REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO ENSINO DE QUÍMICA

SCIENCE, TECHNOLOGY, AND SOCIETY: AN INQUIRY-BASED APPROACH TO CHEMISTRY EDUCATION

Ciências Exatas e da Terra • 07/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/793763128

Francisco José Mininel[1]

Silvana Márcia Ximenes Mininel[2]

RESUMO

A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) constitui uma perspectiva educacional que busca articular os conhecimentos científicos às aplicações tecnológicas, às questões sociais e aos desafios éticos contemporâneos. No Ensino de Química, essa abordagem pode contribuir para superar práticas pedagógicas centradas na memorização de conceitos, favorecendo a alfabetização científica, o pensamento crítico e a participação cidadã. Este artigo tem como objetivo apresentar uma proposta didática experimental fundamentada nos pressupostos CTS, destinada a estudantes do Ensino Médio, utilizando indicadores naturais de pH para investigar substâncias presentes no cotidiano e discutir suas implicações sociais, tecnológicas e ambientais. A metodologia proposta possui caráter qualitativo, exploratório e interventivo, organizada em etapas de problematização, experimentação investigativa, análise dos resultados e debate sociocientífico. A atividade utilizou extrato de repolho roxo como indicador ácido-base, possibilitando explorar conceitos de pH, acidez, basicidade, transformações químicas e avaliação crítica de informações sobre produtos de consumo. Essa proposta favoreceu a compreensão conceitual da Química, a argumentação baseada em evidências e a tomada de decisões responsáveis diante de questões cotidianas.

Palavras-chave: Educação CTS; Ensino de Química; Experimentação investigativa; Alfabetização científica; Pensamento crítico.

ABSTRACT

The Science, Technology, and Society (STS) approach is an educational perspective that seeks to link scientific knowledge with technological applications, social issues, and contemporary ethical challenges. In chemistry education, this approach can help move

beyond pedagogical practices centered on the rote memorization of concepts, instead fostering scientific literacy, critical thinking, and civic engagement. This article presents an experimental didactic proposal based on STS principles, designed for high school students, which uses natural pH indicators to investigate everyday substances and discuss their social, technological, and environmental implications. The proposed methodology is qualitative, exploratory, and interventionist in nature, organized into stages involving problematization, investigative experimentation, analysis of results, and socioscientific debate. The activity employs red cabbage extract as an acid-base indicator, allowing for the exploration of concepts such as pH, acidity, alkalinity, chemical transformations, and the critical evaluation of information regarding consumer products. This approach has facilitated a conceptual understanding of chemistry, evidence-based argumentation, and responsible decision-making concerning everyday issues.
Keywords: Science; Technology and Society Education; Chemistry Teaching; Investigative Experimentation; Scientific Literacy; Critical Thinking.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Química no Ensino Médio enfrenta o desafio de promover uma aprendizagem que ultrapasse a memorização de fórmulas, nomenclaturas e classificações, possibilitando aos estudantes compreender a presença da ciência em situações cotidianas e avaliar criticamente os efeitos das tecnologias na sociedade. Embora os conhecimentos químicos sejam fundamentais para compreender fenômenos naturais, processos industriais, medicamentos, alimentos, produtos de limpeza e questões ambientais, sua abordagem escolar nem sempre

estabelece relações significativas entre os conteúdos curriculares e a realidade dos estudantes.

Nesse contexto, a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) apresenta-se como uma possibilidade de reorganização do processo educativo. Em vez de compreender a ciência apenas como um conjunto de conhecimentos neutros e desvinculados do contexto social, a abordagem CTS propõe investigar as relações entre a produção científica, o desenvolvimento tecnológico, os interesses sociais e as consequências das decisões humanas.

Segundo Santos e Mortimer (2002), a educação CTS procura contextualizar os conteúdos científicos, relacionando-os a questões sociais relevantes e contribuindo para a formação de estudantes capazes de participar conscientemente das decisões que envolvem ciência e tecnologia. Essa perspectiva implica compreender que o conhecimento científico possui aplicações, limitações e consequências que precisam ser analisadas em seus contextos históricos, políticos, econômicos e ambientais.

Auler (2007), ao discutir os pressupostos do enfoque CTS para o contexto brasileiro, destaca a importância de promover o interesse dos estudantes pelas relações entre ciência, tecnologia e sociedade, bem como de desenvolver a capacidade de analisar implicações sociais e éticas associadas ao desenvolvimento científico-tecnológico. Nessa perspectiva, a educação científica deve contribuir para a formação de cidadãos capazes de tomar decisões informadas, desenvolver o pensamento crítico e exercer sua autonomia intelectual.

A discussão torna-se particularmente relevante para o ensino de Química, uma vez que numerosos problemas sociais contemporâneos envolvem conhecimentos dessa área. A composição dos produtos de limpeza, a qualidade da água, a conservação dos alimentos, o descarte de resíduos, o uso de fertilizantes e os impactos de processos industriais são exemplos de temas que permitem estabelecer conexões entre conceitos químicos e situações reais.

A experimentação pode desempenhar papel importante nesse processo, desde que não seja reduzida à reprodução mecânica de procedimentos previamente determinados. Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), a organização do ensino de Ciências deve considerar a problematização, a participação dos estudantes e a construção de relações entre os conhecimentos escolares e a realidade. Assim, atividades experimentais investigativas podem criar condições para formular hipóteses, observar evidências, comparar explicações e elaborar conclusões fundamentadas.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) também enfatiza a investigação de situações-problema, a análise de aplicações do conhecimento científico e tecnológico e a avaliação de suas implicações no mundo, favorecendo a construção de argumentos e a proposição de soluções responsáveis (BRASIL, 2018). Esses princípios dialogam com a perspectiva CTS ao reconhecerem que a aprendizagem científica deve contribuir para interpretar fenômenos e participar de decisões individuais e coletivas.

Diante dessas considerações, este artigo propôs uma atividade experimental com extrato de repolho roxo como indicador natural de pH. A experiência permitiu investigar o comportamento ácido-

base de substâncias de uso cotidiano e, simultaneamente, discutir a confiabilidade de informações comerciais, o uso responsável de produtos químicos, os impactos ambientais e a importância das evidências científicas na tomada de decisões.

A escolha dessa atividade justificou-se pelo baixo custo dos materiais, pela possibilidade de execução em laboratórios escolares ou espaços adaptados e pelo potencial de articular conhecimentos químicos a questões sociais. A experimentação, portanto, é concebida não apenas como recurso para demonstrar conceitos, mas como ponto de partida para uma investigação científica contextualizada.

