicas e inorgânicas, reações de síntese orgânica, pH e indicadores ácido-base. Por exemplo, a antocianina, corante natural presente no repolho roxo, muda de cor conforme o pH, possibilitando explorar indicadores naturais e compostos orgânicos sensíveis ao meio químico (Silva *et al.*, 2018).

Corantes sintéticos tendem a ser mais estáveis à luz, calor e variações de pH, sendo amplamente utilizados na indústria. Entretanto, muitos apresentam toxicidade e baixa biodegradabilidade, enquanto corantes naturais são mais seguros e ecológicos, mas menos estáveis, limitando sua aplicação industrial (Christie, 2015). Isso permite abordar temas como ciclos de vida de produtos químicos, Química Verde, degradação química e fotodegradação e toxicologia química.

A compreensão desses aspectos químicos possibilita conectar a teoria à realidade socioambiental, permitindo analisar como decisões industriais e escolhas de consumo impactam o meio ambiente, como a poluição de corpos d'água por efluentes têxteis ou a ingestão de corantes artificiais em alimentos ultraprocessados (Gregory, 2010; Carneiro *et al.*, 2015).

Estudos mostram que cerca de 20% dos corantes aplicados em processos têxteis não se fixam às fibras e são descartados nos efluentes, frequentemente sem

tratamento, poluindo rios e lagos (Carneiro *et al.*, 2015). Mesmo concentrações de 1 mg/L podem reduzir a transparência da água e prejudicar a fotossíntese de organismos aquáticos, afetando a cadeia trófica (Robinson *et al.*, 2001).

Além do impacto ambiental, há preocupações toxicológicas: corantes azo sintéticos podem se decompor em aminas aromáticas, mutagênicas e potencialmente carcinogênicas. Substâncias como tartrazina (E102) e amarelo crepúsculo (E110) podem causar reações alérgicas, distúrbios comportamentais e danos celulares, sendo a exposição ocupacional e ambiental um risco (OEHHA, 2021; Fernandes *et al.*, 2013).

A presença de aminas aromáticas em produtos têxteis, especialmente associadas ao uso de corantes azo, tem sido amplamente discutida na literatura devido ao seu potencial tóxico, mutagênico e carcinogênico, representando um risco à saúde humana quando presentes acima dos limites recomendados (ZOLLINGER, 2003; CHUNG, 2016). Além disso, o uso indiscriminado desses compostos em cosméticos e produtos de higiene pode causar dermatites de contato, irritações e bioacumulação no organismo humano.

Esses dados demonstram a relevância de discutir criticamente os impactos da Química na sociedade e no ambiente, o que se alinha diretamente aos objetivos da abordagem CTSA. Ao trazer para a sala de aula temas como os corantes e pigmentos sintéticos, o professor pode articular conceitos químicos, como estrutura molecular, cromóforos, polaridade, toxicidade e solubilidade, com questões socioambientais concretas, promovendo uma aprendizagem crítica, contextualizada e socialmente comprometida (Santos; Schnetzler, 2010).

Essa perspectiva encontra respaldo em Chassot (2016), ao defender que o ensino de Química deve contribuir para a alfabetização científica, possibilitando que os estudantes compreendam a ciência como uma construção humana, histórica e socialmente situada. Nesse sentido, a utilização de temas como os corantes naturais em atividades experimentais, a partir de materiais do cotidiano, favorece a contextualização dos conceitos químicos e estimula a reflexão crítica sobre escolhas tecnológicas, impactos ambientais e sustentabilidade, fortalecendo uma educação científica comprometida com a formação cidadã (Chassot, 2016).

### 3.3 Estigma Ambiental e Injustiça Socioambiental: impactos da poluição por corantes e pigmentos sintéticos

A produção e o uso de corantes e pigmentos sintéticos, amplamente difundidos em indústrias têxteis, alimentícias, cosméticas e farmacêuticas, constituem um dos principais focos de contaminação ambiental associada ao descarte inadequado de efluentes industriais. Muitos desses compostos apresentam elevada estabilidade química, estruturas aromáticas complexas e resistência à degradação biológica, o que dificulta sua remoção em sistemas convencionais de tratamento de água. Como consequência, corpos hídricos são frequentemente impactados por resíduos coloridos, como ilustrado na Imagem 1, alterando propriedades físico-químicas da água, reduzindo a penetração de luz e afetando ecossistemas aquáticos (Robinson, 2001; Forgacs; Cserhádi; Oros, 2004).

#### **Imagem 1 - Rio Capibaribe, PE contaminado com corantes têxteis.**



Fonte: Lins (2023)

Um exemplo contemporâneo de impacto socioambiental associado ao uso intensivo de recursos naturais e substâncias químicas pode ser observado no município de Toritama, localizado no Agreste pernambucano e reconhecido nacionalmente como um dos principais polos de produção de jeans do país. A cidade é responsável por aproximadamente 16% da produção nacional, com cerca

de 60 milhões de peças fabricadas anualmente, o que implica elevado consumo de água e geração significativa de efluentes nas etapas de beneficiamento têxtil (Modéfica, 2021).

Segundo reportagem do portal Modéfica (2021), o crescimento acelerado da indústria do jeans transformou profundamente a dinâmica econômica e social do município, intensificando a exploração dos recursos hídricos e ampliando os desafios ambientais relacionados ao descarte de resíduos líquidos provenientes das lavanderias industriais. Nesse contexto, a pressão exercida sobre o Rio Capibaribe e demais fontes hídricas evidencia um cenário que envolve não apenas impactos ambientais, mas também questões sociais e econômicas, caracterizando um problema de natureza socioambiental complexa.

Assim, a realidade de Toritama constitui um exemplo concreto para discutir sustentabilidade no ensino de Química, sobretudo ao relacionar processos químicos industriais, como o uso de corantes, pigmentos e reagentes no beneficiamento do jeans, com seus desdobramentos ambientais e sociais, em consonância com a abordagem CTSA.

Entretanto, os impactos da poluição por corantes e pigmentos sintéticos não se restringem ao âmbito ambiental, desdobrando-se em dimensões sociais, econômicas e políticas, configurando situações de injustiça socioambiental. Em muitos contextos, instalações industriais potencialmente poluidoras estão localizadas em regiões periféricas, onde vivem populações social e economicamente vulnerabilizadas. Essas comunidades passam a conviver com a degradação da qualidade da água, do solo e do ar, além de riscos à saúde, enquanto os benefícios econômicos da atividade produtiva são distribuídos de forma desigual (Bullard, 2000; Acselrad; Mello; Bezerra, 2009).

Nesse cenário, emerge o conceito de injustiça ambiental, que evidencia como grupos historicamente marginalizados são desproporcionalmente expostos a riscos ambientais (Bullard, 2000). No contexto brasileiro, pesquisadores como Acselrad discutem como a distribuição desigual de danos ambientais revela relações de poder e processos estruturais que perpetuam desigualdades sociais, sendo o estigma

ambiental um desdobramento simbólico desse processo (Acselrad, 2002). Assim, a poluição por corantes e pigmentos pode contribuir para este prejulgamento, no qual determinados territórios passam a ser associados à contaminação, à precariedade e à invisibilidade política.

O estigma ambiental não se limita à degradação física do espaço, mas também afeta simbolicamente seus moradores, reforçando processos de exclusão social. A associação entre território e poluição pode impactar oportunidades econômicas, valorização imobiliária e reconhecimento social dessas comunidades, aprofundando ciclos de vulnerabilidade (Wacquant, 2001).

No âmbito do ensino de Química, discutir os impactos socioambientais dos corantes e pigmentos sintéticos para além de suas estruturas moleculares e propriedades ópticas, possibilita uma abordagem alinhada à perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Essa articulação favorece a formação de estudantes capazes de compreender que os fenômenos químicos não são neutros, mas inserem-se em contextos históricos e sociais específicos. Ao relacionar conteúdos como ligações conjugadas, absorção de luz e estrutura molecular com problemáticas reais de poluição e desigualdade, amplia-se a compreensão crítica da ciência como prática social.

Dessa forma, a análise dos impactos da poluição por corantes e pigmentos sintéticos contribui não apenas para a compreensão de processos químicos, mas também para a problematização das relações entre desenvolvimento tecnológico, sustentabilidade e justiça social, promovendo uma educação científica comprometida com a transformação social.

#### 4. METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa exploratória de abordagem qualitativa e descritiva, conforme definido por Gil (2007), uma vez que busca proporcionar maior familiaridade do estudante com o objeto de estudo e aprofundar a compreensão das relações entre os conceitos químicos e as questões socioambientais envolvidas no ensino de corantes e pigmentos sob a perspectiva CTSA. A escolha da abordagem qualitativa justifica-se por priorizar a análise dos

significados das respostas de pré e pós teste, percepções da problemática do uso de corantes e pigmentos sintéticos e interações construídas pelos estudantes durante o processo de ensino e aprendizagem na aula, utilizando recursos didáticos e primeiro contato com uma aula experimental de química no laboratório do campus.

A pesquisa foi desenvolvida por meio da aplicação de uma sequência didática, entendida como um conjunto organizado e articulado de atividades pedagógicas planejadas com objetivos claros e com foco na progressão do entendimento dos conceitos abordados, conforme defende Zabala (2010).

#### 4.1 Universo e período da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, matriculados no curso técnico de Mecânica do Instituto Federal de Pernambuco, *Campus Ipojuca*. O grupo foi composto por 19 estudantes, com idades entre 16 e 18 anos. A escolha da turma do terceiro ano justifica-se por se tratar da etapa final da Educação Básica, momento em que os estudantes já tiveram contato prévio com conteúdos estruturantes da Química, como ligações químicas, estrutura atômica, modelos eletrônicos e interações entre radiação e matéria, o que possibilita maior aprofundamento conceitual e articulação interdisciplinar.

Além disso, a proposta dialoga diretamente com as competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), especialmente no componente curricular de Ciências da Natureza, que orienta o desenvolvimento da capacidade de analisar fenômenos naturais à luz de modelos científicos, compreender transformações químicas e físicas e relacionar conhecimentos científicos a questões ambientais, sociais e tecnológicas. A temática abordada, corantes, pigmentos e sustentabilidade, favorece a mobilização dessas competências ao articular conceitos de estrutura molecular, absorção de radiação e impactos socioambientais.

A escolha do terceiro ano também se relaciona à preparação para avaliações externas, como o Sistema Seriado de Avaliação da UPE (SSA), que contempla, em sua terceira etapa, conteúdos de Química relacionados a estrutura da matéria, espectros de emissão e absorção, propriedades ópticas e aplicações tecnológicas

dos materiais. Dessa forma, a intervenção contribui não apenas para a construção de conhecimento significativo, mas também para a consolidação de conteúdos exigidos em processos avaliativos regionais.

A programação da pesquisa incluiu um encontro com duração média de duas horas e meia, estruturado de modo a equilibrar momentos teóricos e práticos. A aula contemplou exposição dialogada e experimentação no laboratório de Química da instituição, promovendo engajamento e aprofundamento conceitual por meio da utilização de diferentes recursos didáticos. A proposta fundamentou-se na perspectiva da aprendizagem colaborativa, compreendendo o conhecimento como construção social mediada pela interação, conforme defendido por Vygotsky (1998), favorecendo a troca de ideias, a problematização e a ampliação das zonas de desenvolvimento dos estudantes.

#### 4.2 Sequência didática

Essa sequência foi aplicada a uma turma do 3º ano do Ensino Médio do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), do curso integrado técnico em mecânica, representando as turmas disponíveis na instituição para este nível de aplicação. A turma era composta por 19 alunos. Esse público-alvo pertencia a uma instituição reconhecida por seu interesse em práticas pedagógicas inovadoras. Isto possibilitou a observação e a análise das estratégias de contextualização, problematização e reflexão crítica propostas pela abordagem CTSA. Dessa forma, buscou-se investigar como a relação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente puderam interagir com o conteúdo abordado, através da identificação do conhecimento prévio dos alunos buscando a aprendizagem significativa como cita Moreira (2011).

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (Moreira, 2011, p. 2).

Além disso, na visão de Lüdke e André (2013), o fator essencial da pesquisa é a importância do ambiente, não só físico, mas também cultural e social em que os

estudantes estão inseridos, não se restringindo apenas ao ambiente escolar, mas também englobando o contexto socioambiental, especialmente quando a problemática investigada faz parte da realidade local.

A sequência didática, conforme concebida por Zabala (1998), é entendida como um conjunto organizado e articulado de atividades de ensino, estruturadas de maneira intencional e progressiva, com o objetivo de favorecer a construção significativa do conhecimento pelos estudantes, desse modo a sequência didática da pesquisa iniciou-se com um questionário para identificar conhecimentos prévios.

#### 4.2.1 Coleta de dados

Nessa perspectiva, a proposta teve início com a aplicação de um pré-teste, este questionário foi destinado para identificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca de sustentabilidade, corantes e pigmentos e suas aplicações, que segundo Marconi e Lakatos (1992) é um instrumento desenvolvido cientificamente com um critério pré-determinado, sendo ele o elemento fundamental para o planejamento das intervenções pedagógicas. A análise do conteúdo seguiu as diretrizes de Bardin (2011), onde a aplicação das três etapas essenciais: pré-análise, exploração do material e interpretação dos resultados possibilitaram a identificação de padrões de respostas do pré-teste e impactos positivos da sequência didática e conscientização ambiental dos estudantes no pós teste.

Como estratégia para despertar a curiosidade e promover o engajamento dos estudantes, foi distribuído a cada participante um pirulito que libera o corante alimentar azul no mesmo momento em que estavam respondendo o questionário do pré-teste. Esse recurso lúdico atua como mediador do processo de ensino e aprendizagem, possibilitando a articulação entre os conceitos químicos trabalhados e a experiência sensorial do cotidiano dos alunos, em consonância com a proposta de Zabala (1998), que destaca a importância de situações de aprendizagem contextualizadas e significativas.

A seguir, serão apresentadas cada pergunta do pré-teste juntamente com seus objetivos específicos.

#### 4.2.1.1 Questão 1 - O que você entende por sustentabilidade?

Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do conceito de sustentabilidade, buscando compreender como esse termo é percebido antes do desenvolvimento da sequência didática.

#### 4.2.1.2 Questão 2 - Você conhece algum exemplo de prática sustentável no dia a dia? Qual?

Identificar se os estudantes conseguem relacionar o conceito de sustentabilidade com situações concretas do cotidiano, evidenciando a capacidade de aplicar o conhecimento para além do campo teórico.