O objetivo geral deste trabalho foi apresentar uma proposta experimental de ensino de Química fundamentada na abordagem CTS, visando à articulação entre conceitos científicos, aplicações tecnológicas, problemas sociais e desenvolvimento do pensamento crítico no Ensino Médio.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- Relacionar os conceitos de ácidos, bases, pH e indicadores naturais a substâncias presentes no cotidiano.

- Desenvolver habilidades de observação, formulação de hipóteses, registro de dados e interpretação de evidências.

- Discutir aspectos sociais, tecnológicos, econômicos e ambientais relacionados à fabricação, utilização e ao descarte de produtos de consumo.

- Incentivar a argumentação científica e a avaliação crítica de informações divulgadas em rótulos, propagandas e meios digitais.

- Propor instrumentos de avaliação capazes de identificar indícios de aprendizagem conceitual e desenvolvimento da autonomia intelectual.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Ciências

A abordagem CTS consolidou-se como uma perspectiva educacional associada à necessidade de compreender criticamente as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Sua inserção no ensino de Ciências representa uma alternativa à apresentação exclusivamente conceitual dos conteúdos, ao propor situações em que os estudantes possam reconhecer a relevância social dos conhecimentos científicos.

Santos e Mortimer (2002) argumentam que currículos orientados pela abordagem CTS buscam preparar os estudantes para o exercício da cidadania mediante a contextualização social dos conhecimentos científicos. Isso não significa abandonar os conceitos disciplinares, mas utilizá-los como ferramentas para interpretar situações concretas e avaliar diferentes alternativas de ação.

Auler (2007) ressalta a importância de superar compreensões simplificadas acerca da ciência e da tecnologia. Entre os aspectos centrais dessa discussão está o reconhecimento de que o desenvolvimento científico-tecnológico não produz,

automaticamente, benefícios universais ou soluções igualmente favoráveis para todos os grupos sociais. As tecnologias podem contribuir para a qualidade de vida, mas também podem gerar desigualdades, riscos ambientais e conflitos éticos.

Desse modo, a educação CTS deve proporcionar oportunidades para que os estudantes questionem quem se beneficia de determinada inovação, quais interesses influenciam sua produção, quais riscos estão envolvidos e como suas consequências podem ser distribuídas socialmente.

No ensino de Química, essa perspectiva pode ser desenvolvida a partir de temas como saneamento, tratamento da água, produção de alimentos, combustíveis, medicamentos, cosméticos, fertilizantes e resíduos industriais. Ao estudar esses temas, os estudantes mobilizam conceitos químicos para interpretar problemas reais e fundamentar posicionamentos.

A abordagem CTS também pressupõe que as decisões relacionadas à ciência e à tecnologia não são exclusivamente técnicas. Questões como o uso de determinado produto, a escolha de materiais, a destinação de resíduos e a adoção de processos industriais envolvem conhecimentos científicos, mas também valores, prioridades coletivas e responsabilidades sociais.

2.2. Alfabetização Científica e Formação para a Cidadania

A alfabetização científica constitui um dos fundamentos da educação científica voltada à participação social. Chassot (2003) compreende a alfabetização científica como uma dimensão importante da formação que permite aos sujeitos compreender o mundo e participar de sua transformação.

Nessa perspectiva, aprender Química não significa apenas reconhecer símbolos, memorizar equações ou resolver exercícios numéricos. Significa, também, compreender informações científicas presentes em situações cotidianas, avaliar explicações, identificar limites de evidências e utilizar conhecimentos para tomar decisões fundamentadas.

Santos e Mortimer (2002) associam a perspectiva CTS à formação para a cidadania, uma vez que a compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade permite examinar problemas que ultrapassam o ambiente escolar.

Por exemplo, ao investigar a acidez de bebidas ou o caráter ácido-base de produtos domésticos, os estudantes podem aprender os conceitos químicos envolvidos e, simultaneamente, refletir sobre a diferença entre uma observação experimental e uma afirmação publicitária. A mudança de cor de um indicador pode oferecer evidências qualitativas sobre uma solução, mas não comprova, isoladamente, que um produto seja seguro, sustentável, saudável ou superior a outro.

Essa distinção é fundamental para a alfabetização científica, pois ajuda os estudantes a reconhecerem o alcance e as limitações dos procedimentos utilizados. Uma conclusão cientificamente fundamentada precisa ser compatível com os dados obtidos e considerar as condições em que a investigação foi realizada.

A alfabetização científica, portanto, envolve tanto o domínio de conceitos quanto a capacidade de interpretar informações, avaliar argumentos e reconhecer a dimensão social da produção e utilização do conhecimento científico.

2.3. A Experimentação Investigativa no Ensino de Química

A experimentação é frequentemente utilizada no ensino de Química para tornar os fenômenos mais observáveis e favorecer a relação entre modelos teóricos e evidências empíricas. Entretanto, sua contribuição pedagógica depende da forma como a atividade é planejada e conduzida.

Em práticas exclusivamente demonstrativas, os estudantes podem limitar-se a observar resultados previamente conhecidos. Em propostas investigativas, por outro lado, são estimulados a formular questões, levantar hipóteses, estabelecer procedimentos, registrar observações e construir explicações.

Carvalho (2013) destaca a importância de organizar situações de ensino por investigação que favoreçam a participação ativa dos estudantes na construção de explicações e na análise de evidências. A experimentação passa, assim, a ser um recurso para desenvolver o raciocínio científico, e não apenas uma ilustração de conteúdos apresentados anteriormente.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) também contribuem para essa compreensão ao defenderem uma organização do ensino de Ciências que considere a problematização e a articulação entre os conhecimentos escolares e a realidade dos estudantes.

No ensino de Química, atividades investigativas podem explorar fenômenos como dissolução, solubilidade, acidez, basicidade, oxidação, separação de misturas e transformações químicas. A escolha de materiais cotidianos permite que os estudantes formulem perguntas relacionadas a experiências pessoais e,

posteriormente, analisem essas questões com base em conhecimentos científicos.

A atividade proposta neste artigo utiliza o extrato de repolho roxo, que contém antocianinas, pigmentos cuja estrutura e coloração variam conforme as condições químicas do meio. Essa característica permite observar alterações de cor quando o extrato entra em contato com soluções de diferentes características ácido-base (Figura 1). O repolho roxo (variedade da espécie *Brassica oleracea*) é rico em um número de substâncias bioativas, incluindo várias **antocianinas** com a estrutura básica da cianidina-3-diglicosídeo-5-glicosídeo (variam nos resíduos glicosídeos). A estrutura da cianina no repolho roxo, em soluções neutras, é de uma cor roxa, em soluções ácidas temos uma cor avermelhada e em soluções mais básicas a cor se torna esverdeada até um amarelado (nesse último caso, em soluções com alto pH). Essas variações de cores se devem a mudanças na estrutura molecular da cianina (passando por uma forma catiônica até uma forma aniônica) na presença de mais ou menos H^+ na solução aquosa associada. Essas mudanças estruturais interferem no sistema de ressonância da molécula e, consequentemente, nas energias de absorção de fótons no espectro visível.

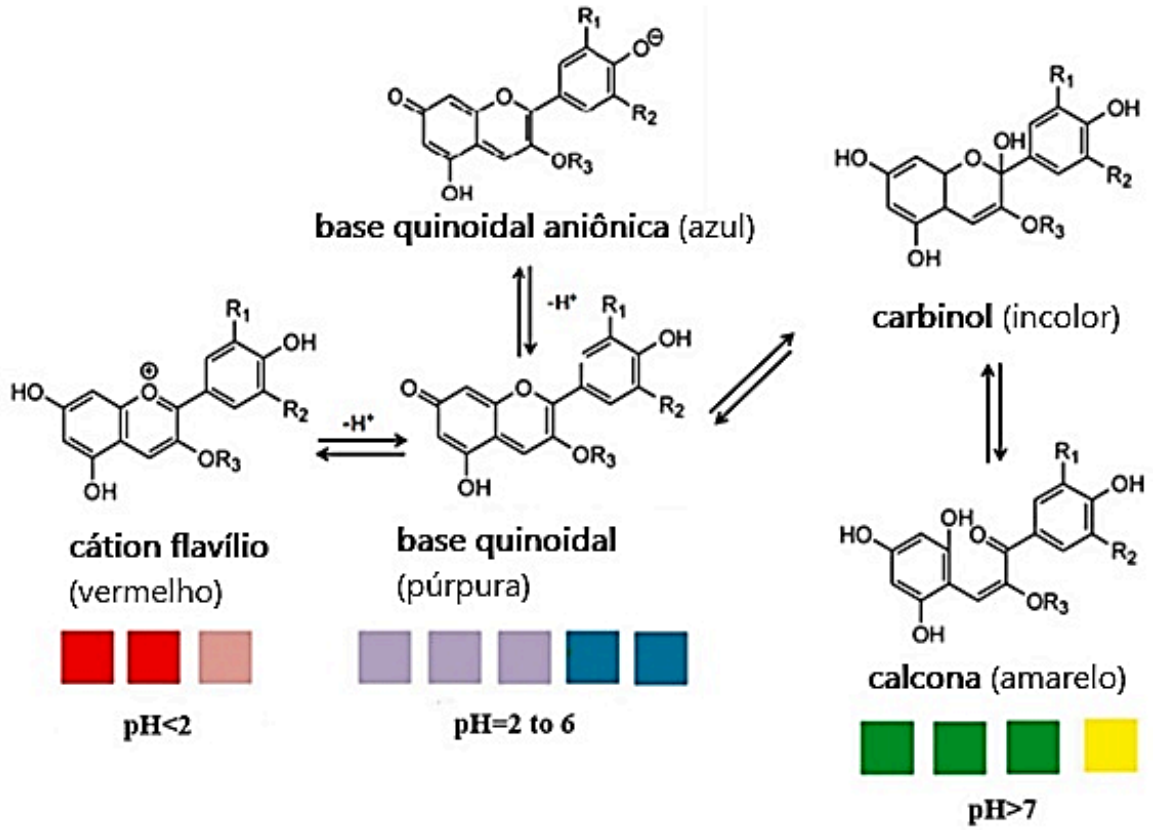


Figura 1. Coloração das antocianinas em diferentes pH.

Fonte: ABEDI-FIROOZJAH et al. (2022)

Na Figura 1, encontramos diferentes estruturas assumidas pelas antocianinas do repolho roxo em função do pH. O pH do meio tem efeito sobre a forma química, a cor e a estabilidade das antocianinas. As antocianinas, quando na forma de cátion flavílico, mostram uma absorbância intensa na região do visível compreendida entre os comprimentos de onda de 465 a 530 nm. No geral, as antocianinas do repolho roxo mudam de vermelho-roxo para azul-verde na faixa de pH 2-9.

A atividade não deve ser interpretada como uma medição precisa de pH. Trata-se de um procedimento qualitativo ou, com uma escala de cores adequadamente calibrada, semiquantitativo. Essa limitação oferece uma oportunidade pedagógica adicional: discutir a diferença entre observação, medição, estimativa e comprovação científica.

2.4. Conceitos Químicos: Ácidos, Bases, pH e Indicadores Naturais

Os conceitos de acidez e basicidade são fundamentais para compreender diversos fenômenos cotidianos. A escala de pH é frequentemente utilizada para caracterizar soluções aquosas, relacionando-se à atividade dos íons hidrônio e, em aproximações escolares, à concentração desses íons.

Em soluções aquosas diluídas, a 25 °C, o pH é definido por:

$$\mathrm{pH} = -\log_{10} a_{\mathrm{H_3O^+}}$$

em que $a_{\mathrm{H_3O^+}}$ representa a atividade dos íons hidrônio. Em abordagens introdutórias, essa expressão costuma ser aproximada por uma relação com a concentração molar, respeitadas as limitações dessa aproximação.

Em condições usuais, soluções com pH inferior a 7 são classificadas como ácidas, soluções com pH próximo de 7 como neutras e soluções com pH superior a 7 como básicas. Essa referência depende da temperatura e das condições do sistema.

Os indicadores ácido-base são substâncias que apresentam alterações de cor associadas às condições químicas do meio. Indicadores sintéticos, como a fenolftaleína e o azul de bromotimol, são empregados em atividades laboratoriais. Entretanto, alguns materiais naturais também apresentam propriedades indicadoras.

O repolho roxo contém antocianinas, pigmentos vegetais sensíveis ao pH. Em contato com soluções ácidas, o extrato pode apresentar tonalidades avermelhadas ou rosadas; em condições próximas da neutralidade, pode permanecer arroxeado; e, em meios básicos,

pode adquirir tonalidades azuladas ou esverdeadas, dependendo da composição e da concentração da amostra.

Essas cores são aproximadas e podem variar com a preparação do extrato, a iluminação, a concentração, a presença de outros componentes e o tempo de observação. Portanto, não se deve atribuir um valor exato de pH apenas pela tonalidade observada.