#### 4.2.1.3 Questão 3 - Você já ouviu falar em corantes e pigmentos? Como definiria?

Investigar o conhecimento prévio dos estudantes acerca dos conceitos de corantes e pigmentos, buscando identificar o nível de familiaridade com o tema antes do desenvolvimento da sequência didática. Por meio das respostas, procurou-se analisar se os alunos apresentavam definições baseadas apenas no senso comum associando os termos apenas à ideia de “substâncias que dão cor” ou se demonstravam compreensão mais específica.

#### 4.2.1.4 Pergunta 4 - Onde você enxerga a aplicação de corantes e pigmentos na sua vida?

Teve como objetivo identificar se os estudantes conseguem reconhecer a presença dos corantes e pigmentos em diferentes contextos do cotidiano, bem como compreender a relevância dessas substâncias para a sociedade.

A partir das respostas, buscou-se analisar se os alunos associaram sua aplicação a setores como indústria alimentícia, têxtil, cosmética, farmacêutica e artística, ou se restringiram suas percepções a exemplos mais imediatos e visíveis. Além disso, investigou-se se os estudantes demonstraram capacidade de refletir criticamente sobre a importância desses compostos, considerando não apenas sua função estética e comercial, mas também seus impactos ambientais e sociais.

4.2.1.5 Pergunta 5 - Você consegue observar algum problema ambiental na manipulação de corantes e pigmentos no cotidiano? Quais? Explique:

A última questão teve como objetivo investigar se os estudantes conseguem identificar possíveis impactos ambientais associados ao uso e à manipulação de corantes e pigmentos, relacionando o conhecimento químico às questões socioambientais discutidas ao longo da sequência didática.

Por meio das respostas, buscou-se analisar se os alunos reconhecem problemas como a contaminação da água por efluentes industriais, a poluição de solos, o descarte inadequado de resíduos, a toxicidade de determinados compostos sintéticos e seus efeitos sobre os ecossistemas e a saúde humana.

#### 4.3 Aula expositiva

Na sequência, foi realizada uma aula expositiva dialogada abordando conceitos relacionados à sustentabilidade utilizando como material didático auxiliar vídeo contendo o conceito de sustentabilidade e seus pilares de forma lúdica. O vídeo “O que é sustentabilidade” do canal Info Sustentável (2022) da plataforma *Youtube*. Em seguida, para melhor entendimento a respeito de corantes e pigmentos, foi introduzido o conceito de cor e sua percepção pelo ser humano, abordando os conteúdos sobre eletromagnetismo e fazendo uso de uma corda como material didático auxiliar para demonstração de como se comportam as oscilações das ondas no vácuo, com isso, definindo então, as propriedades físicas da luz, podendo conceituar a cor como percepção visual das ondas eletromagnéticas correspondentes a faixa de luz visível (Maxwell, 1865).

Com as definições físicas estabelecidas, foram então abordadas as propriedades químicas dos materiais responsáveis por suas respectivas cores. Para isso, utilizaram-se bolas de plástico como recurso didático para representar a emissão e absorção de energia pelos fótons, exemplificando como cada substância pode absorver apenas quantidades específicas de energia para promover a excitação de elétrons para níveis energéticos superiores. Neste momento, estudantes foram convidados a representar os níveis energéticos, podendo absorver somente a energia específica correspondente à molécula que representavam,

devido à absorção seletiva de energia necessária para a excitação eletrônica (Brown *et al.*, 2016).

Após a definição dos conceitos de luz e cor, foi empregado outro recurso didático para demonstrar como as cores são percebidas ao incidirem sobre diferentes materiais. Utilizou-se uma câmara escura confeccionada a partir de uma caixa de sapatos, contendo um frasco de vidro com detergente colorido e um CD fixado ao fundo, a fim de demonstrar fenômenos de reflexão e absorção da luz.

Em seguida, tendo visto então os conceitos que envolvem a cor, foi abordada então a apresentação da evolução histórica dos corantes e pigmentos, desde as artes rupestres até os corantes sintéticos. O conhecimento científico é produzido em determinado contexto histórico e social, não sendo neutro ou descontextualizado (Vygotsky, 1998). Nesse sentido, compreender o desenvolvimento dos corantes sintéticos ao longo da história permite analisar criticamente seus impactos ambientais e sociais na contemporaneidade. A discussão foi contextualizada a partir de uma problemática local, envolvendo a poluição do Rio Toritama em Pernambuco, com o apoio de imagens ilustrativas, de modo a aproximar o conteúdo da realidade socioambiental vivenciada pelos estudantes.

Posteriormente, o conteúdo foi aprofundado com a abordagem das propriedades químicas e físicas dos corantes e pigmentos, com ênfase no conceito histórico, problemáticas ambientais, percepção visual da cor, comprimento de onda da luz visível e estrutura molecular. Nesse momento, foram utilizados recursos experimentais de caráter sensorial e demonstrativo, como o experimento da caixa de sapato, com o objetivo de demonstrar a cor refletida por um corpo. Também houve uso objetos simples, como bolas coloridas, para simular a excitação do elétron e sua transição entre camadas energéticas, além do uso de uma corda, a fim de ilustrar o conceito de frequência da luz e sua relação com a energia envolvida nos processos de absorção e emissão. As demonstrações em uma aula de Química não devem ser vistas apenas como demonstração, mas como uma estratégia que favorece a investigação, a problematização e a construção ativa do conhecimento (Pavão, 2008).

O enfoque foi direcionado aos pigmentos naturais e seus processos de extração, contemplando a descrição do método utilizado e das matérias-primas empregadas, promovendo uma compreensão prática da aplicação da Química

associada à sustentabilidade. Essa prática está em consonância com as recomendações de Zuga (1992), que destaca a importância do uso de materiais alternativos e acessíveis para tornar as atividades experimentais mais significativas e estimulantes.

#### 4.4 Aula experimental: Extração de corantes naturais

Em continuidade à sequência didática, foi desenvolvida uma atividade experimental na qual os estudantes realizaram a extração de pigmentos naturais a partir de diferentes fontes vegetais, como cebola branca, cebola roxa, hibisco e chá preto. A proposta teve como finalidade promover uma aprendizagem ativa, investigativa e contextualizada, possibilitando a articulação entre os conceitos químicos abordados e situações concretas do cotidiano.

A inserção da prática experimental fundamenta-se na perspectiva de que a experimentação no ensino de Ciências deve ultrapassar o caráter meramente demonstrativo, assumindo um papel investigativo e formativo, no qual o estudante participa ativamente da construção do conhecimento, conforme destaca Pavão (2008). Nesse sentido, o experimento não foi conduzido como simples reprodução de procedimentos, mas como espaço de observação, questionamento e reflexão.

Inicialmente, os estudantes receberam orientações acerca das normas de segurança no laboratório, reforçando a importância da conduta responsável em práticas científicas. Em seguida, foram encaminhados ao laboratório de Ciências, onde, sob supervisão das pesquisadoras, organizaram-se em quatro grupos para executar os procedimentos de extração dos pigmentos naturais.

Essa organização favoreceu a interação social e a mediação pedagógica, elementos essenciais para a aprendizagem, conforme a perspectiva histórico-cultural de Vygotsky (1998), que compreende o conhecimento como resultado da interação entre sujeitos e instrumentos culturais. O experimento, nesse contexto, atuou como instrumento mediador, permitindo a construção coletiva de significados acerca das propriedades químicas dos pigmentos e suas implicações ambientais.

Além disso, ao possibilitar a visualização concreta de fenômenos relacionados à cor e à extração de substâncias naturais, a atividade favoreceu a ancoragem de conceitos científicos em experiências práticas, contribuindo para uma aprendizagem potencialmente significativa, conforme proposto por Ausubel (2003).

#### 4.5 Questionário final: Pós-teste

Para finalizar a sequência didática, foi aplicado um pós-teste, com o objetivo de avaliar os conhecimentos construídos ao longo das atividades e analisar comparativamente com o pré teste, o impacto da abordagem CTSA no processo de aprendizagem, especialmente no que se refere à compreensão conceitual e à ampliação da percepção crítica sobre as implicações socioambientais dos corantes e pigmentos, a fim de observar a construção de ideias e percepções dos estudantes em relação ao tema.

A seguir, serão apresentadas cada pergunta do pós-teste juntamente com seus objetivos específicos.

4.5.1 Questão 1 - Quais preocupações caracterizam uma prática sustentável? Poderia dar exemplos?

Avaliar se, após a sequência didática, os estudantes ampliaram sua compreensão acerca do conceito de sustentabilidade, identificando se suas respostas passaram a contemplar dimensões ambientais, sociais e econômicas, bem como exemplos contextualizados.

4.5.2 Questão 2 - Você conhece algum exemplo de prática sustentável?

Verificar se os estudantes conseguem relacionar o conceito trabalhado durante a sequência didática a situações concretas do cotidiano, evidenciando possível avanço na aplicação prática do conhecimento.

4.5.3 Questão 3 - Poderia explicar o uso de um pigmento e corantes? Eles são naturais ou sintéticos? Poderia dar exemplos?

Analisar a apropriação conceitual desenvolvida ao longo da sequência didática, especialmente no que se refere à diferenciação entre corantes e pigmentos, suas origens e aplicações.

4.5.4 Questão 4 - Poderia explicar o mecanismo de origem das cores num corante/pigmento?

Avaliar a compreensão dos estudantes sobre os fundamentos químicos e físicos relacionados à interação da luz com a matéria, verificando se houve consolidação dos conceitos científicos abordados nas aulas.

4.5.5 Questão 5 - Utilizando o exemplo de produção de jeans no polo toritama em Pernambuco - Brasil, você acha que a prática de resíduos com corantes é sustentável? Por que?

Verificar se, após a sequência didática, os estudantes conseguem articular o conhecimento científico às problemáticas socioambientais regionais, demonstrando desenvolvimento de pensamento crítico alinhado à perspectiva CTSA.

4.5.6 - Que alternativas podemos ter em relação à prática do uso de corantes sintéticos, comente o porquê e como?

Investigar a capacidade dos estudantes de propor soluções sustentáveis e alternativas viáveis, evidenciando avanço na compreensão das implicações ambientais e sociais do uso de corantes.

4.5.7 - Você poderia avaliar esta aula? Que pontos positivos e negativos pode ver? Comente:

Analisar a percepção dos estudantes quanto à metodologia adotada, especialmente em relação à experimentação, contextualização e abordagem investigativa desenvolvida ao longo da sequência didática.

A coleta de dados foi realizada por meio da análise dos resultados obtidos nos pré e pós-testes, bem como pela observação direta durante a execução da sequência didática. A análise dos dados assumiu caráter exploratório (Tukey, 1977),

com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes e possíveis mudanças em suas percepções sobre sustentabilidade, além de avaliar a efetividade da abordagem CTSA na promoção de uma aprendizagem crítica e contextualizada.

## 5. RESULTADOS E ANÁLISE

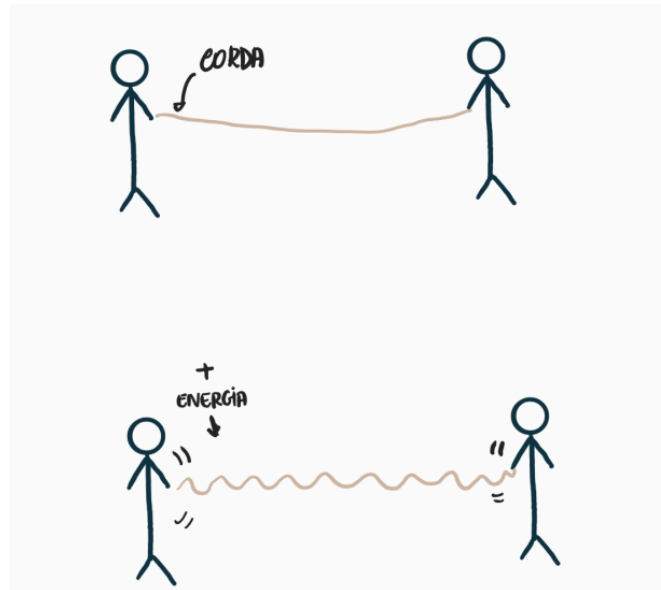
O papel da sequência didática segundo Zabala (1998) é obter um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para atingir objetivos específicos, com início e fim definidos. Na pesquisa realizada, houve a ordenação de atividades com objetivos específicos em cada etapa.

### 5.1 Aula teórica

A sequência didática desenvolvida teve como tema central Sustentabilidade, corantes e pigmentos, articulando conteúdos de Química a uma abordagem contextualizada sob a perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). O objetivo central consistiu em conscientizar os estudantes acerca dos problemas ambientais gerados pelo uso de corantes sintéticos, bem como apresentar alternativas mais sustentáveis, evidenciando possibilidades científicas e tecnológicas voltadas à redução dos impactos ambientais.

A fundamentação teórica da proposta apoiou-se em vários autores que discutem tanto os aspectos conceituais da Química quanto às dimensões epistemológicas e pedagógicas do ensino, mas para sustentar a importância das atividades investigativas e participativas no ensino de Ciências, dialoga-se ainda com Pavão (2008), que destaca o papel da experimentação como elemento motivador e estruturante da aprendizagem. A aplicação ocorreu em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio, cujos estudantes demonstravam bom desempenho e envolvimento prévio com conteúdos de Física, especialmente no que se refere ao eletromagnetismo e às ondas eletromagnéticas. Esse conhecimento prévio favoreceu a fluidez da aula, uma vez que possibilitou conexões imediatas entre os conceitos físicos e a explicação química da cor, da absorção seletiva da luz e dos saltos eletrônicos.

**Ilustração 1 - Representação esquemática da dinâmica com corda utilizada para explicar a propagação de ondas.**



Fonte: O Autor (2026)

No momento inicial da intervenção didática, ao introduzir o conceito de ondas eletromagnéticas e suas oscilações, foi proposta uma dinâmica utilizando uma corda como recurso pedagógico como mostrado na Ilustração 1. Dois estudantes foram convidados a segurar as extremidades da corda, inicialmente mantendo-a em repouso, a fim de evidenciar a ausência de perturbação no meio. Em seguida, um dos participantes realizou movimentos rítmicos com o braço, gerando uma oscilação que se propagou ao longo da corda.