A atividade permite explorar, ainda, a diferença entre o caráter ácido-base de uma solução e a segurança de um produto. Um produto ácido não é necessariamente perigoso em qualquer concentração, assim como um produto básico não é automaticamente seguro. A avaliação de risco depende de fatores como concentração, quantidade, forma de exposição, composição e condições de utilização.

2.5. A Dimensão Sociocientífica da Química e a Tomada de Decisões

A abordagem CTS torna-se especialmente significativa quando os conceitos químicos são associados a questões que exigem análise de evidências e consideração de diferentes interesses sociais.

No caso dos produtos domésticos, por exemplo, os estudantes podem investigar como informações de rótulos e propagandas são apresentadas, quais propriedades são destacadas e quais dados seriam necessários para comparar produtos de maneira responsável.

A identificação de um caráter ácido ou básico não permite concluir, isoladamente, que um produto tenha maior poder de limpeza, cause menos impactos ambientais ou seja mais seguro. Para responder a essas questões, seria necessário considerar informações

adicionais, como composição, concentração, instruções de uso, toxicidade, biodegradabilidade e condições de descarte.

Essa discussão permite diferenciar três dimensões complementares, conforme indicado na Figura 2:

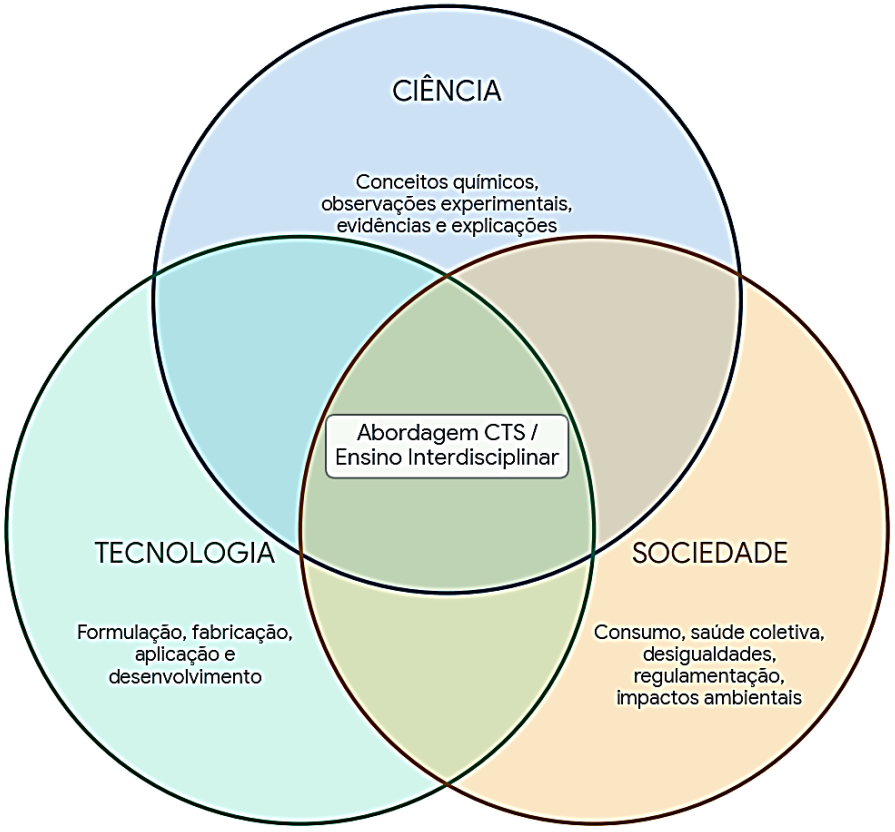


Figura 2. Representação esquemática das dimensões complementares na abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) para o ensino de Química. O diagrama destaca a intersecção entre os conceitos teóricos (Ciência), os processos de transformação e produção (Tecnologia) e os desdobramentos éticos, ambientais e políticos (Sociedade).
Fonte: AULER, 2007.

A articulação entre essas dimensões favorece o desenvolvimento de uma visão menos simplificada da atividade científica e tecnológica. Também permite compreender que decisões responsáveis precisam combinar evidências científicas com a análise de consequências e valores sociais.

Em consonância com a BNCC, a atividade proposta estimula a investigação de situações-problema, a análise de aplicações tecnológicas e a comunicação de conclusões fundamentadas (BRASIL, 2018).

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da Proposta

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa-ação de natureza qualitativa, exploratória e interventiva, desenvolvida junto a estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola de período integral da Rede Estadual de São Paulo. A fundamentação teórica e metodológica apoia-se na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e na experimentação investigativa, visando articular conceitos químicos a situações cotidianas e problemáticas socioambientais. Embora a proposta tenha sido implementada no recorte do 2º ano, sua estrutura pedagógica é flexível, permitindo a aplicação do 1º ao 3º ano do Ensino Médio mediante adaptações de complexidade adequadas aos conhecimentos prévios dos discentes. Para a execução das atividades, recomenda-se a organização da turma em grupos de quatro a cinco integrantes. A sequência didática foi planejada para uma carga horária de 150 minutos — distribuídos em três aulas de aproximadamente 50 minutos —, com possibilidade de ampliação a depender do nível de aprofundamento dos debates e da disponibilidade de materiais. O percurso metodológico estruturou-se em quatro momentos pedagógicos interdependentes: problematização inicial, investigação experimental, interpretação dos resultados e debate sociocientífico.

3.2. Questão Norteadora

A investigação será orientada pela seguinte questão:

Como a Química pode nos ajudar a avaliar características de produtos do cotidiano e a tomar decisões mais conscientes sobre seu uso, consumo e descarte?

A partir dessa questão, os estudantes foram convidados a formular hipóteses sobre o comportamento de diferentes substâncias quando colocadas em contato com um indicador natural. Também foram incentivados a discutir o que a mudança de cor permite concluir e quais informações adicionais seriam necessárias para avaliar a segurança e os impactos ambientais dos produtos investigados.

3.3. Materiais e Reagentes

A atividade utiliza materiais acessíveis, de baixo custo e apropriados para uma investigação escolar supervisionada (Tabela 1).

Tabela 1. Protocolo experimental.

Material ou substância	Quantidade sugerida	Finalidade
Repolho roxo	3 a 4 folhas grandes	Preparação do indicador
Água morna	300 mL	Extração dos pigmentos
Copos transparentes	8 a 10 unidades	Recipientes de análise
Conta-gotas ou pipetas	2 a 4 unidades	Transferência das amostras
Vinagre	10 a 20 mL	Amostra ácida

Suco de limão diluído	10 a 20 mL	Amostra ácida
Solução diluída de bicarbonato de sódio	10 a 20 mL	Amostra básica ou levemente básica
Água potável	10 a 20 mL	Comparação de referência
Solução diluída de detergente neutro	10 a 20 mL	Amostra comercial
Leite	10 a 20 mL	Amostra de caráter geralmente próximo da neutralidade, mas levemente ácido
Solução diluída de sabão	10 a 20 mL	Comparação de produto de limpeza
Etiquetas e canetas	Conforme necessário	Identificação das amostras
Luvas e óculos de proteção	Para os participantes, conforme o risco	Proteção durante a atividade

Fonte: Os autores

3.4. Preparação do Indicador Natural

O indicador ácido-base foi preparado de forma prévia pelo professor e pelos próprios estudantes sob supervisão direta. Inicialmente, três a quatro folhas de repolho roxo foram cortadas em pequenos pedaços e dispostas em um recipiente resistente ao calor. Ao material vegetal, adicionaram-se cerca de 300 mL de água morna, deixando-o em processo de infusão por 10 a 15 minutos, tempo suficiente para que o solvente adquirisse uma coloração roxa intensa. Na sequência, o extrato foi filtrado e mantido em repouso

até o completo resfriamento à temperatura ambiente. O indicador obtido foi então distribuído em pequenos frascos limpos e protegidos da incidência direta de luz até a sua efetiva utilização na aula prática. Com o propósito de garantir a segurança no ambiente escolar e evitar a manipulação direta de fluidos em alta temperatura pelos estudantes, optou-se pelo aquecimento prévio da água sob a responsabilidade exclusiva do docente.

3.5. Procedimento Experimental

A turma foi dividida em grupos de trabalho, sendo distribuídas porções semelhantes das amostras selecionadas para cada equipe. O percurso experimental iniciou-se com a identificação sistemática dos recipientes por meio de nomes ou códigos específicos, na qual se inseriu um volume de 10 mL de cada amostra. Em seguida, adicionaram-se 5 mL do indicador natural de repolho roxo em todos os copos, monitorando-se as alterações de coloração imediatamente após a mistura. As tonalidades observadas foram registradas pelos estudantes sob as mesmas condições de iluminação, servindo de subsídio para que deduzissem, qualitativamente, o caráter ácido, básico ou próximo da neutralidade de cada item. Na sequência, os dados foram compartilhados e debatidos entre os grupos para confrontar possíveis discrepâncias. Como critérios de controle de qualidade e confiabilidade metodológica, recomendou-se a padronização dos volumes utilizados, a anotação de falhas no processo e a replicabilidade dos testes em caso de dúvidas. Durante toda a prática, as substâncias mantiveram-se devidamente identificadas, observando-se rigorosas normas de segurança escolar que vetavam o contato dérmico, a ingestão ou a olfação direta de qualquer material.

3.6. Segurança e Descarte

A atividade foi realizada sob orientação docente, com proteção adequada e consulta prévia às informações de segurança dos produtos selecionados.

Não foram utilizados, nessa investigação, água sanitária, amônia, desentupidores, ácidos concentrados ou quaisquer produtos corrosivos. Também não houve mistura dos produtos de limpeza entre si, pois algumas combinações podem liberar gases tóxicos ou provocar reações perigosas.

As soluções preparadas não foram consumidas. O descarte seguiu as orientações da escola, as instruções dos fabricantes e as normas locais aplicáveis. Foi observado que a utilização de materiais domésticos não elimina a necessidade de avaliação de riscos.

3.7. Organização das Etapas Didáticas

A estruturação da intervenção pedagógica em etapas sequenciais e encadeadas (Tabela 2) fundamenta-se nos pressupostos das sequências didáticas propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). A divisão cronológica e funcional da atividade visa superar o ensino meramente transmissivo, promovendo uma transição gradual do conhecimento empírico e cotidiano dos estudantes para o conhecimento científico estruturado (Menezes et al., 2019).

Inicialmente, a divisão favorece a ancoragem cognitiva, partindo da *Problematização* para o levantamento de concepções prévias — etapa essencial para criar o conflito cognitivo necessário à aprendizagem significativa, conforme defendido pela teoria

ausubeliana. Ao transitar para a *Experimentação* e *Análise de Dados*, o desenho metodológico assume um caráter investigativo. Sob essa ótica, a atividade experimental deixa de ser uma mera receita de comprovação de teorias e passa a ser um espaço de mediação e coordenação entre as evidências empíricas e as categorias conceituais da Química (Suart; Marcondes, 2009).

Ademais, a inclusão de uma etapa dedicada ao *Debate CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)* estende a dimensão estritamente conceitual da Química para uma abordagem formativa e cidadã. De acordo com Santos e Mortimer (2002), a inserção de discussões sociocientíficas no currículo de ciências é indispensável para o desenvolvimento da argumentação, da criticidade e da capacidade de tomada de decisões conscientes frente a problemas do mundo real, tais como o consumo e o descarte de produtos químicos. Por fim, a *Sistematização* atua como o fechamento metacognitivo da intervenção, permitindo que o estudante organize e comunique formalmente os novos saberes construídos (Delizoicov et al., 2011), consolidando as competências previstas para a atividade.

Tabela 2. Etapas da intervenção pedagógica e finalidades.

Etapa	Duração	Atividade	Finalidade pedagógica
1. Problematização	25 min	Debate sobre rótulos, produtos e alegações comerciais	Levantar conhecimentos prévios e formular questões
2. Experimentação	50 min	Preparação das amostras, aplicação do indicador e registro das cores	Investigar propriedades ácido-base

3. Análise dos dados	25 min	Comparação dos registros e elaboração de explicações	Relacionar evidências e conceitos químicos
4. Debate CTS	35 min	Discussão sobre consumo, segurança, publicidade e descarte	Desenvolver argumentação e tomada de decisões
5. Sistematização	15 min	Produção de relatório ou cartaz científico	Comunicar resultados e avaliar aprendizagens

Fonte: Os autores

3.8. Problematização e Debate Sociocientífico

Após a observação experimental, o professor propôs questões que estimularam a interpretação dos dados e a discussão das relações CTS.

Entre as questões formuladas estão:

- Por que algumas amostras mudaram para tons avermelhados e outras para tons azulados ou esverdeados?
- Quais evidências permitem classificar qualitativamente as amostras?
- A cor observada permite determinar o pH exato de uma solução?
- Um produto básico é necessariamente mais eficiente para a limpeza?