A atividade teve como objetivo tornar visível o processo de propagação de uma onda, evidenciando que a energia é transmitida ao longo do meio sem que haja transporte de matéria. Embora a corda em si representasse uma onda mecânica, que necessita de um meio material para se propagar, a dinâmica foi utilizada como modelo analógico para favorecer a compreensão do conceito geral de movimento ondulatório. Posteriormente, estabeleceu-se a distinção conceitual entre ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, destacando que estas últimas correspondem a oscilações dos campos elétrico e magnético e podem se propagar no vácuo. (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Sob a perspectiva CTSA, a utilização de modelos e analogias constitui estratégia relevante para aproximar conceitos científicos da experiência concreta dos estudantes, favorecendo a contextualização e o desenvolvimento do pensamento crítico (Aikenhead, 2006).

Em seguida, foi desenvolvida uma segunda dinâmica para representar o processo de salto quântico do elétron. Para isso, utilizaram-se três esferas coloridas: azul, representando um fóton de maior energia; verde, energia intermediária; e vermelha, menor energia como mostrado na imagem 3. A atividade contou com a participação de mais dois estudantes, além das pesquisadoras e do orientador, que estava presente na aula, compondo a encenação do processo de absorção e emissão de energia.

### **Imagem 3 - Aula teórica na etapa de explicação dos saltos quânticos**



Fonte: O Autor (2026)

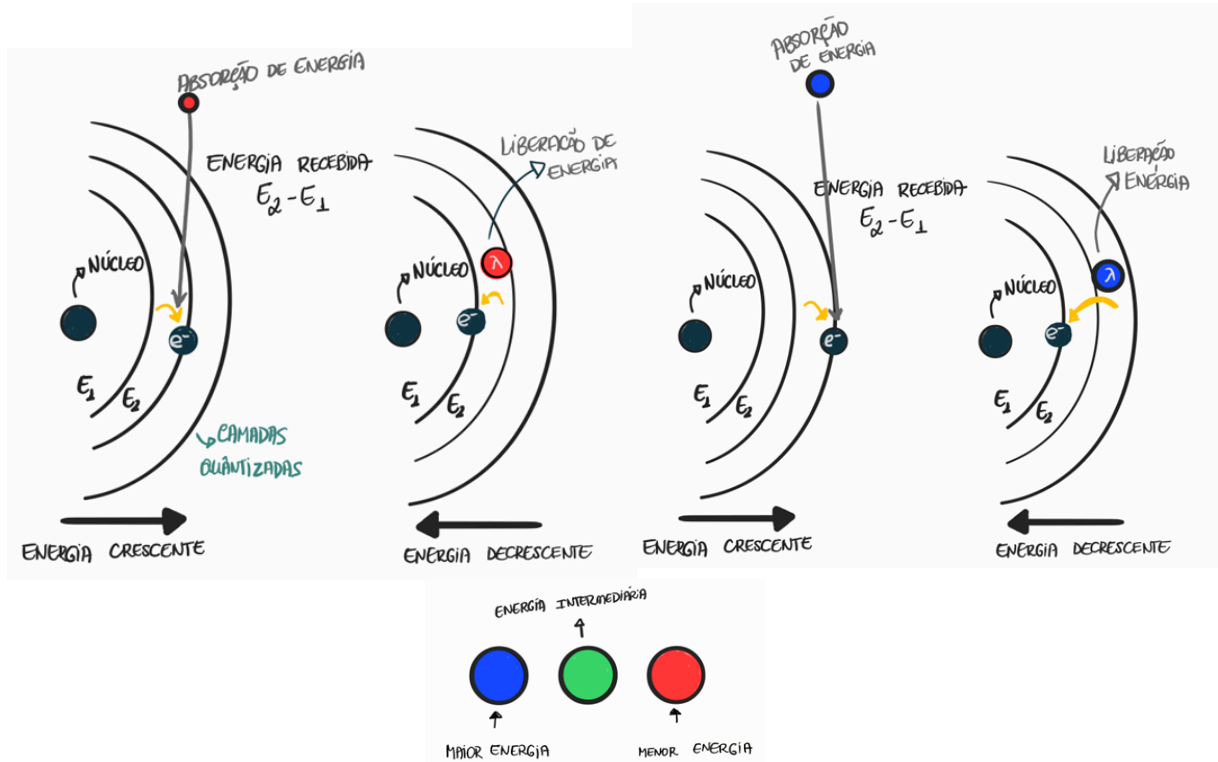
Inicialmente, representou-se o elétron em seu estado fundamental. Ao receber energia luminosa externa, simbolizada pelas esferas coloridas, o estudante que representava o elétron deslocava-se para uma “camada” mais externa, simulando a transição para um nível de maior energia. Posteriormente, ao retornar ao estado fundamental, representava-se a liberação de energia na forma de fóton,

evidenciando que a diferença entre os níveis energéticos corresponde à energia emitida ( $\Delta E = E_2 - E_1$ ).

Para tornar a representação mais concreta, as cadeiras organizadas em fileiras na sala foram utilizadas como analogia às camadas ou níveis energéticos. Os estudantes movimentam-se entre essas “camadas”, simulando visualmente as transições eletrônicas.

Utilizando desta aplicação, foi possível cativar a atenção dos estudantes para uma explicação química do fenômeno, demonstrada de maneira simples e objetiva. Esses recursos visuais auxiliam na construção de conceitos científicos a partir do recurso visual, tornando concreto um conceito abstrato (Vygotsky, 1998). A participação dos estudantes foi fundamental para o processo de aprendizagem, uma vez que os tirou da posição de espectadores para agentes da construção de conhecimento, auxiliando na internalização dos conceitos.

### Ilustração 2 - O salto quântico do elétron no modelo atômico Rutherford-Bohr



Fonte: O Autor (2026)

A Ilustração 2 apresenta uma representação esquemática do salto quântico do elétron, evidenciando o processo de absorção e emissão de energia em níveis quantizados, conforme proposto no modelo atômico de Bohr. Nesse modelo, os elétrons ocupam níveis de energia discretos e só podem transitar entre eles mediante absorção ou emissão de energia bem definida

No esquema mostrado na Ilustração 2, o elétron encontra-se inicialmente em seu estado fundamental ( $E_1$ ). Ao receber energia externa, representada por um fóton cuja energia corresponde à diferença entre dois níveis energéticos ( $\Delta E = E_2 - E_1$ ), ocorre a transição para um nível mais energético ( $E_2$ ). Posteriormente, ao retornar ao estado fundamental, o elétron libera energia na forma de radiação eletromagnética, cuja frequência está diretamente relacionada à diferença de energia entre os níveis envolvidos. (Brown *et al.*, 2016).

As cores utilizadas na ilustração (azul, verde e vermelho) simbolizam diferentes quantidades de energia associadas aos fótons. Essa associação dialoga com o espectro visível mostrado na Figura 1, no qual frequências mais altas correspondem a maiores energias (Atkins; Jones, 2006). A bola verde foi utilizada para representar um fóton de energia intermediária, possibilitando a discussão sobre a relação entre energia e frequência da radiação eletromagnética. Diferentemente da bola azul, que simbolizava um fóton de maior energia capaz de promover o elétron a camadas mais externas, e da bola vermelha, associada a menor energia, a bola verde representava uma transição eletrônica para um nível energético intermediário.

Essa diferenciação permitiu evidenciar que o salto quântico depende diretamente da energia do fóton incidente, reforçando que apenas fótons com energia exatamente compatível com a diferença entre os níveis eletrônicos ( $\Delta E$ ) são absorvidos. Assim, a utilização da bola verde contribuiu para demonstrar que diferentes quantidades de energia promovem diferentes transições, tornando mais concreta a compreensão da relação entre energia, frequência e níveis eletrônicos.

Além disso, ao visualizar três possibilidades distintas de excitação, os estudantes puderam perceber que os níveis de energia são discretos e quantizados,

favorecendo a compreensão do modelo atômico e das transições eletrônicas de forma mais significativa.

Chassot (1996) advoga que a escolha de modelos é feita de acordo com as necessidades pedagógicas, nesse sentido, ressalta-se que a ilustração constitui uma representação didática simplificada utilizando o modelo atômico de Rutherford-Bohr, empregada com finalidade pedagógica para facilitar a visualização das transições eletrônicas e da quantização dos níveis de energia. Trata-se de um modelo explicativo que, embora não contemple a complexidade da mecânica quântica contemporânea, é amplamente aplicado no ensino introdutório de Química por sua potência didática (Brown *et al.*, 2016), utilizando de imagens realistas para explicar a quantização de energia, fazendo analogias simples e que possibilitem a explicação de fenômenos, mesmo se tratando de um modelo ultrapassado. Nas palavras de Chassot (1996):

[...] Uma das perguntas que professoras e professores de química fazem, principalmente quando trabalham no ensino médio, é: “Qual o modelo de átomo que devo ensinar?” Uma boa resposta poderia ser: “Depende para que os átomos modelados vão ser usados depois...” Construímos modelos na busca de facilitar nossas interações com os entes modelados. É por meio de modelos, nas mais diferentes situações, que podemos fazer inferências e previsões de propriedades [...]

Durante a aula, essa explicação foi articulada ao exemplo dos fogos de artifício, fenômeno discutido com os estudantes como aplicação cotidiana do conceito. As diferentes cores observadas nas explosões luminosas resultam da excitação dos elétrons de átomos presentes nos sais metálicos utilizados na composição dos fogos. Quando esses elétrons retornam a níveis de menor energia, emitem radiação com comprimentos de onda específicos, produzindo as cores características do espetáculo luminoso (Atkins; Jones, 2006). Assim, a Ilustração 2 possibilitou estabelecer a relação entre modelo científico, representação simbólica e fenômeno observável, favorecendo a contextualização do conteúdo e a construção de sentido pelos estudantes.

Outra demonstração aplicada foi uma “câmara escura” (Imagem 4), com objetivo de representar o comportamento da luz branca incidindo sobre um material de cor específica. Nesta, a caixa utilizada serviu para isolar a cor dentro da câmara para que pudesse ser observada a cor refletida pelo CD acoplado ao fundo. Desta forma, pode-se investigar que a luz branca, que representa todas as cores (Newton, 2002) , quando atinge um objeto de coloração específica, o mesmo absorverá as outras cores do espectro, e refletir somente a sua própria.

**Imagem 4 - Câmara escura montada com caixa de papelão, cd e detergente.**



Fonte: O Autor (2026)

Para fins de comparação, o mesmo CD utilizado na câmara foi também utilizado para comprovar a difração da luz branca atingindo suas trilhas microscópicas e separando a luz nas diferentes cores do espectro. Já, a partir do momento em que ela atravessa um material translúcido de cor definida, a reflexão no

CD será somente a cor do material. Essa demonstração foi capaz de representar o comportamento de reflexão seletiva da radiação, gerando curiosidade e interesse nos estudantes, que observaram um por um as câmaras com materiais de cor verde, vermelho, azul e amarelo. Essa participação ativa contribuiu significativamente para o engajamento e compreensão dos conteúdos, reforçando o caráter interativo da proposta.

Após a aula teórica ser finalizada, os estudantes foram direcionados para o laboratório B7 do Campus para realização da aula prática de extração dos corantes naturais.

## 5.2 Aula prática

Na etapa prática, os alunos realizaram a extração de corantes naturais. O principal desafio observado foi o fato de muitos estudantes nunca terem frequentado o laboratório escolar anteriormente. Em razão do tempo reduzido e da necessidade de segurança, especialmente devido ao uso de água quente que foi previamente aquecida, algumas etapas foram previamente organizadas pelas pesquisadoras como: pesagem do material e montagem da bancada de procedimento, como mostrado na Imagem 3.

### Imagem 5 - Procedimento experimental



Fonte: O Autor (2026)

O acompanhamento durante o experimento foi mais próximo e direcionado. Apesar dessas limitações, os pontos positivos foram expressivos: os estudantes demonstraram bom comportamento, interesse pelo ambiente laboratorial e

curiosidade em relação aos procedimentos realizados. Todos os grupos conseguiram atingir o objetivo proposto, realizando a extração do corante natural mostrado na imagem 5.

### **Imagem 6 - Orientação realizada no laboratório.**



Fonte: O Autor (2026)

Destaca-se ainda que diversos estudantes relataram maior interesse pela Química após a aula, indicando que a proposta contribuiu para despertar a curiosidade científica e ampliar a percepção da disciplina como ferramenta para compreensão e intervenção na realidade. Nesse sentido, a sequência didática mostrou-se eficiente ao promover envolvimento, contextualização e reflexão crítica (Zabala, 1998) sobre questões ambientais relacionadas ao uso de corantes sintéticos.

A perspectiva está alinhada às discussões sobre desenvolvimento sustentável propostas no Relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que define sustentabilidade como a capacidade de atender às necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras (Wced, 1987). Ao problematizar os impactos ambientais dos corantes sintéticos e apresentar alternativas mais sustentáveis, a aula possibilitou que os estudantes compreendessem a Química como ciência diretamente implicada nas questões ambientais contemporâneas.

Além disso, conforme argumenta Leff (2001), a educação ambiental deve promover uma racionalidade ambiental crítica, capaz de articular conhecimento científico e responsabilidade social. Nessa mesma direção, Carvalho (2004) defende que a formação ambiental na escola deve contribuir para a construção de sujeitos críticos e participativos. A imagem 6 mostra o estudante como sujeito participativo:

**Imagem 7 - Estudante executando a prática de extração de corante natural do hibisco**



Fonte: O Autor 2026

No campo específico do Ensino de Química, autores como Mortimer e Machado (2000) ressaltam a importância de contextualizar os conteúdos científicos, permitindo que os estudantes atribuam significado social ao conhecimento químico. Assim, ao relacionar corantes, pigmentos e impactos ambientais, a sequência didática favoreceu a compreensão da Química não apenas como um conjunto de fórmulas e conceitos abstratos, mas como uma ciência fundamental para a análise e transformação da realidade socioambiental.

**Imagem 8 - Resultados da extração dos corantes naturais**



Fonte: Autor 2026

Os resultados observados na aula prática, mostrado na Imagem 8, onde os grupos conseguiram atingir o objetivo de extrair o corante natural na ordem: Marrom (chá preto), amarelo (cebola branca), verde (cebola roxa) e rosa (hibisco). Encontram-se em consonância com a concepção de sequência didática defendida por Antoni Zabala (1998), que a compreende como um conjunto articulado, intencional e progressivamente organizado de atividades, estruturadas com vistas à construção significativa do conhecimento. A divisão da aula em momentos interdependentes retomada de conhecimentos prévios, problematização, experimentação e reflexão favoreceu a reorganização das concepções iniciais dos estudantes, promovendo uma evolução conceitual ao longo do processo.