- É possível afirmar que um produto é ambientalmente sustentável apenas por sua aparência, origem natural ou caráter ácido-base?

- Que informações devem ser consultadas antes de utilizar ou descartar um produto químico?

- Como a indústria pode reduzir os impactos ambientais associados à fabricação e ao consumo de produtos domésticos?

As respostas foram construídas a partir dos registros experimentais, dos conceitos químicos e de informações confiáveis, evitando conclusões que ultrapassem as evidências disponíveis.

3.9. Instrumentos de Coleta e Análise de Dados

Para avaliar a aprendizagem, foram utilizados três instrumentos complementares:

Questionário diagnóstico: aplicado antes da atividade para identificar conhecimentos prévios sobre ácidos, bases, indicadores e produtos domésticos.

Ficha de observação experimental: utilizada pelos grupos para registrar amostras, cores, hipóteses, resultados e conclusões.

Produção final: relatório, cartaz ou apresentação em que os estudantes expliquem os resultados e discutam uma questão social relacionada ao experimento.

Os registros foram analisados qualitativamente, considerando as categorias: compreensão conceitual, uso de evidências, argumentação científica e articulação CTS.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados Experimentais Esperados

Os resultados a seguir representam comportamentos químicos coletados durante a aplicação da intervenção pedagógica. A utilização do extrato de repolho roxo permitiu distinguir qualitativamente diferentes condições ácido-base, favorecendo a compreensão de que os materiais presentes no cotidiano apresentam propriedades químicas distintas (Tabela 3).

Tabela 3. Comportamento qualitativo das amostras após a adição do indicador de repolho roxo

Amostra	Tendência ácido-base esperada	Coloração indicativa aproximada
Suco de limão diluído	Ácida	Rosa ou avermelhada
Vinagre	Ácida	Rosa ou avermelhada
Água potável	Variável, frequentemente próxima da neutralidade	Roxa ou violeta
Leite	Levemente ácido, em geral	Violeta ou lilás
Solução de bicarbonato	Levemente básica	Azulada
Detergente diluído	Depende da formulação	Variável

Solução de sabão	Frequentemente básica	Azulada ou esverdeada

Fonte: elaboração própria.

A análise dessa tabela permite introduzir uma distinção essencial: a cor do indicador constitui uma evidência visual que auxilia na classificação qualitativa, mas não fornece, isoladamente, uma medida exata de pH.

O vinagre e o suco de limão, por exemplo, tendem a apresentar caráter ácido devido à presença de ácidos em sua composição. A solução de bicarbonato tende a apresentar caráter básico em condições usuais. Já produtos comerciais podem apresentar comportamentos diferentes em função de seus ingredientes e formulações.

O leite merece atenção especial, pois sua composição complexa e seu caráter geralmente levemente ácido mostram que nem todas as substâncias de uso cotidiano se enquadram de maneira simples em categorias intuitivas. Do ponto de vista pedagógico, comparar essas amostras pode favorecer a compreensão dos conceitos de acidez e basicidade e estimular a elaboração de explicações apoiadas em evidências. Essa orientação é compatível com a perspectiva investigativa descrita por Carvalho (2013), na qual os estudantes são incentivados a observar fenômenos e construir interpretações.

4.2. Modelo de Registro dos Estudantes

A estruturação dos registros na Ficha de Registro Experimental (Tabela 4) atua como um instrumento analítico fundamental para avaliar a capacidade dos estudantes em discriminar **observações**

empíricas de interpretações conceituais. Enquanto a proposição *"a solução adquiriu coloração colorimétrica rosa/vermelha"* configura uma descrição puramente fenomenológica (ciência enquanto observação), a asserção *"a amostra apresenta caráter ácido"* constitui uma inferência teórico-interpretativa, mediada pela ação do indicador natural de *Brassica oleracea var. capitata f. rubra* (repolho roxo). Sob a ótica dos pressupostos CTS, essa demarcação cognitiva é indispensável para o desenvolvimento do raciocínio científico e do pensamento crítico. Ao exercitarem essa distinção, os estudantes compreendem de forma prática o estatuto das evidências no fazer científico, reconhecendo que a formulação de conclusões e a tomada de decisões cidadãs — pilares da dimensão social da ciência — devem ser rigorosamente proporcionais e balizadas pelos dados empíricos e tecnológicos disponíveis.

Tabela 4. Ficha de registro experimental coletada de um dos grupos de estudantes.

Amostra	Cor antes do indicador	Cor após o indicador	Hipótese sobre o caráter ácido-base	Evidência observada
Vinagre	Incolor/ Transparente	Vermelho / Rosa intenso	Ácido	Mudança imediata para cor vermelha/rosa
Suco de limão	Amarelo claro	Rosa choque / Vermelho	Ácido	Tom rosado forte devido à alta acidez do limão
Água	Incolor/ Transparente	Roxo / Azul violeta	Neutro	A cor do repolho roxo quase não

				mudou (diluição)
Bicarbonato	Branco (solução turva)	Verde / Azul esverdeado	Básico (Alcalino)	Mudança rápida para um tom verde/azul
Leite	Branco opaco	Lilás claro / Roxo suave	Levemente ácido / Próximo ao neutro	A cor roxa ficou pastel e suave por causa da opacidade do leite
Detergente	Incolor ou Amarelado	Azul / Verde (depende da marca)	Levemente básico / Neutro	Mudança suave para tons azulados ou esverdeados

Fonte: elaboração própria. Os campos foram preenchidos pelos estudantes durante a aplicação da atividade.

A avaliação não deve se restringir à identificação correta das cores. Um estudante pode classificar uma amostra adequadamente sem compreender o significado químico da observação. Por isso, avaliou-se também a qualidade das justificativas, a capacidade de reconhecer incertezas e a utilização de evidências na elaboração de conclusões.

A proposta permitiu, ainda, identificar dificuldades conceituais, como a ideia de que toda substância natural é segura, de que qualquer produto básico possui maior eficiência de limpeza ou de que uma alteração de cor determina com precisão o pH. Essas interpretações foram discutidas criticamente durante a sequência didática (Figura 3).



Figura 3. Estudantes executando a atividade e experimental.

Fonte: Os autores

4.3. Análise da Dimensão Ciência, Tecnologia e Sociedade

A dimensão CTS emerge quando os estudantes ultrapassam a classificação das amostras e passam a examinar o contexto de produção, comercialização, utilização e descarte dos produtos.

No campo científico, a atividade mobilizou conhecimentos sobre indicadores ácido-base, composição das soluções e interpretação de evidências. No campo tecnológico, permitiu discutir a formulação de produtos, os processos de fabricação e a utilização de métodos de controle de qualidade. No campo social, favoreceu o debate sobre consumo responsável, acesso à informação, segurança e impactos ambientais.

Essa articulação é coerente com Santos e Mortimer (2002), que defendem a contextualização social do conhecimento científico como elemento relevante para a formação cidadã. Também se relaciona à perspectiva de Auler (2007), ao favorecer a análise das implicações sociais e éticas associadas à ciência e à tecnologia.

Um exemplo de questão para aprofundamento discutida com os estudantes, consistiu em comparar duas embalagens de produtos de limpeza que utilizam diferentes argumentos publicitários. Os estudantes puderam’ examinar quais informações são efetivamente

apresentadas, quais afirmações precisariam de comprovação e quais critérios seriam adequados para uma comparação responsável.

É importante destacar que o indicador de repolho roxo não permite avaliar a toxicidade, a biodegradabilidade ou a eficácia de limpeza de um produto. Essas propriedades exigem outros procedimentos e informações. Reconhecer essa limitação é parte importante da própria aprendizagem científica.

4.4. Proposta de Avaliação do Desenvolvimento da Argumentação

Para tornar a avaliação mais sistemática, aplicou-se o mesmo conjunto de questões antes e depois da atividade. As respostas foram comparadas mediante uma rubrica de quatro níveis (Tabela 5).

Tabela 5. Rubrica proposta para análise da argumentação científica.

Nível	Características da resposta
1 – Inicial	Apresenta opinião sem justificativa ou utiliza explicação incompatível com os dados.
2 – Em desenvolvimento	Reconhece parte do fenômeno, mas apresenta justificativa incompleta.
3 – Adequado	Relaciona observações a conceitos químicos e apresenta justificativa coerente.
4 – Avançado	Articula conceitos, evidências e limitações do experimento, relacionando-os criticamente a uma questão social.

Fonte: elaboração própria.

4.5. Análise Quantitativa dos Resultados Educacionais

Os resultados obtidos a partir da análise comparativa das produções escritas dos estudantes, antes e após a aplicação da atividade experimental investigativa, revelam uma evolução expressiva no desenvolvimento das habilidades cognitivas e argumentativas da turma (n = 30). Os dados quantitativos e percentuais correspondentes a essa evolução estão sistematizados na Tabela 6. No que tange ao primeiro indicador, que avalia a capacidade dos estudantes em explicar o papel do indicador ácido-base no sistema reacional, verificou-se um acréscimo expressivo no índice de respostas adequadas, saltando de 26,7% (8 estudantes) para 76,7% (23 estudantes) no momento posterior à intervenção. Esse avanço sugere que a abordagem pedagógica adotada superou a mera memorização de viragens de cor, promovendo a compreensão fenomenológica e química do papel dessas substâncias no equilíbrio em solução. Evidência semelhante de transição conceitual foi observada no segundo indicador, voltado à habilidade de justificar conclusões com base em evidências experimentais. Inicialmente, apenas 20,0% da turma (6 estudantes) conseguia articular observações macroscópicas para fundamentar suas afirmações teóricas. Após a atividade, esse percentual elevou-se para 70,0% (21 estudantes). Sob a ótica do Ensino de Química, esse resultado indica que os estudantes deixaram de descrever o experimento de forma puramente passiva e passaram a utilizar os dados empíricos (como mudanças de coloração, desprendimento de gases ou variação de temperatura) como suporte epistêmico para a construção de seus argumentos. Por fim, o indicador associado ao reconhecimento dos limites do experimento — historicamente apontado pela literatura da área como um dos níveis mais complexos do pensamento crítico — apresentou a maior variação em termos de engajamento

intelectual. No diagnóstico inicial, a quase totalidade da turma demonstrou dificuldades em apontar restrições metodológicas ou fontes de erro, com apenas 13,3% de respostas satisfatórias (4 estudantes). No cenário pós-intervenção, o índice atingiu 60,0% (18 estudantes). Embora este tenha sido o menor valor absoluto dentre os três indicadores, o ganho pedagógico reflete o amadurecimento dos discentes quanto à natureza da ciência, compreendendo que a atividade experimental não se limita a "dar certo ou errado", mas envolve restrições instrumentais e condições de contorno intrínsecas ao fazer científico. Em suma, a convergência dos aumentos observados na Tabela 6 valida a intervenção proposta como um instrumento promissor para a alfabetização científica, visto que impulsionou não apenas a apropriação de conceitos químicos específicos, mas também o desenvolvimento de competências procedimentais e atitudinais fundamentais para a formação de sujeitos criticamente alfabetizados.

Tabela 6. Organização dos dados da avaliação realizada.

Indicador de aprendizagem	Antes da atividade	Após a atividade
Estudantes que explicam o papel do indicador	8 de 30 (26,7%)	23 de 30 (76,7%)
Estudantes que justificam conclusões com evidências	6 de 30 (20,0%)	21 de 30 (70,0%)
Estudantes que reconhecem limites do experimento	4 de 30 (13,3%)	18 de 30 (60,0%)

Fonte: Os autores

A evolução no desempenho conceitual e argumentativo dos estudantes, mapeada ao longo das diferentes etapas da intervenção pedagógica, encontra-se detalhada na Figura 4. O gráfico ilustra o contraste quantitativo entre os momentos pré e pós-atividade para cada um dos três indicadores de aprendizagem estabelecidos. Conforme se observa na distribuição das barras da Figura 4, há uma tendência uniforme de crescimento em todas as competências avaliadas. O avanço mais expressivo em termos absolutos ocorreu na capacidade de explicação do indicador químico, cuja taxa de respostas adequadas apresentou um salto substancial de 26,7% para 76,7%. Esse incremento visual evidencia que a maior parte da turma conseguiu transitar de uma compreensão fragmentada para uma articulação conceitual satisfatória do fenômeno estudado. Paralelamente, o gráfico expressa o fortalecimento do pensamento crítico e da autonomia investigativa dos discentes. Isso se reflete na progressão da habilidade de justificar conclusões a partir de evidências experimentais — que atingiu 70,0% de aproveitamento após a atividade — e, de forma ainda mais marcante, no indicador voltado ao reconhecimento das limitações do experimento. Este último, embora tenha partido do patamar diagnóstico mais crítico (13,3%), alcançou 60,0% de respostas satisfatórias, consolidando-se como a dimensão de maior ganho proporcional de aprendizagem. Em termos metodológicos, a configuração dos dados dispostos na Figura 4 demonstra que a intervenção pedagógica não gerou apenas melhorias isoladas, mas promoveu um avanço sinérgico e multidimensional no perfil de letramento científico dos estudantes.