Essa dinâmica também dialoga com a perspectiva de mudança conceitual proposta por Posner *et al.* (1982), segundo a qual a aprendizagem em Ciências envolve a superação ou reorganização de concepções prévias quando confrontadas com novas explicações mais plausíveis e abrangentes. Ao vivenciarem a experimentação e relacionarem os resultados obtidos às discussões teóricas sobre sustentabilidade e propriedades químicas dos corantes, os estudantes tiveram a oportunidade de ressignificar seus entendimentos, como pode ser observado no tópico de questionário e discussões.

### 5.3 Questionário e discussões

De modo geral, os resultados obtidos no pré e no pós-teste indicam que a sequência didática aplicada contribuiu significativamente para a compreensão dos estudantes acerca das bases da sustentabilidade e de sua relação com o ensino de Química. Esse avanço pode ser compreendido à luz da concepção de sequência didática defendida por Zabala (1998), que a define como um conjunto articulado, intencional e progressivamente organizado de atividades, estruturadas com o objetivo de promover a construção significativa do conhecimento.

Nesse sentido, a organização das atividades em momentos interdependentes, diagnóstico inicial, problematização, fundamentação teórica, experimentação e reflexão, possibilitou a retomada das concepções prévias dos estudantes e sua posterior reorganização conceitual. Conforme Zabala (1998), a aprendizagem torna-se mais efetiva quando as atividades são planejadas de forma sequencial e coerente, permitindo que cada etapa dialogue com a anterior e prepare a seguinte. Assim, os resultados observados no pós-teste evidenciam que a estruturação intencional da sequência favoreceu a evolução conceitual dos estudantes, especialmente no que se refere à compreensão ampliada da sustentabilidade em sua dimensão científica e socioambiental.

Observou-se, a partir da análise comparativa das respostas do pré e do pós-teste, uma ampliação na compreensão dos conceitos relacionados à sustentabilidade, especialmente no reconhecimento de seus três pilares: sociedade, economia e meio ambiente, conforme discutido por Sachs (2004). Essa evolução tornou-se evidente nas respostas às questões 1 e 2, que abordavam diretamente essa temática, revelando maior articulação entre os aspectos socioeconômicos e ambientais após a aplicação da sequência didática.

No pré-teste (Imagem 9), as respostas apresentavam compreensões fragmentadas ou restritas da sustentabilidade, frequentemente associadas apenas à dimensão ambiental. Após a intervenção, observou-se maior integração entre os três pilares, sugerindo que as novas informações e experiências vivenciadas durante a

sequência didática favoreceram a construção de explicações mais amplas e coerentes.

**Imagem 9 - Estudante respondendo o pré teste, consumindo um pirulito que libera o corante azul.**



Fonte: O Autor (2026)

Ainda que não se trate de uma verificação experimental de mudança conceitual em sentido estrito, os dados qualitativos apontam indícios de ampliação e ressignificação do entendimento dos estudantes, compatíveis com o referencial teórico adotado.

Nesse sentido, optou-se por realizar uma análise comparativa entre os resultados do pré-teste e do pós-teste, apresentando inicialmente as respostas gerais por meio de gráficos do tipo pizza, com o objetivo de evidenciar a distribuição percentual das categorias de análise.

No caso específico do pré-teste, além do gráfico de pizza, foi elaborado também um gráfico de barras, a fim de detalhar as categorias emergentes das respostas abertas consideradas próximas ao conceito esperado. Esse

desdobramento permitiu aprofundar a interpretação dos dados, evidenciando as concepções predominantes entre os estudantes e as limitações conceituais iniciais.

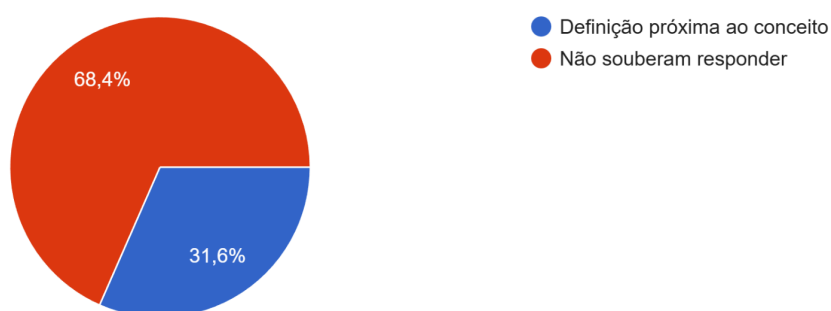
A análise comparativa entre o pré e o pós-teste fundamenta-se na concepção de avaliação formativa, entendida como instrumento de acompanhamento do processo de aprendizagem (Luckesi, 2011). Nesse sentido, conforme Zabala (1998), a sequência didática deve favorecer a reorganização dos conhecimentos prévios, possibilitando a identificação de transformações conceituais ao longo do percurso formativo. Assim, os resultados evidenciam indícios de aprendizagem significativa (Moreira, 2011), uma vez que os estudantes passaram a articular os conceitos de sustentabilidade de maneira mais estruturada e abrangente.

Dessa forma, a combinação entre diferentes representações gráficas possibilita ao leitor uma compreensão mais detalhada dos dados, contribuindo para uma análise mais consistente do percurso investigativo e dos avanços observados ao longo da pesquisa.

### 5.3.1 Análise Comparativa

**Figura 5 - Questão 1 (pré-teste): O que você entende por sustentabilidade?**

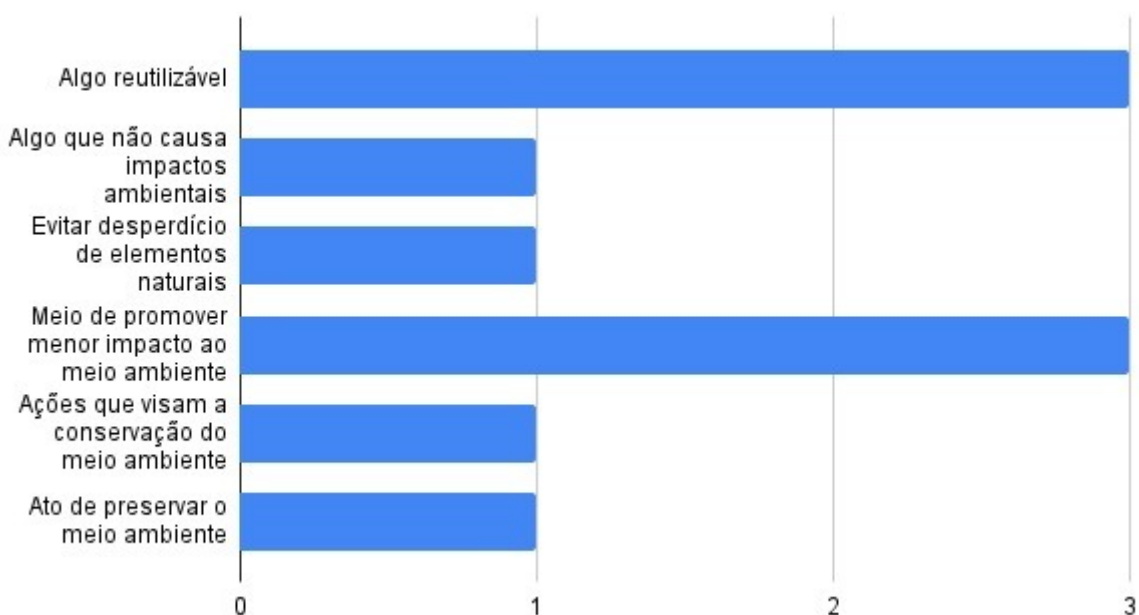
19 respostas



Fonte: O Autor (2026)

Nos resultados obtidos na Figura 5, observa-se que uma grande porcentagem dos estudantes não soube responder a questão, evidenciando pouco conhecimento e familiaridade com o conceito de Sustentabilidade, ou dificuldade em atribuir um significado concreto. Esses resultados podem estar ligados a falta de contato prévio com o conteúdo, o que reforça a necessidade de abordagens que relacionem os conceitos Químicos com as questões socioambientais, que são pertinentes ao cotidiano. A construção desse diálogo faz com que seja instigado o pensamento crítico nos estudantes, fazendo com que se crie uma conexão entre os conceitos científicos abstratos e as consequências de ações tomadas no dia-a-dia (Aikenhead, 2006).

**Figura 6 - Categorias de respostas da questão 1 do pré-teste**



Fonte: O Autor (2026)

Dentre as respostas obtidas na Questão 1 do pré-teste, a Tabela apresentada na Figura 6 evidencia as categorias construídas a partir das definições elaboradas pelos estudantes. Observa-se que, embora parte das respostas se insira no campo das práticas de preservação ambiental, elas não revelam uma compreensão

estruturada e integrada das dimensões que fundamentam o conceito de sustentabilidade.

Predominam definições associadas a práticas ambientais específicas, como *“algo reutilizável”*, *“evitar desperdício de elementos naturais”*, *“ato de preservar o meio ambiente”* e *“ações que visam a conservação do meio ambiente”*, indicando uma concepção predominantemente ecológica e comportamental e talvez midiática a partir do senso comum do termo sustentabilidade. Observa-se também a associação do conceito a ideias como *“algo que não causa impactos ambientais”* ou *“meio de promover menor impacto ao meio ambiente”*, reforçando a centralidade da dimensão ambiental nas respostas apresentadas.

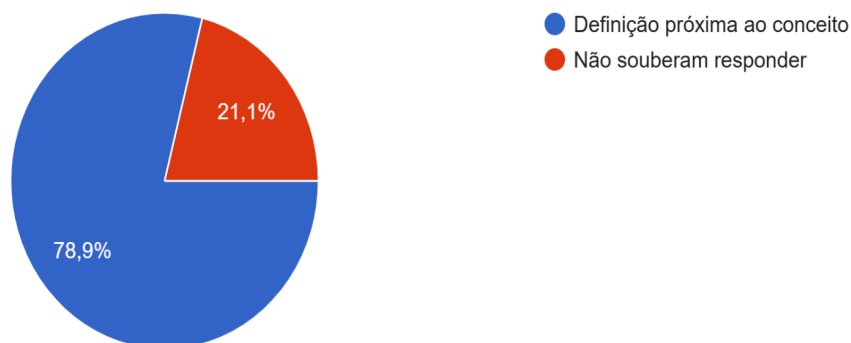
Embora tais definições não estejam incorretas, mostram-se limitadas por não contemplarem as dimensões social e econômica que integram o entendimento contemporâneo de sustentabilidade. Conforme discutido por Sachs (2004), o desenvolvimento sustentável pressupõe a articulação equilibrada entre fatores ambientais, sociais e econômicos, envolvendo justiça social, viabilidade econômica e responsabilidade ecológica. A ausência dessas dimensões nas respostas evidencia uma compreensão fragmentada do conceito, possivelmente influenciada por abordagens reducionistas difundidas no senso comum.

Assim, os dados indicam que, no momento do pré-teste, a maioria dos estudantes compreendia a sustentabilidade prioritariamente como prática de preservação ambiental, sem explicitar sua relação com aspectos socioeconômicos e estruturais mais amplos.

Nesse sentido, o diagnóstico inicial reforça a pertinência da sequência didática proposta, que buscou problematizar o conceito de sustentabilidade a partir do estudo de corantes e pigmentos, articulando estrutura química, processos industriais e impactos socioambientais. A comparação com os resultados do pós-teste permitirá verificar em que medida houve ampliação conceitual e maior integração entre as dimensões ambiental, social e econômica, indicando possíveis avanços na construção do conhecimento pelos estudantes.

**Figura 7 - Questão 1 (pós-teste) Que preocupações caracterizam uma prática sustentável?**

19 respostas



Fonte: O Autor (2026)

Após a aplicação da sequência didática, os resultados apresentados na Figura 6 indicam um avanço expressivo na compreensão do conceito de sustentabilidade. Observa-se que 78,9% dos estudantes apresentaram definições próximas ao conceito estruturado, enquanto apenas 21,1% não conseguiram formular uma resposta consistente. Esse resultado contrasta significativamente com o diagnóstico inicial, evidenciando ampliação conceitual ao longo do processo formativo.

A maioria das respostas passou a incorporar explicitamente os três pilares da sustentabilidade: ambiental, social e econômico, conforme discutido por Sachs (2004). Exemplos de resposta como “*Prática sustentável é toda aquela que não agride o meio social, econômico*” e “*A prática sustentável precisa ter seus três pilares: social, econômico e ambiental*” demonstram que os estudantes deixaram de associar o conceito exclusivamente à preservação ambiental, passando a compreendê-lo de forma sistêmica e integrada.

Mesmo entre as respostas que não mencionaram diretamente os três pilares, observa-se maior complexidade conceitual quando comparadas ao pré-teste. Afirmações como “*Utilizar elementos da natureza sem prejudicar o meio ambiente*” e “*Preocupação com o meio ambiente, com as pessoas*” revelam uma ampliação de

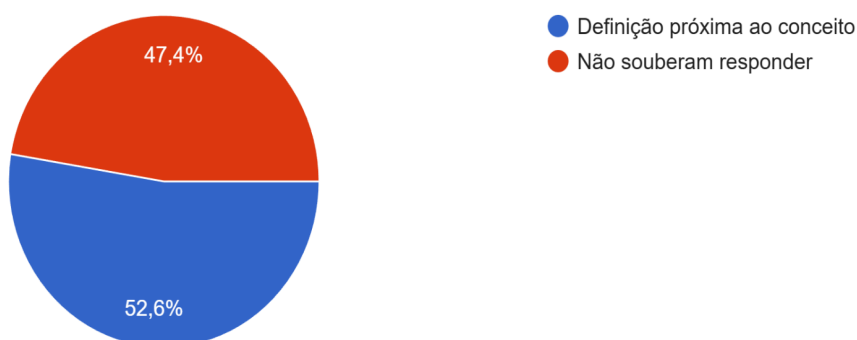
perspectiva, especialmente ao incluir a dimensão social. Isso indica não apenas repetição de conceitos apresentados, mas reelaboração cognitiva e incorporação de novos significados.

Esse avanço pode ser interpretado à luz da teoria da aprendizagem significativa proposta por Moreira (2011), segundo a qual a aprendizagem ocorre quando novas informações se relacionam de maneira não arbitrária e substantiva com conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do estudante. Ao problematizar concepções iniciais predominantemente ambientalistas e ampliar o debate para dimensões sociais e econômicas, a sequência didática favoreceu a reorganização conceitual e a construção de um entendimento mais abrangente.

Dessa forma, os resultados evidenciam que a sequência didática cumpriu seu papel formativo ao articular conhecimentos prévios e novos referenciais teóricos, promovendo a superação de visões reducionistas e possibilitando uma compreensão mais complexa e crítica da sustentabilidade. Tal evolução reforça a importância de abordagens estruturadas e contextualizadas no ensino de Química, especialmente quando articuladas à perspectiva CTSA.

**Figura 8 - Questão 2 (pré-teste) Você conhece algum exemplo de prática sustentável no dia-a-dia? Qual?**

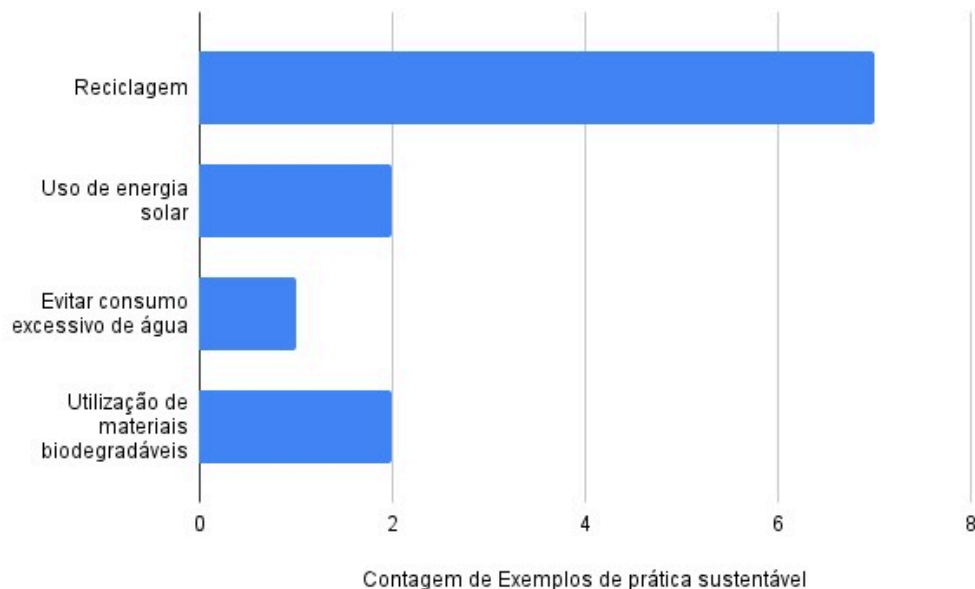
19 respostas



Fonte: O Autor (2026)

Os resultados da Figura 8 indicam que os estudantes possuíam conhecimentos baseados, em grande parte, em exemplos amplamente popularizados socialmente, revelando compreensão ainda limitada acerca do conceito de sustentabilidade, embora já demonstrasse noções básicas relacionadas a práticas sustentáveis. Esses resultados podem estar ligados à falta de experiência com o conteúdo e com práticas sustentáveis no dia-a-dia, e também a falta de conexão entre os conceitos teóricos envolvendo a Sustentabilidade e situações cotidianas. Entre as respostas citadas, se destacam: Reciclagem, Uso de energia solar, evitar consumo excessivo de água e utilização de materiais biodegradáveis.

**Figura 9 - Questão 2 (pré-teste) - Respostas: Práticas sustentáveis no dia-a-dia**



Fonte: O Autor (2026)

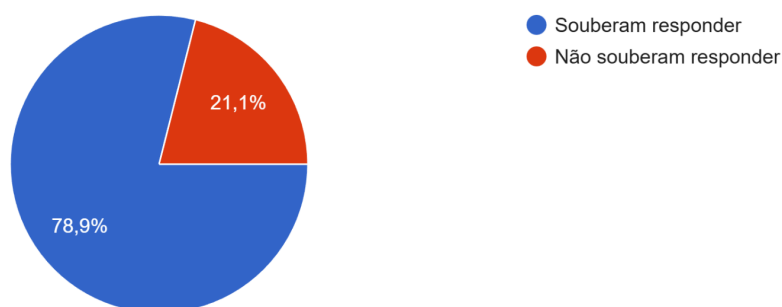
Os dados apresentados na Figura 9 sugerem que, apesar de parte dos estudantes apresentar entendimentos iniciais coerentes, uma parcela significativa ainda demonstra dificuldade em relacionar o conceito de sustentabilidade de forma mais ampla e integrada à sua realidade cotidiana. Tal lacuna pode estar associada à vivência prática restrita ou à abordagem fragmentada do tema em contextos

escolares e familiares, muitas vezes limitada a orientações comportamentais pontuais.

Para favorecer a ampliação dessa compreensão, torna-se fundamental a adoção de estratégias pedagógicas que estimulem a reflexão crítica e a participação ativa dos estudantes, como discussões em grupo, análise de situações concretas e atividades investigativas. Essas práticas possibilitam a construção de relações entre conceitos abstratos e experiências do cotidiano, em consonância com a perspectiva sociocultural de Vygotsky (1998), que enfatiza a mediação, a interação social e o papel do diálogo na construção do conhecimento.

**Figura 10 - Questão 2 (pós-teste) Você conhece algum exemplo de prática sustentável?**

19 respostas



Fonte: O Autor (2026)

Após a intervenção pedagógica, observou-se uma ampliação significativa no repertório de exemplos apresentados conforme a Figura 9, parte considerável das respostas passou a relacionar-se diretamente ao conteúdo trabalhado na sequência didática, especialmente no que se refere ao uso de corantes e pigmentos naturais, como evidenciam as seguintes falas: “*O tingimento de tecido através de matéria-prima natural*”; “*Uso de corante natural que não agride o meio ambiente*”; e “*Através do uso de hibisco pode-se pintar tecidos de forma sustentável*”.

Outras respostas destacaram procedimentos associados a práticas sustentáveis no cotidiano, tais como: “*Uso de óleo de cozinha para fazer sabão*”; “*Reciclar materiais diversos e descartar o lixo de forma correta*” e “*Uso de sacolas*

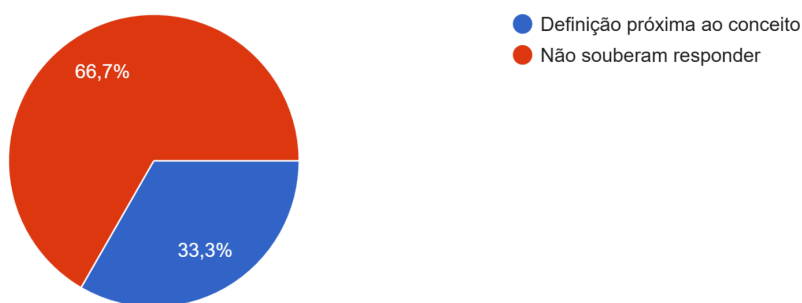
*ecológicas*”. Tais exemplos indicam a mobilização de conhecimentos para além do conteúdo específico, revelando conexões com experiências vivenciadas pelos estudantes.

Destaca-se ainda uma resposta que evidencia avanço conceitual ao articular os três pilares da sustentabilidade, ambiental, social e econômico: *“Reutilização de plástico em outros objetos, por ajudar o meio ambiente e a sociedade e ser rentável economicamente”*. Essa formulação demonstra uma compreensão mais integrada do conceito, aproximando-se de uma visão sistêmica da sustentabilidade.

A associação do tema às vivências cotidianas revela um movimento reflexivo alinhado aos objetivos da pesquisa. Ao considerar questões sociais e ambientais em situações do dia a dia, o estudante amplia sua capacidade de análise crítica, reforçando a importância de uma abordagem contextualizada no ensino de Química que favoreça a problematização e o desenvolvimento do pensamento crítico (Santos, 2011; Strieder; Kawamura, 2017).

**Figura 11 - Questão 3 (Pré-teste): Você já ouviu falar em corantes e pigmentos? Como definiria?**

18 respostas



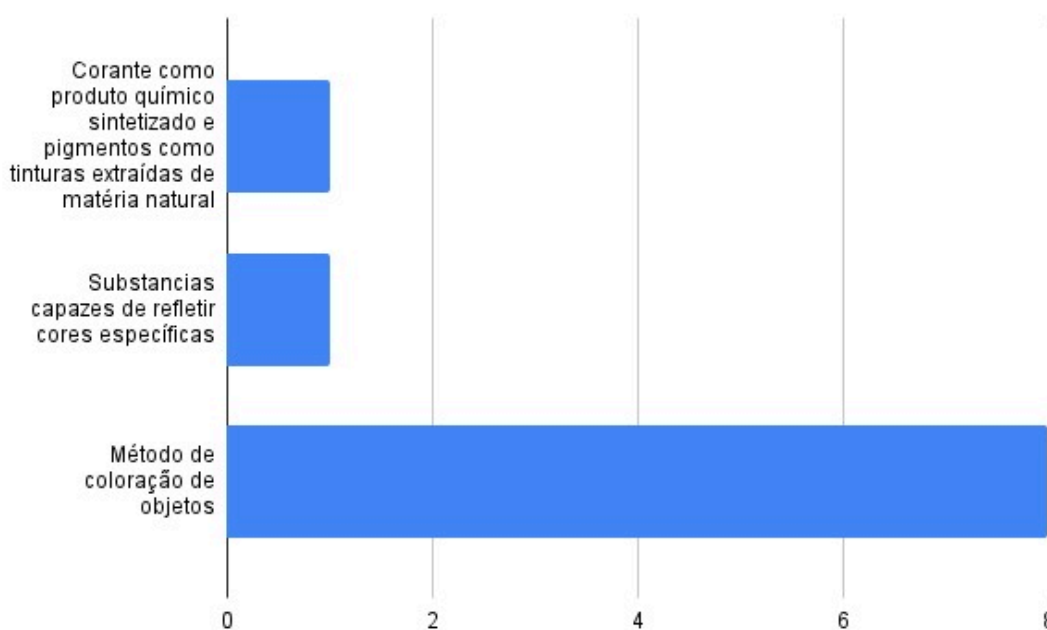
Fonte: O Autor (2026)

Apesar de os resultados indicarem certa familiaridade dos estudantes com o uso de corantes e pigmentos especialmente quanto às suas aplicações no cotidiano, poucos conseguiram definir o conceito dessas substâncias de maneira mais precisa. Observou-se na Figura 11 que 66,7% dos estudantes não souberam

responder à questão, enquanto apenas 33,3% apresentaram definições próximas ao conceito científico.

O elevado percentual de não respostas evidencia uma deficiência conceitual significativa em relação ao tema. Esse dado não revela apenas desconhecimento terminológico, mas também dificuldade em reconhecer como objeto de estudo científico substâncias amplamente presentes no cotidiano, como tintas, alimentos industrializados e tecidos coloridos. Tal lacuna sugere que, embora convivam diariamente com produtos que contêm corantes e pigmentos, os estudantes não estabelecem conexões entre essas experiências e os fundamentos químicos que explicam suas propriedades e funcionamento. Evidencia-se, assim, uma fragmentação entre o saber escolar e a realidade vivenciada.

**Figura 12 - Questão 3 (Pré-teste): Definição de corantes e pigmentos.**



Fonte: O Autor (2026)

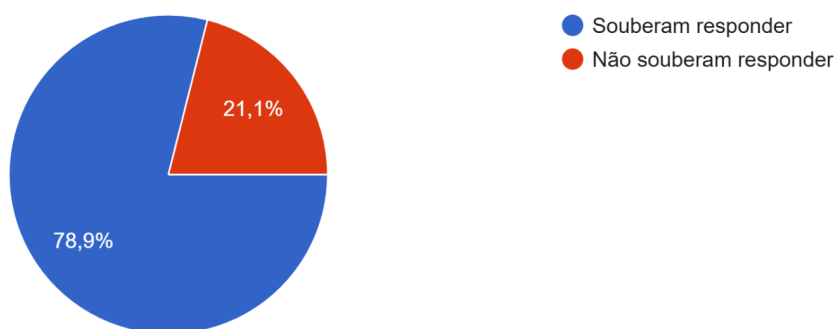
Entre os 33,3% que apresentaram respostas próximas ao conceito, conforme a Figura 12, observam-se tentativas de diferenciação conceitual, como a associação de corantes a produtos químicos sintetizados e de pigmentos a tintas extraídas de matéria natural. Outros mencionaram a capacidade dessas substâncias de refletir

cores específicas ou as definiram como métodos de coloração de objetos. Embora as respostas ainda apresentem simplificações e generalizações, como por exemplo a resposta “*Método de coloração de objetos*”, elas demonstram indícios de compreensão inicial acerca da natureza e da função dessas substâncias, configurando pontos de partida relevantes para o aprofundamento conceitual. Dentre as respostas obtidas, uma fala se destaca pela definição que envolve um contexto químico mais específico, definido como “*Substância capazes de refletir cores específicas*”. Essa resposta indica que já havia um conhecimento prévio acerca do tema.

Os demais resultados podem estar relacionados ao pouco contato sistematizado com o tema no contexto escolar, sobretudo em relação aos seus aspectos químicos mais específicos, como estrutura molecular, interação luz-matéria e propriedades físico-químicas. Tal cenário reforça a necessidade de abordagens didáticas que promovam maior articulação entre conceitos científicos e situações do cotidiano, favorecendo a construção de conhecimentos mais consistentes e contextualizados.

**Figura 13 - Questão 3 (Pós-teste): Poderia explicar o uso de um pigmento e corantes? Eles são naturais ou sintéticos? Poderia dar exemplos?**

19 respostas



Fonte: O Autor (2026)

Após a aplicação da sequência didática, os resultados apresentados na Figura 13 evidenciaram um avanço significativo na compreensão dos conceitos

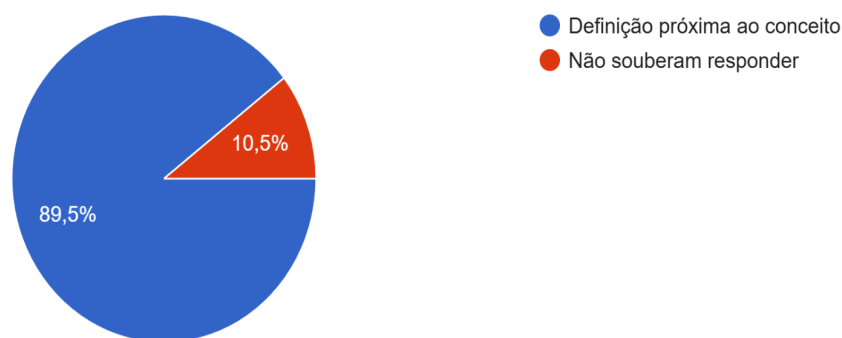
relacionados a corantes e pigmentos. No pós-teste, atingindo 78,9%, as respostas demonstraram maior capacidade de diferenciação quanto ao modo de interação dessas substâncias com os materiais, conforme exemplifica a afirmação: *“Pigmentos apenas revestem superficialmente o meio, enquanto o corante se adere ao material.”* Tal enunciado revela apropriação de uma distinção conceitual mais próxima da explicação científica, superando definições meramente funcionais observadas anteriormente.

No que se refere à natureza dessas substâncias, a maioria dos estudantes reconheceu sua ocorrência tanto em fontes naturais quanto sintéticas, apresentando exemplos pertinentes, como: *“Podem ser naturais ou sintéticos. Naturais seriam chá preto, cebola roxa. Sintéticos seriam os utilizados em jeans.”* e *“Existem tanto naturais quanto sintéticos. Um exemplo de naturais seria o pau-brasil, e de sintético seria o corante alimentício”*. As respostas indicam ampliação do repertório conceitual e maior capacidade de contextualização. O exemplo do Pau Brasil foi citado na aula teórica durante a apresentação do contexto histórico dos corantes naturais.

Esse movimento pode ser compreendido à luz das contribuições de Pimenta (2002), que defende a prática pedagógica como espaço de reflexão e produção de conhecimento. Ao planejar e desenvolver uma sequência didática com intencionalidade formativa, o professor cria condições para que os estudantes elaborem suas concepções e ampliem seu repertório conceitual. Nesse sentido, o avanço observado nas respostas do pós-teste evidencia que a mediação pedagógica favoreceu a construção de conhecimentos mais sistematizados e contextualizados, alinhados à perspectiva CTSA ao integrar dimensões científicas, sociais e ambientais do conteúdo.

**Figura 14 - Questão 4 (Pré-teste): Onde você enxerga a aplicação de corantes e pigmentos na sua vida? É importante?**

19 respostas



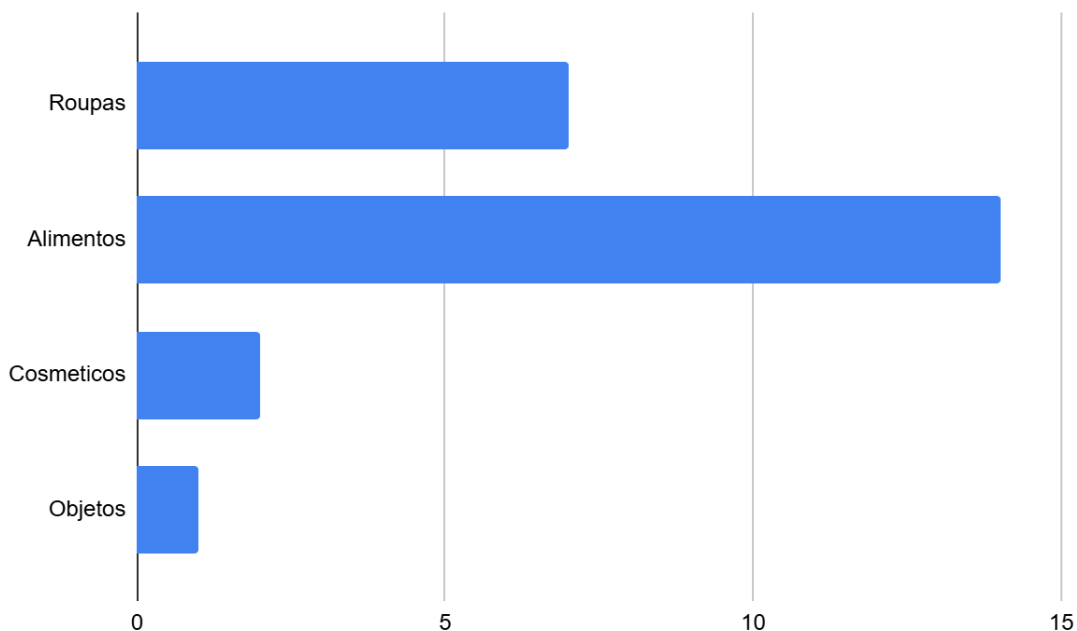
Fonte: O Autor (2026)

Apesar de alguns estudantes demonstrarem reconhecer a presença de corantes e pigmentos no cotidiano, na Figura 14 uma parcela significativa de 10,5% afirmou não compreender plenamente seu conceito ou a importância desses compostos. Algumas respostas revelaram, inclusive, uma percepção associada predominantemente a possíveis efeitos negativos, como exemplificado na fala: *“Enxergo em comidas e bebidas, mas prejudica a saúde.”* Durante a aula teórica, foram citados alguns corantes sintéticos utilizados em alimentos e bebidas, como por exemplo o corante Caramelo IV, amplamente empregado para conferir coloração a refrigerantes e outros produtos industrializados e que tem sido alvo de debates sobre potenciais riscos à saúde devido à presença de subprodutos como o 4-metilimidazol (4-MI), identificado em estudos com animais e classificado como possível agente carcinogênico em algumas regulações internacionais.(Instituto Pensi, 2023).

Esse dado evidencia que, embora exista familiaridade com o uso cotidiano dessas substâncias, a compreensão conceitual acerca de sua natureza química, função e propriedades ainda se apresenta limitada. Observa-se uma tendência à associação simplificada entre “corante” e “prejuízo à saúde”, o que indica a presença de concepções parciais ou influenciadas por discursos sociais difundidos no cotidiano.

Sob a perspectiva CTSA, tal resultado revela a importância de promover discussões que articulem o conhecimento científico às dimensões sociais e tecnológicas, permitindo que os estudantes superem visões reducionistas e desenvolvam uma compreensão mais crítica e fundamentada sobre o papel dos corantes e pigmentos na indústria, na alimentação e nos impactos ambientais.

**Figura 15 - Questão 4 (Pré-teste): Aplicações de corantes e pigmentos no dia-a-dia**



Fonte: O Autor (2026)

Os resultados apresentados na Figura 15 indicam que, embora os estudantes reconheçam a presença de corantes e pigmentos no cotidiano, muitos ainda não conseguem atribuir importância conceitual a esses compostos. Esse padrão de respostas sugere que a familiaridade prática não garante, necessariamente, a compreensão científica. A observação recorrente de aplicações, principalmente em alimentos, como mostrado no gráfico, também tecidos e produtos industriais não é suficiente para promover a construção de conceitos químicos mais estruturados

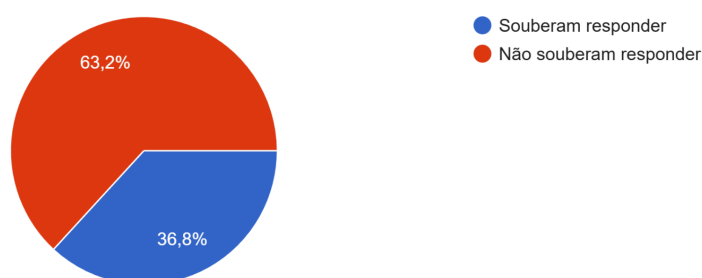
quando tais aspectos não são sistematicamente problematizados no contexto escolar.

Além disso, a natureza abstrata dos conteúdos relacionados à química de corantes e pigmentos, como interações moleculares, mecanismos de absorção de luz, origem natural ou sintética e impactos socioambientais, pode dificultar a elaboração de respostas mais completas e fundamentadas. Nesse sentido, as contribuições de Pavão (2008) reforçam a importância de um ensino de Ciências que une pesquisa e prática, promovendo a investigação e a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento.

Sob a perspectiva da abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), torna-se fundamental integrar os conceitos químicos às suas implicações tecnológicas, sociais e ambientais, possibilitando que os estudantes compreendam não apenas os princípios científicos envolvidos, mas também os impactos associados à produção, ao uso e ao descarte dessas substâncias. Ao relacionar corantes e pigmentos às discussões sobre indústria, consumo, saúde e consequências ambientais, promove-se uma aprendizagem mais crítica, contextualizada e alinhada à formação para a cidadania.

**Figura 16 - Questão 4 (Pós-teste): Poderia explicar o mecanismo de origem das cores num corante/pigmento?**

19 respostas



Fonte: O Autor (2026)

Embora os resultados dos testes tenham evidenciado avanço na compreensão geral sobre sustentabilidade e no reconhecimento das utilizações de

corantes e pigmentos, observa-se na Figura 16 que os conceitos químicos mais específicos, especialmente aqueles relacionados à origem das cores em nível molecular, não foram plenamente assimilados pela maioria dos estudantes. Ainda assim, algumas respostas aproximaram-se de explicações cientificamente fundamentadas, destacando-se afirmações como: *“A estrutura molecular que alterna entre ligações duplas e simples permite a origem das cores.”*; *“A luz branca entra em contato com o objeto, ele absorve as outras cores e reflete apenas uma.”*; e *“Se deve ao fato de componentes químicos reagirem com as diferentes cores absorvidas e refletindo uma única cor.”*

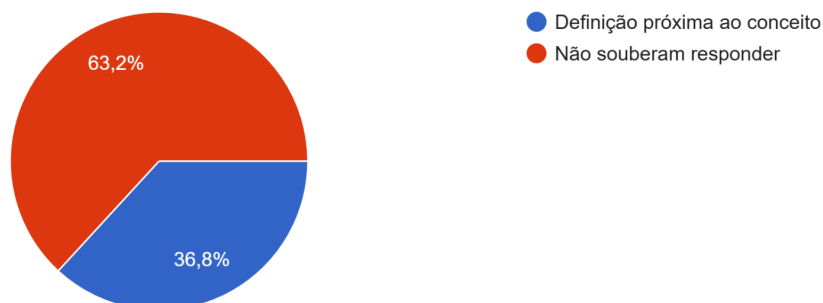
Essas manifestações indicam indícios de compreensão acerca dos sistemas conjugados e da interação entre luz e matéria, ainda que de forma parcial ou não totalmente sistematizada. Tal cenário sugere que houve avanço conceitual, porém em diferentes níveis entre os estudantes, o que é comum em processos de aprendizagem.

Para Pimenta (2002), compreende-se que a consolidação de conceitos mais complexos está relacionada à intencionalidade pedagógica e à mediação realizada pelo professor, que organiza situações de aprendizagem capazes de promover reflexão, problematização e reconstrução do conhecimento. Nesse sentido, a sequência didática, ao articular conceitos químicos à abordagem CTSA, constituiu um espaço formativo que favoreceu a ampliação das compreensões dos estudantes, ainda que nem todos tenham alcançado um domínio conceitual plenamente consolidado.

Assim, infere-se que o tempo limitado para abordagem de um conteúdo de maior abstração pode ter influenciado a assimilação desigual observada, evidenciando a necessidade de maior aprofundamento e retomadas sistemáticas para a consolidação dos fundamentos científicos envolvidos.

**Figura 17 - Questão 5 (Pré-teste): Você consegue observar algum problema ambiental na manipulação de corantes e pigmentos no cotidiano? Quais?**

19 respostas



Fonte: O Autor (2026)

A análise dos resultados da questão 5 na Figura 17 indica que a maioria dos estudantes não associa corantes e pigmentos a problemas ambientais. Algumas respostas afirmaram de forma explícita que não percebem impactos negativos decorrentes da utilização dessas substâncias em suas diversas áreas de aplicação. Esse resultado evidencia uma compreensão ainda limitada acerca das implicações ambientais associadas à produção, ao uso e ao descarte de corantes e pigmentos.

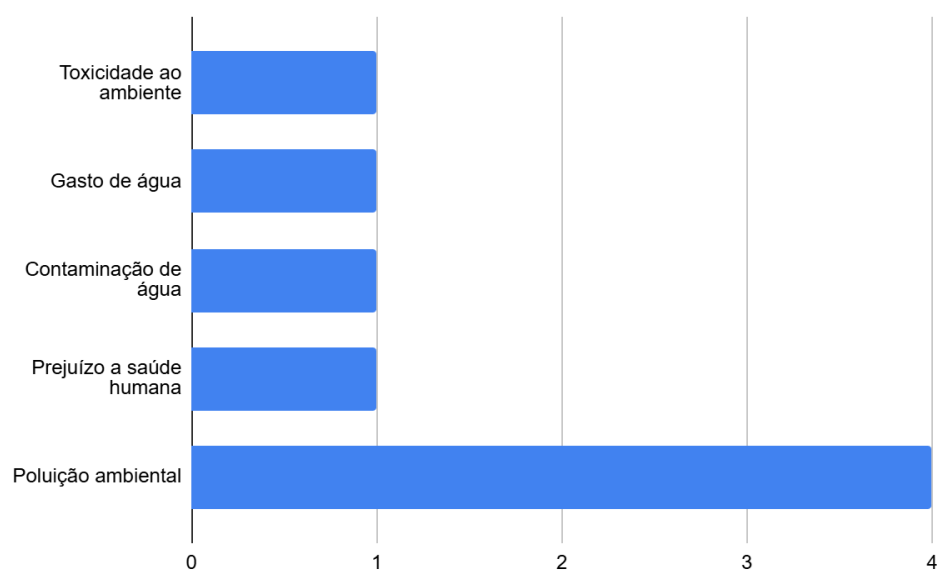
Entretanto, entre as respostas que reconheceram a existência de possíveis problemas decorrentes dessas aplicações, observou-se uma aproximação conceitual mais consistente, conforme apresentado na figura a seguir. Os dados demonstram que 63,2% dos estudantes não souberam responder, enquanto 36,8% apresentaram uma definição próxima ao conceito esperado. Esses resultados indicam que, embora parte dos alunos já demonstra sensibilidade para questões ambientais, ainda há lacunas significativas na compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Sob a perspectiva da abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), tais dados reforçam a importância de práticas pedagógicas que promovam a problematização dos impactos ambientais relacionados aos conteúdos químicos, favorecendo o desenvolvimento de uma visão crítica e contextualizada. O exemplo utilizado, referente ao município de Toritama (PE), mostrou-se

especialmente significativo por se tratar de uma realidade próxima dos estudantes, o que ampliou o envolvimento e a identificação com a problemática apresentada. A aproximação com uma situação concreta contribuiu para tornar o debate mais relevante, estimulando reflexões sobre os impactos ambientais associados às práticas produtivas locais.

De acordo com Aikenhead (2006), o ensino de Ciências na perspectiva CTSA deve integrar os conhecimentos científicos aos contextos sociais em que estão inseridos, promovendo a compreensão das implicações tecnológicas, ambientais e sociais da ciência. Nessa perspectiva, a contextualização de problemas reais favorece uma aprendizagem mais significativa e crítica, permitindo que os estudantes relacionem os conteúdos químicos às suas consequências no ambiente e na sociedade.

**Figura 18 - Questão 5 (Pós-teste): Você consegue observar algum problema ambiental na manipulação de corantes e pigmentos no cotidiano? Quais?**



Fonte: O Autor (2026)

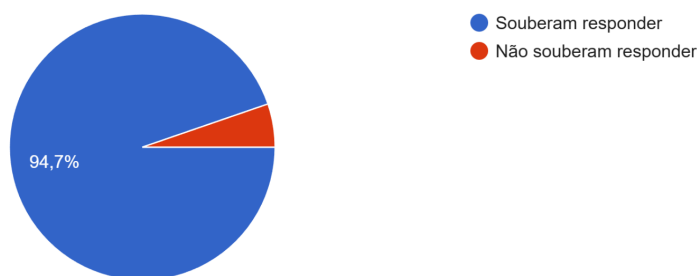
Os resultados representados na Figura 18 indicam que os estudantes que conseguiram observar problemáticas ambientais relacionadas à manipulação de

corantes e pigmentos possuíam, em sua maioria, conhecimentos prévios limitados e de caráter genérico, sem uma conexão clara com os aspectos científicos e químicos que fundamentam essas problemáticas. Essa tendência sugere que, embora alguns alunos tenham consciência de que práticas humanas podem impactar o meio ambiente, essa percepção ainda não está articulada a uma compreensão mais profunda dos processos e mecanismos envolvidos, como formas de contaminação de corpos d'água, bioacumulação ou degradação de ecossistemas. Isso pode ser explicado pela ausência de contextualizações que relacionem saberes científicos e questões socioambientais, o que dificulta a construção de significados mais elaborados.

Nesse sentido, Azevedo (1996) destaca que a compreensão dos estudantes sobre questões científicas complexas tende a permanecer superficial quando o ensino não propicia articulações entre conhecimento científico e implicações socioambientais reais. A perspectiva CTSA reforça essa necessidade, defendendo que problemas do cotidiano, como impactos ambientais de substâncias químicas, devem ser explorados de forma contextualizada e crítica para promover a aprendizagem significativa. Assim, a incorporação de estratégias pedagógicas que relacionem conteúdos de Química a problemas ambientais concretos por meio de demonstrações, estudos de caso e atividades investigativas é fundamental para favorecer a compreensão científica dos estudantes e superar explicações simplistas ou isoladas.

**Figura 19 - Questão 5 (Pós-teste): Utilizando o exemplo de produção de jeans no polo Toritama em Pernambuco - Brasil, você acha que a prática de resíduos com corantes é sustentável? Por que?**

19 respostas



Fonte: O Autor (2026)

Os resultados desta questão na Figura 19 revelam um avanço expressivo no desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes após a aplicação da sequência didática defendida por Zabala (1998) Observou-se que a maioria reconheceu os impactos ambientais relacionados ao uso de corantes e pigmentos sintéticos na indústria têxtil, destacando especialmente o elevado consumo de água e o descarte inadequado de resíduos, como evidenciado nas falas: *“A produção de jeans resulta em um grande desperdício de água.”*; *“Consumo de água desnecessário e descarte mal feito.”*; *“Os rios são muito afetados com esses corantes que podem ser tóxicos.”*

Outras respostas demonstram apropriação de conceitos relacionados à sustentabilidade, evidenciando que a sequência didática contribuiu para a compreensão das dimensões ambientais, sociais e econômicas envolvidas na problemática, como nas afirmações: *“Não respeita um dos três pilares da sustentabilidade, que é o meio ambiente.”*; *“Afeta o social e o meio ambiente apesar de ser bom para a economia.”* Tais enunciados indicam que os estudantes passaram a relacionar a temática aos princípios do desenvolvimento sustentável, ultrapassando uma visão restrita ao conteúdo químico.

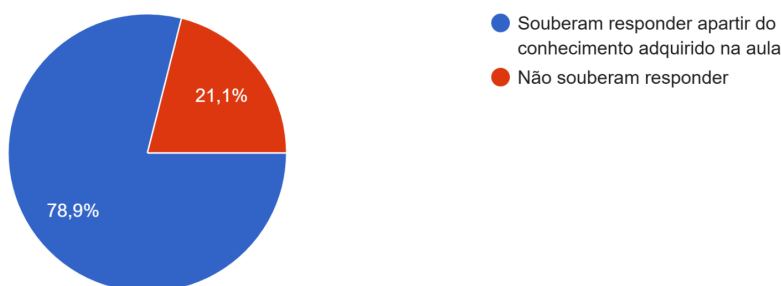
Além disso, algumas respostas sugerem alternativas para minimizar os impactos ambientais, demonstrando capacidade de reflexão propositiva: *“Pode-se tornar sustentável caso a água seja tratada da forma devida.”*; *“Somente quando o descarte da água utilizada é feito de forma correta.”* Essas proposições evidenciam

não apenas compreensão do problema, mas também o desenvolvimento de postura crítica diante das questões socioambientais.

Sob a perspectiva da abordagem CTSA, tais resultados indicam que a contextualização do conteúdo a partir de uma problemática real e próxima da realidade dos estudantes favoreceu a construção de conhecimentos articulados às dimensões sociais e ambientais. Conforme defendido por Aikenhead (2006), o ensino de Ciências deve promover a integração entre conhecimento científico e contextos socioculturais, possibilitando a formação de cidadãos capazes de analisar criticamente os impactos das tecnologias na sociedade. Assim, os dados demonstram que a sequência didática foi efetiva não apenas na compreensão conceitual, mas principalmente no desenvolvimento da capacidade argumentativa e reflexiva frente a questões socioambientais.

**Figura 20 - Questão 6 (Pós-teste): Que alternativas podemos ter em relação à prática do uso de corantes sintéticos, comente o porquê e como?**

19 respostas



Fonte: O Autor (2026)

No pré-teste, observou-se que os estudantes apresentavam dificuldade em sugerir alternativas de práticas sustentáveis de forma geral, limitando-se a respostas genéricas ou à demonstração de desconhecimento acerca do conceito de sustentabilidade. Essa constatação expõe a falta de compreensão inicial dos alunos sobre a relação entre ciência, tecnologia e questões socioambientais, mostrando que a percepção sobre impactos ambientais e soluções possíveis ainda não estava consolidada.

Após a aplicação da sequência didática, foi possível identificar, no pós-teste (Figura 19), que a maioria dos estudantes foi capaz de elaborar alternativas concretas, evidenciando um avanço significativo na compreensão do conteúdo e na capacidade de reflexão crítica sobre práticas sustentáveis. Grande parte dos estudantes sugeriu o uso de corantes naturais, exemplificando a prática experimental realizada durante as atividades e justificando sua utilização como estratégia sustentável: *“Corantes naturais são as melhores alternativas, pois vindo da natureza um dia volta para ela.”*; *“Como o material faz parte da biomassa, a natureza absorveria os restos do processo.”*; *“Uma alternativa seria trocar o método de pigmentação por corantes naturais usando cebola, hibisco, café entre outros.”*

Além da substituição dos corantes sintéticos por alternativas naturais, outras respostas indicaram que o tratamento adequado da água constitui uma prática sustentável, evidenciando a preocupação dos estudantes em atender aos critérios sociais e ambientais necessários para uma qualidade de vida adequada: *“O devido tratamento da água usada, o descarte correto, para não afetar a vida ao redor.”*

Esses dados demonstram que a sequência didática não apenas proporcionou conhecimento sobre alternativas químicas mais sustentáveis, mas também estimulou os alunos a considerarem diferentes estratégias para minimizar impactos ambientais, ampliando a capacidade de reflexão sobre problemas complexos e interdependentes.

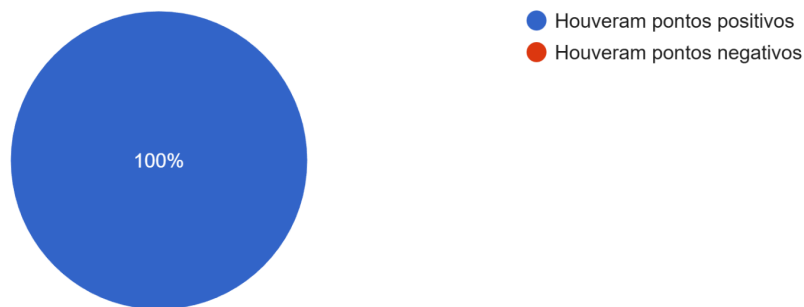
Sob a perspectiva da abordagem CTSA, tais resultados indicam que a proposta permitiu aos estudantes articular conhecimentos químicos com questões socioambientais reais, favorecendo a aprendizagem significativa e a construção de consciência crítica.

Sob a perspectiva da educação para sustentabilidade, tais resultados estão em consonância com o que aponta Sachs (2002), que enfatiza que a sustentabilidade envolve não apenas aspectos ecológicos, mas a articulação entre ambiente, sociedade e modos de produção, demandando do educando uma compreensão crítica das relações que envolvem práticas humanas e seus impactos. De forma complementar, Moreira (2012) enfatiza que abordagens pedagógicas que

promovem a contextualização dos conteúdos científicos em situações reais e significativas favorecem a construção de uma consciência crítica e propositiva, capaz de integrar conhecimento científico e decisões éticas diante de desafios socioambientais. Assim, a sequência didática aplicada mostrou-se efetiva na promoção da consciência socioambiental, estimulando os estudantes a propor soluções viáveis e contextualizadas para problemáticas associadas ao uso de corantes e pigmentos, consolidando a importância da integração entre ciência, sociedade e meio ambiente no processo de aprendizagem.

**Figura 21 - Questão 7 (Pós-teste): Você poderia avaliar esta aula? Que pontos positivos e negativos pode ver?**

19 respostas



Fonte: O Autor (2026)

Essa questão teve como objetivo analisar a percepção dos estudantes acerca da sequência didática, e os resultados apontaram avaliação predominantemente positiva, com muitas respostas destacando o caráter dinâmico da aula e relevância da experimentação para a aprendizagem e estimulação de curiosidade e interesse no conteúdo: *“Foi bem interessante tingir um tecido usando materiais naturais.”*; *“A prática no laboratório desenvolve a curiosidade e interesse.”*; *“A ida ao laboratório foi uma boa experiência.”*

Outros aspectos destacados pelos estudantes foram a contextualização constante, através de exemplos do cotidiano, e a clareza nas explicações: *“Aula dinâmica e aprendi sobre coisas que não sabia.”*; *“Foi uma aula muito didática e*

*dinâmica, com uma explicação clara e objetiva.”; “Exemplos presentes no nosso dia a dia.”*

Alguns também destacaram as atividades demonstrativas como um grande fator estimulante na aula, com seu critério interativo: *“As dinâmicas funcionam bem como método de ensino.”; “Achei muito boa, principalmente pelas demonstrações do que foi explicado.”*

Apesar da avaliação positiva, também houveram respostas que destacaram a limitação de tempo, reforçando a necessidade de ampliação da carga horária para aprofundamento dos conteúdos: *“As aulas poderiam ter mais tempo, principalmente para a parte prática.”* Essa observação evidencia o reconhecimento, por parte dos estudantes, da importância de momentos mais extensos dedicados à experimentação, à discussão e à consolidação dos conceitos trabalhados. Além disso, tal percepção dialoga com os desafios enfrentados no contexto atual de organização curricular do Ensino Médio, no qual a distribuição do tempo entre diferentes componentes pode impactar o aprofundamento das disciplinas da área de Ciências da Natureza, especialmente a Química. Assim, os dados sugerem que a ampliação do tempo pedagógico poderia potencializar ainda mais os resultados observados na sequência didática.

A reforma do Ensino Médio, instituída pela Lei nº 13.415/2017, reorganizou o currículo com a introdução de itinerários formativos e flexibilização das disciplinas, o que pode resultar em redução efetiva do tempo dedicado às aulas de Química em muitos contextos escolares (SBQ, 2021).

De modo geral, a análise comparativa entre pré e pós-teste evidencia avanços significativos na compreensão dos estudantes acerca das aplicações, impactos ambientais e implicações socioambientais relacionadas ao uso de corantes e pigmentos. Inicialmente, observava-se uma percepção mais superficial, com dificuldade em reconhecer problemas ambientais e propor alternativas sustentáveis, além de limitações na explicação de conceitos químicos mais específicos. Após a sequência didática, os estudantes passaram a demonstrar maior capacidade de relacionar conteúdos químicos a situações reais, reconhecer impactos ambientais,

como o consumo excessivo de água e o descarte inadequado de resíduos, articular os pilares da sustentabilidade e propor alternativas viáveis, como o uso de corantes naturais e o tratamento adequado da água.

A partir da perspectiva socio construtivista de Vygotsky (1998), esse avanço pode ser compreendido como resultado das interações sociais e da mediação pedagógica promovidas ao longo da sequência didática. As discussões coletivas, a problematização e as atividades experimentais favoreceram a construção compartilhada do conhecimento, possibilitando que os estudantes ampliassem sua compreensão a partir da interação com o outro e da mediação do professor.

De modo complementar, conforme propõe Pavão (2008), o ensino de Ciências pautado na investigação e na experimentação contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia intelectual. A articulação entre prática experimental, contextualização social e reflexão sobre problemáticas reais favoreceu não apenas a assimilação de conteúdos, mas também a formação de uma postura mais consciente diante das questões socioambientais.

Embora ainda persistam dificuldades na consolidação de conceitos químicos mais abstratos, os resultados indicam avanço na capacidade argumentativa, na consciência ambiental e na construção significativa do conhecimento científico.

## 6. CONSIDERAÇÕES

O presente trabalho teve como principal objetivo promover a conscientização socioambiental entre estudantes do ensino médio, por meio da aplicação de uma sequência didática investigativa voltada à exploração de corantes e pigmentos, articulando conceitos químicos às problemáticas ambientais associadas à indústria têxtil. A proposta integrou fundamentos científicos à realidade dos estudantes, incentivando a reflexão crítica sobre os impactos ambientais decorrentes do uso de corantes sintéticos, especialmente no que se refere ao consumo excessivo de água, ao descarte inadequado de resíduos e às implicações sociais envolvidas nesse processo. Essa abordagem está em consonância com a perspectiva CTSA, que enfatiza a importância de articular conhecimento científico com contextos sociais e ambientais, promovendo uma aprendizagem significativa e crítica, capaz de conectar

conceitos teóricos à experiência concreta dos estudantes e ao desenvolvimento de atitudes sustentáveis.

Os resultados evidenciaram a efetividade da sequência didática, destacando-se na Figura 19 que 94,7% dos estudantes conseguiram compreender e refletir criticamente sobre a sustentabilidade da produção de jeans no polo de Toritama, apresentando argumentos coerentes acerca dos impactos ambientais e sociais relacionados ao uso de corantes na indústria têxtil. Esse elevado percentual demonstra avanços significativos no desenvolvimento do pensamento crítico, na capacidade argumentativa e na articulação entre conceitos químicos e problemáticas socioambientais.

A atividade experimental com corantes naturais destacou-se como recurso pedagógico fundamental para consolidar o aprendizado teórico, favorecer a contextualização dos conteúdos e despertar o interesse pela Química aplicada à sustentabilidade. Observou-se que a maioria dos estudantes conseguiu estabelecer relações entre os processos de tingimento, os pilares da sustentabilidade e a necessidade de práticas ambientalmente responsáveis, indicando progresso na compreensão das dimensões científica, tecnológica, social e ambiental envolvidas.

Entretanto, algumas limitações foram identificadas. Parte dos estudantes apresentou dificuldades na consolidação de conceitos químicos mais abstratos, especialmente aqueles relacionados à origem molecular das cores e à estrutura dos sistemas conjugados. Tal aspecto evidencia a necessidade de maior aprofundamento conceitual e de retomadas sistemáticas para fortalecer a articulação entre teoria e prática. Além disso, a limitação do tempo pedagógico indica a importância de ampliar a carga horária destinada à abordagem de conteúdos que exigem maior nível de abstração.

A inserção da temática sob a perspectiva CTSA mostrou-se uma estratégia promissora para tornar o ensino de Química mais significativo, ao evidenciar as inter-relações entre desenvolvimento tecnológico, impactos ambientais, dimensões econômicas e responsabilidade social. A abordagem adotada possibilitou aos estudantes compreenderem que a ciência está inserida em contextos históricos e

sociais, sendo diretamente relacionada às decisões produtivas e às questões ambientais contemporâneas.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a ampliação da sequência didática em diferentes contextos escolares, bem como o aprofundamento de estudos sobre a produção e viabilidade de corantes naturais, considerando aspectos químicos, econômicos e ambientais. Investigações comparativas entre corantes naturais e sintéticos também podem contribuir para análises mais abrangentes sobre sustentabilidade e impacto socioambiental.

Dessa forma, os resultados deste estudo reafirmam que práticas pedagógicas investigativas e contextualizadas, fundamentadas na perspectiva CTSA, contribuem significativamente para a formação de estudantes mais críticos, reflexivos e conscientes de seu papel diante dos desafios socioambientais contemporâneos, fortalecendo a educação científica como instrumento de transformação social.

## REFERÊNCIAS

ABSORÇÃO da luz e transparência de objetos. Física 4. 2015. Disponível em: <https://fisic4.wordpress.com/2015/05/03/absorcao-da-luz-e-transparencia-de-objetos/>

ACSELRAD, H. Justiça ambiental e construção social do risco. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 5, 2002.

ACSELRAD, H.; MELLO, C. C. A.; BEZERRA, G. N. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

AIKENHEAD, Glen S. **Science education for everyday life**: evidence-based practice. New York: Teachers College Press, 2006.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. Dordrecht: Springer, 2013

ARAÚJO, F. M. de; SAMPAIO, C. de G. Continuing training of teachers in teaching chemistry in the light of the CTSA approach: a bibliographic analysis. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e21111931844, 2022.

ATKINS, P.; DE PAULA, J. **Físico-química**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

AZEVEDO, N. J. Ciência, tecnologia e sociedade: a redescoberta da ciência como cultura. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 211–230, 1996.

AZEVEDO, N. R.; ARAÚJO, S. N. A abordagem CTS e o ensino de Química: um estudo sobre sua viabilidade pedagógica. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 35–40, 2006.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARROS, M. A. S.; ALMEIDA, P. Uma abordagem sustentável para o ensino médio: bioplásticos no ensino de Química. **Lumen et Virtus**, v. 16, n. 50, p. 8706–8764, 2025. DOI: 10.56238/levv16n50-049.

BEECHER, G. R. Synthetic food colorants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, n. 7–8, p. 465–473, 2005.

BERGMANN, A. *et al.* Benefícios do consumo de carotenóides a partir de frutas nativas do Brasil: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 15, n. 97, p. 1158–1168, 2022.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 de abr. 1999.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Educação ambiental e sustentabilidade**: uma estratégia para o desenvolvimento. Brasília: MMA, 2012.

BRITO, K. B.; NASCIMENTO, C. S.; CERQUEIRA, F. A. Corantes naturais: pigmentos no ensino de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 21, 2021.

BROWN, T. L. *et al.* **Química: a ciência central**. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

BULLARD, R. D. **Dumping in Dixie**: race, class, and environmental quality. 3. ed. Boulder: Westview Press, 2000.

CARNEIRO, P. A.; ULRICH, G. D.; ZANONI, M. V. B. Desafios no tratamento de efluentes têxteis: uma abordagem crítica. *Química Nova*, v. 38, n. 4, p. 538–546, 2015.

CARVALHO, A. M. P. de. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, I. C. M. Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico. São Paulo: Cortez, 2004.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. 6. ed. Ijuí: Unijuí, 2016.

CHASSOT, A. I. Sobre prováveis modelos de átomos. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 1, 1996.

CHRISTIE, R. M. **Colour chemistry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2015.

CHUNG, K. T. Azo dyes and human health: a review. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 2016.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1988.

CORANTES naturais: importância e fontes de obtenção. **RECIMA21**, v. 3, n. 3, 2022. DOI: 10.47820/recima21.v3i3.1165.

CORRÊA, D. S. **Corantes**. Campinas: Unicamp, 2017.

COULTATE, T. P. **Food: the chemistry of its components**. 5. ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2009.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

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

DUTRA, J. A. *et al.* Química das cores: cores e corantes sob a perspectiva CTSA. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 10, n. 1, p. 34–54, 2024.

FERNANDES, F. H. A.; OLIVEIRA, M. F.; NAKAGAWA, L. E. A utilização de corantes naturais e artificiais: riscos e benefícios. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 11, n. 11, p. 2372–2383, 2013.

FIRME, R. N.; AMARAL, E. M. R. Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 382–399, 2011.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. 23. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FRANCIS, F. J. **Natural food colorants**. New York: Springer, 2000.

FORGACS, E.; CSERHÁTI, T.; OROS, G. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. **Environment International**, v. 30, p. 953–971, 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GORITO, G.; MORAIS, C. Empowering environmental awareness through chemistry. **Education Sciences**, v. 16, n. 1, p. 38, 2026.

GREGORY, P. **Industrial dyes and pigments**. 3. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HECHT, E. **Óptica**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2017.

HOQUE, M. B. *et al.* Unraveling the ecological footprint of textile dyes. **Pollution Science**, v. 5, n. 2, 2024.

HOUSECROFT, C. E.; SHARPE, A. G. **Química inorgânica**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2018.

INFOSUSTENTÁVEL. O que é sustentabilidade. YouTube, 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/>. Acesso em: 23 novembro 2025.

INSTITUTO PENSI. **Os perigos do corante caramelo**. São Paulo: Instituto Pensi, 2023. Disponível em: <https://institutopensi.org.br/os-perigos-do-corante-caramelo/>. Acesso em: 21 fev. 2026.

KHANDELWAL, Drishti; RANA, Ishika; MISHRA, Vivek; RANJAN, Kumar Rakesh; SINGH, Prashant. Unveiling the impact of dyes on aquatic ecosystems through zebrafish: a comprehensive review. **Environmental Research**, v. 261, p. 119684, 2024.

LAURIE, R. *et al.* *Contributions of education for sustainable development (ESD) to quality education: a synthesis of research*. Journal of Education for Sustainable Development, v. 10, n. 2, p. 226–242, 2016.

LIMA, E. R.; ROMEU, F. J. Experiências pedagógicas com atividades experimentais no ensino de Química: uma revisão. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 4, 2025.

LINS, L. **Poluição**: em Toritama, água “azul” do Capibaribe é devido a efluentes da lavagem do jeans. Oxe Recife, 30 set. 2023. Disponível em: <https://oxerecife.com.br/poluicao-em-toritama-agua-azul-do-capibaribe-e-devido-a-efluentes-da-lavagem-do-jeans/>. Acesso em: 22 fev. 2026.

LEFF, E. **Saber ambiental**: racionalidade, sustentabilidade, complexidade, poder. Petrópolis: Vozes, 2001.

LOUREIRO, C. F. B. **Trajetória e fundamentos da educação ambiental**. São Paulo: Cortez, 2012.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar**: estudos e proposições. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

LORENZETTI, L.; DEL PINO, J. C. **Educação ambiental: fundamentos e práticas**. São Paulo: Cortez, 2001.

MARTINS, G. B. C.; SUCUPIRA, R. R.; SUAREZ, P. A. Z. A química e as cores. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1508–1534, 2015. Disponível em: <http://www.uff.br/rvq>. Acesso em: 21 fev. 2026.

MAXWELL, J. C. A dynamical theory of the electromagnetic field. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 155, p. 459–512, 1865.

MODEFICA. **Fios da moda**: perspectivas sistêmicas para circularidade. São Paulo: Modefica; Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getulio Vargas (FGVCes), 2021.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: da teoria à prática. São Paulo: Centauro, 2011.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** 2012. Disponível em: <https://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L.. A proposta curricular de Química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, 2000.

MORTON, M. Pigments and their importance. **Progress in Organic Coatings**, v. 58, n. 2–3, p. 214–219, 2007.

MÜNCHEN, S.; SOARES, A. B.; ADAIME, M. B. Uma abordagem CTS no ensino de química a partir do tema jeans. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 462–474, 2016.

NEWTON, I. **Óptica**. São Paulo: EDUSP, 2002.

OLIVEIRA, D. B.; DAMAZIO, A. C. S.; TRINDADE, F. B. G. **Cuidar, conhecer e agir**: uma proposta de contextualização do ensino de Química. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo**: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Nova York: ONU, 2015.

PAIVA, D. S.; RIBEIRO, M. G. História da Química e Ensino: o corante índigo como conteúdo CTS. *In*: ENPEC, 8., 2011, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: ABRAPEC, 2011.

PAVÃO, A. C. **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa e a prática. Recife: Espaço Ciência, 2008.

PESSOA JÚNIOR, W. A. G.; AZEVEDO, F. R. P. Corantes sintéticos e seus impactos ambientais. **Revista Ibero-americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 12, 2025.

PERRENOUD, P. **10 novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PIMENTA, S. G. Saberes pedagógicos e atividade docente. São Paulo: Cortez, 2002.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 1, p. 1–13, 2009.

PORTO-GONÇALVES, C. W. A globalização da natureza e a natureza da globalização. 6. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2012.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211–227, 1982.

ROBINSON, T. *et al.* Remediation of dyes in textile effluent. *Bioresource Technology*, v. 77, n. 3, p. 247–255, 2001.

ROSSING, T. D.; CHIAVERINA, C. J. **Light science**: physics and the visual arts. Cham: Springer Nature, 2019.

SACHS, I. **Desenvolvimento sustentável**: crescimento econômico e proteção ambiental. São Paulo: Cortez, 2004.

SÁ, M. R.; LOURENÇO, L. S. Pigmentos e corantes naturais. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, 2013.

SANTOS, W. L. P. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana. *Alexandria*, v. 4, n. 1, 2011.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma abordagem sociocultural e crítica no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 8, n. 1, p. 1–20, 2002.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. 4. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

SILVA, L. R. G. Corantes naturais: na interface da Química com a arte. *Revista Educação Química em Ponto de Vista*, v. 6, n. 1, p. 68–84, 2022.

SILVA, S. D. SOUSA, M. L. C.; FERREIRA, R. A. Corantes naturais como indicadores ácido-base. *Revista Educação Química em Ponto de Vista*, v. 1, n. 1, p. 31–45, 2000.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B.; SNYDER, S. A. **Química orgânica**. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

STRIEDER, R. B. KAWAMURA, M. R. D. Educação CTS: parâmetros e propósitos brasileiros. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, 2017.

TUKEY, J. W. *Exploratory Data Analysis*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1977.

UNESCO. *Education for Sustainable Development: a roadmap*. Paris: UNESCO, 2020.

UNITED NATIONS. Sustainable Development Goal 4: Quality Education – Target 4.7. 2025.

UNITED NATIONS. Sustainable Development Goal 6: Clean Water and Sanitation – Target 6.3. 2025.

UNITED NATIONS WATER. SDG 6 Synthesis Report 2023: Water and Sanitation for All. Paris: UNESCO, 2023.

VIEIRA, M. C. S.; CURÃ, A. R. F.; SANTOS, G. A. **Abordagem CTSA no ensino de Química**. 55 ed. Rio de Janeiro: CBQ, 2015.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

YAGUB, M. T.; SEN, T. K.; AFROZE, S.; ANG, H. M. Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: a review. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 209, p. 172–184, 2014.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física universitária**. 15. ed. São Paulo: Pearson, 2020.

WACQUANT, L. **Os condenados da cidade**: estudos sobre marginalidade avançada. Rio de Janeiro: Revan, 2001.

WITT, O. N. Ueber die Constitution der Farbstoffe. **Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft**, v. 9, p. 522–535, 1876.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press, 1987.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZAGO, K. G. A. **Aprendizagem baseada em projetos aplicada aos estudos sobre energias renováveis**. Dissertação (Mestrado Profissional) – Instituto Federal do Espírito Santo, 2024.

ZHANG, Y. *et al.* Environmental impact of synthetic dyes: a review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 10, n. 3, 2022.

ZANQUI, R. **Horta escolar como proposta de abordagem CTS/CTSA da química do ensino médio**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, 2022.

ZOLLINGER, H. **Color chemistry**: syntheses, properties, and applications of organic dyes and pigments. 3. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2003.

ZUGA, K. F. *Technology education: a focus on content or process?* Journal of Technology Education, v. 3, n. 1, p. 16–30, 1992.