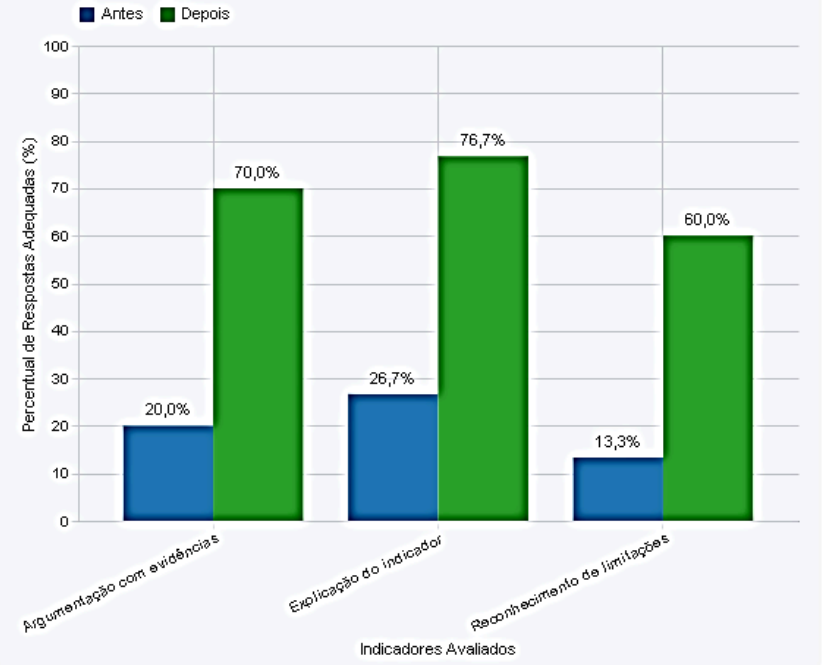


Figura 4. Comparativo do percentual de respostas adequadas obtidas pelos estudantes (n = 30) nos momentos pré e pós-intervenção pedagógica, segmentado por indicadores de competência cognitiva.
Fonte: Dados da pesquisa (2026).

4.6. Síntese Interpretativa dos Resultados Obtidos

A análise da proposta indica três contribuições pedagógicas potenciais. A primeira consiste em aproximar conceitos químicos da realidade dos estudantes. A investigação de substâncias cotidianas oferece um contexto concreto para estudar indicadores, acidez, basicidade e limitações das observações experimentais. A segunda diz respeito ao desenvolvimento de práticas investigativas. A formulação de hipóteses, o registro sistemático e a discussão das evidências incentivam os estudantes a construir explicações em vez de apenas reproduzir definições. A terceira envolve a formação crítica. Ao discutir publicidade, segurança, consumo e descarte, os estudantes podem reconhecer que o conhecimento químico participa de decisões que possuem consequências sociais e ambientais. Essas contribuições são coerentes com a abordagem CTS e com a orientação investigativa presente na BNCC (BRASIL, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intervenção pedagógica aplicada evidencia possibilidades de articulação entre a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade e o ensino de Química no Ensino Médio. Ao utilizar um indicador natural para investigar substâncias cotidianas, a atividade ofereceu um contexto acessível para desenvolver conceitos químicos e, simultaneamente, discutir questões relacionadas ao consumo, à segurança e ao meio ambiente.

A fundamentação teórica indica que a educação CTS não deve ser compreendida como mera contextualização dos conteúdos. Sua contribuição envolve criar oportunidades para que os estudantes analisem relações entre conhecimentos científicos, processos tecnológicos, interesses sociais e consequências das decisões humanas.

Nesse sentido, a experimentação proposta procurou superar uma abordagem exclusivamente demonstrativa. A formulação de hipóteses, o registro das observações, a comparação entre amostras e a discussão das limitações do método constituíram elementos importantes para o desenvolvimento do raciocínio científico.

Outro aspecto relevante foi a utilização da atividade para questionar informações presentes em rótulos e propagandas. O experimento demonstrou as características ácido-base de determinadas soluções, mas não permitiu concluir, isoladamente, que um produto seja mais seguro, mais eficaz ou ambientalmente superior. A compreensão dessa distinção contribuiu para o desenvolvimento de uma postura crítica diante das informações que circulam na sociedade.

A proposta também apresentou limitações. A resposta visual do extrato de repolho roxo é qualitativa, sofre influência da composição das amostras e não substitui instrumentos adequados para a determinação precisa do pH.

6. CONCLUSÃO

A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade apresenta potencial para tornar o ensino de Química mais contextualizado, investigativo e comprometido com a formação cidadã. A proposta experimental com extrato de repolho roxo ofereceu uma possibilidade de trabalhar conceitos de acidez, basicidade e indicadores naturais a partir de materiais acessíveis, relacionando-os a questões de consumo, segurança e responsabilidade ambiental.

O principal diferencial da atividade está na articulação entre experimentação, interpretação de evidências e reflexão sociocientífica. Ao reconhecer os limites do método e discutir as implicações dos conhecimentos químicos, os estudantes podem desenvolver competências relevantes para a alfabetização científica e a tomada de decisões fundamentadas.

Conclui-se, portanto, que a proposta constitui uma alternativa didática pertinente para o Ensino Médio, desde que acompanhada de mediação docente, procedimentos de segurança, problematização adequada e avaliação sistemática da aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEDI-FIROOZJAH et al. Application of Red Cabbage Anthocyanins as pH-Sensitive Pigments in Smart Food Packaging and Sensors.

Polymers, 14(8):1629, 2022.

AULER, Décio. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, Campinas, v. 1, número especial, nov. 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 16 out. 2026.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, jan./abr. 2003.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos.* São Paulo: Cortez, 2011.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A argumentação em uma atividade experimental investigativa no ensino de química. *Química*

Nova na Escola, v. 31, n. 4, p. 279-289, 2009.

---

[1] Docente do Curso Superior de Engenharia Química da Universidade Brasil, *Campus* de Fernandópolis-SP. Doutor em Química pelo Instituto de Química UNESP, *Campus* de Araraquara-SP. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Docente do Curso Superior de Engenharia Química da Universidade Brasil, *Campus* de Fernandópolis-SP. Mestre em Química pelo Instituto de Química UNESP, *Campus* de Araraquara-SP. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail