



Argumentação de estudantes sobre a temática dos aterros sanitários a partir de uma proposta didática com enfoque CTSA

Student's arguments on the topic of landfills from a didactic proposal with a CTSA approach

E. dos Santos*; M. L. dos Santos

Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais - PPGCN, Universidade Federal de Sergipe – Campus Professor Alberto Carvalho, 49506-036, Itabaiana-Sergipe, Brasil

**edquimica4@gmail.com*

(Recebido em 14 de janeiro de 2025; aceito em 28 de julho de 2025)

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), cerca de 40% dos aterros no Brasil não possuem sistema adequado de impermeabilização, aumentando o risco de contaminação hídrica e podendo aumentar os impactos ambientais. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma sequência didática baseada na abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), promovendo a participação ativa dos alunos sobre o tema e analisar sua argumentação. A sequência foi aplicada aos alunos do segundo ano do ensino médio (2ª Série – F). A turma é composta por 26 alunos, com diversidade de gênero e etnia (pretos, pardos, brancos, indígenas e amarelos), com faixa etária entre 16 e 19 anos. Durante o júri simulado, os alunos analisaram um caso fictício de possível contaminação da água de um rio e mortandade de peixes. A argumentação foi avaliada com base no modelo de Toulmin (2001), a partir da análise das falas transcritas. Os resultados mostraram que os alunos conseguiram articular suas ideias de maneira coerente, utilizando evidências para sustentar seus posicionamentos. A discussão evidenciou a importância de integrar ciência e tecnologia na investigação de problemas ambientais, estimulando reflexões sobre responsabilidade social. O júri simulado proporcionou uma experiência de aprendizado que favoreceu o desenvolvimento do pensamento crítico, capacitando os alunos a abordar questões complexas de forma integrada. Em conclusão, a articulação entre diferentes áreas do conhecimento mostrou-se eficaz na busca por soluções para desafios ambientais. Essa abordagem não apenas contribuiu para o aprendizado dos alunos, mas também demonstrou sua relevância para o ensino de ciências.

Palavras-chave: argumentação, CTSA, aterros sanitários.

According to the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA) around 40% of landfills in Brazil do not have an adequate waterproofing system, increasing the risk of water contamination and potentially increasing environmental impacts. The increase in environmental impacts caused by landfills justifies a critical approach in science teaching. This work aims to present a didactic sequence based on the CTSA approach (Science, Technology, Society and Environment). It is also aimed to promote the active participation of students and analyze their arguments. The didactic sequence that includes chemistry, physics, biology and geography content was applied to high school students (2° Class F). The class is made up of 26 students, with gender and ethnic diversity (black, brown, white, indigenous and Asian), aged between 16 and 19 years old. A mock jury was also performed based on a fictitious case of possible river water contamination and fish deaths. The students' statements were analyzed based on the argumentation model of Toulmin (2001). The results showed that the students were able to articulate their ideas. The discussion highlighted the importance of integrating science and technology in the investigation of socio-environmental problems. The mock jury provided a learning experience that favored the development of critical thinking by integrating complex issues. In conclusion, the articulation between different areas of knowledge proved to be effective in the search for solutions to environmental challenges. This approach contributed to learning and also as an educational product for science teaching.

Keywords: argumentation, CTSA, landfills.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a degradação ambiental tem se tornado cada vez evidente, intensificando-se com o crescimento populacional. O avanço da industrialização e a exploração descontrolada dos recursos naturais têm gerado uma série de problemas, como a poluição da água, do ar e do solo, além da produção excessiva de resíduos sólidos. Esses impactos afetam diretamente a qualidade de vida da sociedade e o equilíbrio dos ecossistemas. Diante desse cenário, é fundamental preparar as novas gerações para enfrentar esses desafios de maneira crítica e responsável, compreendendo os efeitos das ações humanas sobre o meio ambiente e a necessidade de adotar práticas mais sustentáveis. Nesse contexto, a educação ambiental surge como uma ferramenta essencial para promover essa conscientização [1].

De acordo com a Lei Nacional de Educação Ambiental nº 9.795, de 27 de abril de 1999, a educação ambiental é definida como processos por meio dos quais as pessoas desenvolvem valores sociais, habilidades, conhecimentos e atitudes voltadas para a preservação do meio ambiente. Trata-se de um tema essencial que deve estar presente em todos os níveis e modalidades do ensino, tanto no âmbito formal quanto no não formal. Quando bem aplicada e conectada com a comunidade, a educação ambiental tem o potencial de promover comportamentos mais coletivos e menos individualistas, incentivando atitudes de conservação do meio ambiente [1-4].

Além de conscientizar sobre a conservação ambiental, a educação ambiental desempenha um papel essencial na formação de cidadãos críticos e responsáveis, capazes de tomar decisões sustentáveis que beneficiem tanto o presente quanto as futuras gerações [1-4]. Ao conectar teoria e prática, essa abordagem pedagógica vai além do ensino tradicional, promovendo reflexões sobre desigualdades ambientais e incentivando ações transformadoras na comunidade [3].

No ambiente escolar, diferentes temas podem ser discutidos por meio de práticas pedagógicas inovadoras, permitindo que os alunos analisem criticamente as relações entre sociedade e natureza. Como um eixo transversal e interdisciplinar, a educação ambiental possibilita múltiplos enfoques, fortalecendo a conexão entre humanidade e meio ambiente e estimulando mudanças de comportamento que impactam a coletividade [5].

Nas escolas, a educação ambiental tem o potencial de contribuir para a solução de problemas ambientais atuais e futuros. No entanto, para que isso ocorra, não pode ser abordada de forma pontual, como em atividades restritas à Semana do Meio Ambiente. Muitas vezes, ela é trabalhada em temas mais acessíveis, como a reciclagem de resíduos, por serem facilmente contextualizados dentro da realidade local e de seus desafios sociais [6]. Para que sua efetividade seja ampliada, a educação ambiental deve ser integrada de maneira contínua ao currículo escolar, perpassando diferentes disciplinas e momentos do aprendizado. Dessa forma, ao ensinar sobre o uso consciente dos recursos naturais, a escola pode influenciar o comportamento das futuras gerações, promovendo uma relação mais equilibrada e sustentável entre a sociedade e o meio ambiente [1].

Apesar dos professores reconhecerem a importância da Educação Ambiental e estarem cientes de suas responsabilidades educativas, há lacunas significativas na prática pedagógica [7-9]. A principal barreira está na falta de capacitações específicas que os preparem para implementar atividades relacionadas à Educação Ambiental de forma eficaz, resultando na ausência desse tema como componente transversal nos planos de aula [10]. Isso evidencia a necessidade de maior apoio institucional e de programas de formação continuada que capacitem os docentes para integrar a Educação Ambiental ao currículo escolar de maneira concreta e prática. A falta de políticas educacionais voltadas para o desenvolvimento de competências específicas nessa área reflete um desafio estrutural, exigindo ações tanto na formação de professores quanto na definição de políticas públicas para que a Educação Ambiental seja realmente aplicada na prática educativa [1].

CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA)

Diante da importância da educação ambiental e de sua integração no ambiente escolar, é necessário adotar abordagens que ampliem a visão sobre a relação entre o conhecimento científico, as inovações tecnológicas e os impactos sociais e ambientais. Nesse contexto, a

abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) surge como uma estratégia essencial para promover uma aprendizagem mais crítica e integrada, preparando os alunos para refletirem de forma mais ampla e interconectada sobre os desafios do mundo atual [11].

O movimento CTSA surgiu com o objetivo de integrar Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) às questões ambientais. Segundo Bourscheid e Weber (2014) [11], “o movimento CTSA resgata o papel da educação ambiental do movimento inicial de CTS”. No entanto, há divergências entre os pesquisadores quanto à inclusão da letra “A” de “Ambiente” na sigla CTS. Alguns consideram que a preocupação ambiental já está implícita, enquanto outros acreditam que a adição de “Ambiente” é necessária para destacar essa dimensão, muitas vezes negligenciada [12].

Esse debate gerou diferentes entendimentos, com alguns autores adotando CTS e outros CTSA. Ademais, ainda é evidente a necessidade de mudanças na educação científica, principalmente nas vertentes CTS/CTSA, que buscam promover a alfabetização científica, a educação ambiental e a educação para o desenvolvimento sustentável, entre outras [13-15]. Essas abordagens continuam influenciando a educação em ciências em diversos contextos, pois a perspectiva científica é direcionada para que as aulas sejam centradas nos estudantes e em seus próprios contextos, distinguindo-se da educação tradicional que prioriza o conteúdo científico de forma mais rígida [16].

A educação em ciências ainda enfrenta vários desafios, sendo o tradicionalismo um dos principais. Segundo o autor, muitos estudantes não demonstram interesse pela educação em ciências, pois percebem a ciência como algo distante de sua realidade, com valores e modos de agir diferentes do seu dia a dia. Esse distanciamento muitas vezes resulta em desinteresse dos alunos, o que é um problema significativo e preocupante no ensino tradicionalista. Para superar esse obstáculo, é fundamental que o ensino seja contextualizado e ativo, para assim, buscar um maior interesse e engajamento por parte dos alunos [17].

A educação contextualizada, portanto, deve ser uma alternativa para aumentar o interesse dos estudantes. O professor precisa apresentar metodologias que conectem os conteúdos científicos à realidade dos alunos, estabelecendo um diálogo constante entre professor e aluno. Nesse sentido, a abordagem CTSA propõe que o entendimento do contexto social seja trabalhado por meio de problemáticas em que o conhecimento científico e tecnológico desempenhe um papel central [18].

A educação em ciências CTS possui mais de 40 anos de tradição no ensino de ciências, influenciando educadores e pesquisadores na proposição de atividades escolares, currículos e materiais de ensino que exploram questões CTS. Durante todo este tempo alguns dos atores envolvidos com essa perspectiva perceberam a necessidade de reivindicar o acréscimo da letra A de ‘ambiente’ à sigla CTS, resultando em CTSA. O motivo para isso se deve à necessidade de se realçar a situação atual de emergência planetária e valorizar os objetivos e o contexto dos sujeitos. Ou seja, a defesa da sigla CTSA não significa que os autores e educadores que trabalham com a sigla CTS negligenciem as questões ambientais e sim de que estas questões necessitam ser enfocadas frente aos desafios contemporâneos [18-19].

Uma proposta interessante e concreta para ser trabalhada com a abordagem CTSA no ensino de ciências é sobre a temática dos aterros sanitários. Ao abordar questões relacionadas aos aterros, é possível integrar ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, estimulando os alunos a refletirem sobre os impactos ambientais e sociais do descarte de resíduos, a importância da tecnologia no tratamento de lixo e as consequências para a saúde pública [20]. Além disso, essa temática promove um aprendizado contextualizado e significativo, pois está diretamente relacionada ao cotidiano dos estudantes e à realidade socioambiental das cidades, como no caso do aterro sanitário de Rosário do Catete-SE [21]. Diante dessa problemática, este artigo tem como objetivo apresentar o entendimento de estudantes participantes de uma sequência didática, baseada na abordagem CTSA, desenvolvida e aplicada com o tema dos aterros sanitários, a partir da análise de sua argumentação. Busca-se analisar a construção argumentativa dos alunos, em um júri simulado, avaliando como articulam suas ideias e justificam seus posicionamentos frente aos problemas socioambientais e conhecimentos científicos/tecnológicos discutidos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A sequência didática intitulada "*O ensino de ciências através dos problemas sociais: Quais consequências os aterros sanitários podem causar?*" foi aplicada com alunos do Colégio Estadual Murilo Braga. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (CEP), conforme as recomendações da Resolução N° 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), sob o CAAE: 79503624.7.0000.5546, parecer n° 7.110.725. Todas as medidas necessárias foram tomadas para garantir o anonimato e o bem-estar dos participantes. Além do mais, os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e o Termo de Autorização de Uso de Imagem e Voz (TADAI).

A sequência didática foi elaborada com base na abordagem pedagógica crítica de Delizoicov e Angotti (1990) [22], que integra ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) ao tema dos aterros sanitários. Essa abordagem permite aos alunos compreender as questões ambientais sob uma perspectiva tanto científica quanto social. A sequência foi estruturada em três momentos pedagógicos, cada um com atividades planejadas para estimular a participação ativa dos alunos e favorecer a construção do conhecimento.

1. Atividades 1 e 2 (duração de 1 hora) – O primeiro momento pedagógico foi destinado à apresentação geral da sequência didática e à identificação dos conhecimentos prévios dos alunos através de um questionário sobre o tema aterros sanitários. Posteriormente, foi aplicada uma notícia sobre o fechamento temporário de um aterro sanitário, que gerou uma discussão coletiva sobre as possíveis consequências sociais e ambientais relacionadas a essa questão. Essa etapa teve como objetivo provocar o pensamento crítico dos alunos e introduzir o tema central.
2. Atividades 3 e 4 (duração de 2 horas) – No segundo momento pedagógico, foram abordados conteúdos de química (propriedades químicas do solo e da água, decomposição de resíduos e os processos químicos que ocorrem nos aterros sanitários); física (compressibilidade, permeabilidade do solo, expansibilidade e elasticidade); geografia (tipos de solo, sua relação com a localização dos aterros sanitários e a pedologia do solo) e biologia (impactos biológicos, fauna e flora local). O enfoque principal foi nas propriedades do solo, da água e do ar, analisando como esses aspectos influenciam o funcionamento dos aterros sanitários. Durante as atividades, os alunos realizaram interpretações críticas, discutindo como os aterros afetam esses diferentes componentes naturais. Este momento foi essencial para conectar o conteúdo científico ao problema social dos aterros, promovendo a interdisciplinaridade e aprofundando a compreensão dos alunos sobre o tema.
3. Atividades 5 e 6 (duração de 2 horas) – O terceiro momento pedagógico foi dedicado à simulação de um júri, onde os alunos foram introduzidos ao funcionamento dessa dinâmica. Foi elaborado um caso fictício, no qual uma família, em férias em Sergipe, encontrou peixes mortos no Rio do Sal, levantando questões sobre a responsabilidade pelo incidente ambiental. A partir dessa situação, os alunos, divididos em grupos, deveriam analisar os fatos, levantar argumentos e debater sobre quem, de fato, seria o responsável pelo incidente: a família ou outro fator externo. O objetivo era investigar o caso a partir de diferentes perspectivas e, assim, argumentar de maneira fundamentada sobre as possíveis responsabilidades.

Para analisar os argumentos apresentados pelos alunos durante o júri, foi utilizada a teoria de argumentação de Toulmin (2001) [23], que considera os seguintes elementos: Conclusão (C), Dados (D), Justificativa (J), Qualificador (Q), Refutação (R) e Apoio (A). A análise centrou-se nas falas do "Promotor", buscando identificar como os alunos construíram suas justificativas e como aplicaram os conhecimentos científicos e sociais adquiridos ao longo da sequência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos argumentos apresentados pelos alunos durante o júri simulado foi realizada com base no modelo de argumentação de Toulmin, articulado à abordagem CTSA empregada na sequência didática, com o objetivo de identificar os elementos presentes na Figura 1. Esse modelo permite examinar os argumentos, a coerência entre os dados apresentados e as conclusões, bem como a capacidade dos alunos de articular justificativas e refutar contra-argumentos de forma crítica, relacionando-os ao seu cotidiano. A seguir, serão discutidos os resultados observados, destacando como esses elementos se manifestaram no discurso dos participantes e como contribuíram para a tomada de decisão no caso simulado. Além disso, será analisado de que maneira a abordagem CTSA favoreceu a contextualização dos argumentos, promovendo uma reflexão crítica sobre as implicações científicas, tecnológicas, sociais e ambientais do tema debatido.

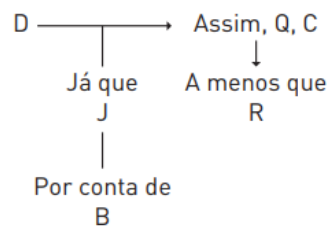


Figura 1: Esquema de Argumento de Toulmin (2001). Fonte: Toulmin (2001) [24].

O discurso do aluno que fez o papel de promotor presente no Quadro 1 segue claramente os elementos do modelo de Toulmin (2001) [23]. Ele começa com uma Conclusão (a família deve ser acusada), apoiada por Dados (evidências coletadas pela Adema e perícia ambiental) e uma Justificativa (a coincidência temporal e a suspeita de envolvimento). Também está presente o Qualificador “indícios suficientes”, que sugere alta probabilidade de culpa, mas deixa margem para dúvidas, pois não há provas concretas. A Refutação responde à possível defesa de que a família reportou o incidente, enquanto o Apoio reitera a validade das evidências físicas. Nesse contexto, a abordagem CTSA se faz presente ao articular o conhecimento científico da perícia ambiental com as implicações sociais e ambientais do caso, suscitando a relação entre argumentação e tomada de decisão em problemas reais.

Quadro 1: Primeiro pronunciamento da promotora no júri simulado. Fonte: autoria.

Promotora: Excelentíssimo senhor juiz e senhoras e senhores do tribunal. Estamos aqui hoje para julgar um caso de extrema gravidade, onde a família acusada, oriunda da Bahia, é responsabilizada por um ato de possível destruição ambiental no Rio do Sal em Sergipe. Essa família que inicialmente parecia apenas mais um grupo de turistas, está agora no centro de uma investigação. Na primeira ocasião visitaram o Rio sal, não houve qualquer indício de irregularidade. No entanto, na semana seguinte, ao retornarem ao local, eles próprios reportaram um cenário de devastação: uma quantidade significativa de peixes mortos a flutuar no Rio.

Mas, senhor juiz, as evidências reunidas pela Administração Estadual do Meio Ambiente (Adema) e pela perícia ambiental nos conduzem a um entendimento diferente. É incomum que, precisamente após a visita dessa família, uma tragédia ecológica dessa magnitude tenha ocorrido. Amostras das águas e peixes foram coletados durante a investigação, com a suspeita de que a ação ou omissão do réu pode ter desencadeado ou contribuído diretamente para essa calamidade. Não podemos ignorar a proximidade temporal entre as visitas deles ao rio e o surgimento dos danos ambientais. Há indícios suficientes para acreditar que esta família não é tão inocente quanto deseja parecer. Senhor juiz, a prudência e o dever de diligência impõem que todas as possibilidades sejam investigadas para garantir que os verdadeiros responsáveis sejam identificados e responsabilizados. Assim sendo, requer-se que esta família seja formalmente acusada e responda pelas investigações.

O esquema da argumentação apresentado na Figura 2, tem como base o modelo de Toulmin (2001) [23], sendo destacados os seis principais elementos:

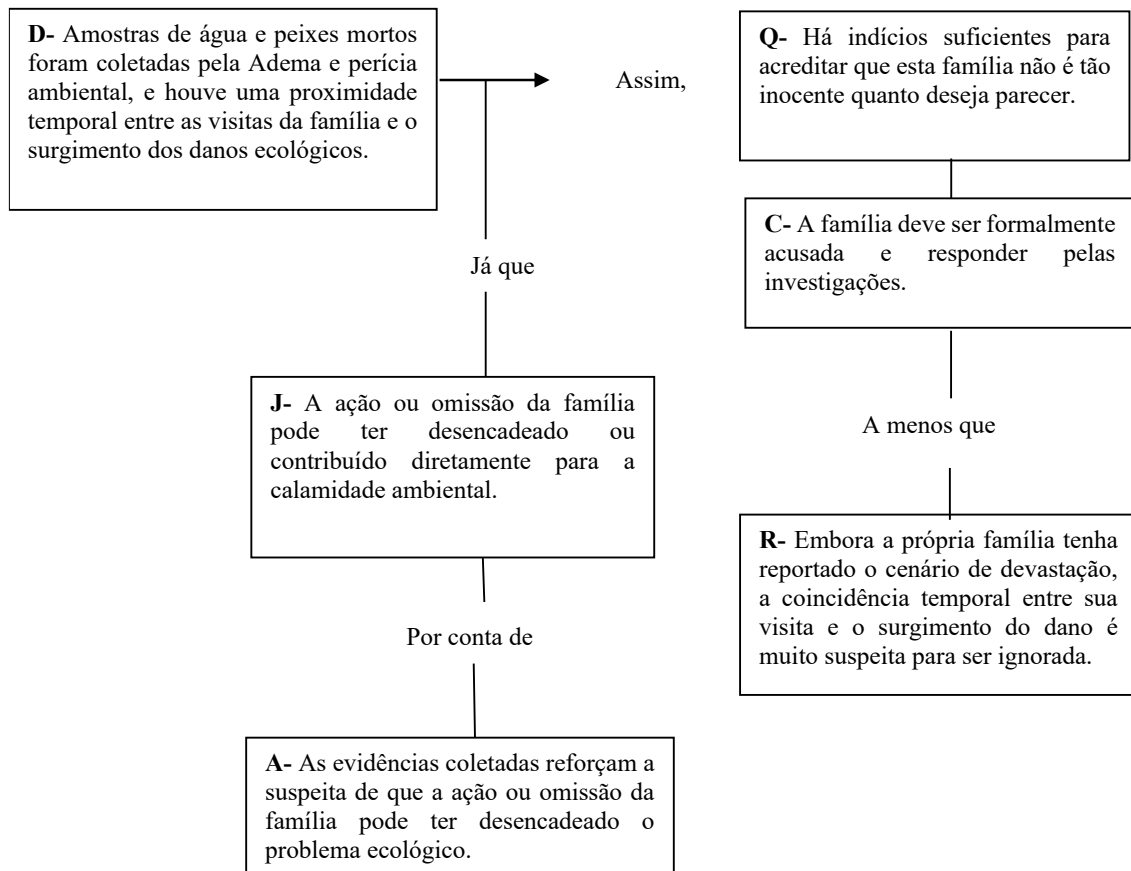


Figura 2: Argumentos apresentados pela promotora no quadro 1.

A fala da Promotora no júri simulado apresenta de forma clara os seis elementos da argumentação propostos por Toulmin (2001) [23], demonstrando uma estrutura lógica de acusação. A Conclusão é estabelecida ao afirmar que a família deve ser formalmente acusada e responder pelas investigações. Essa conclusão é apoiada por Dados, como as amostras de água e peixes mortos coletadas pela Adema, que sugerem contaminação ambiental após a visita da família. A Justificativa se baseia na proximidade temporal entre a visita e o surgimento dos danos ecológicos, sugerindo que a ação ou omissão dos réus pode ter contribuído diretamente para a tragédia. A Promotora também utiliza um Qualificador, ao afirmar que há indícios suficientes para acreditar que a família não é tão inocente quanto parece, reforçando o nível de certeza em sua acusação. Além disso, o discurso é fortalecido por um Apoio que destaca as evidências ambientais, e uma Refutação que antecipa o argumento de que a própria família reportou o incidente, alegando que essa atitude não elimina a possibilidade de responsabilidade. Essa estrutura argumentativa evidencia a coerência e a persuasão empregadas pela Promotora ao longo de sua fala, sustentando a acusação de forma consistente.

Nesse contexto, a abordagem CTSA se manifesta na articulação entre a argumentação jurídica e os aspectos científicos e ambientais do caso. A análise das evidências coletadas pela perícia ambiental e pela Adema demonstra como o conhecimento científico é essencial para compreender os impactos ambientais e fundamentar as tomadas de decisão. Além disso, o debate promovido no julgamento permite que os participantes reflitam criticamente sobre as relações entre sociedade, tecnologia e meio ambiente, reforçando a importância da educação científica e ambiental para a formação de cidadãos mais conscientes e engajados.

Seguindo a fala da promotora no júri simulado, apresentado no Quadro 2, novos argumentos seguem a estrutura de Toulmin, ao apresentar os Dados, na fala “perguntas sobre atividades suspeitas e a presença do réu no local” dando suporte para construir uma Conclusão “se o réu é ou não culpado”. As Justificativas estão implícitas nas perguntas, sugerindo que, se não houver provas de atividades suspeitas ou presença no rio, o réu não pode ser responsabilizado.

Quadro 2: Segundo pronunciamento da promotora no júri simulado.

Promotora: Primeiramente, eu queria saber se o réu viu alguma atividade suspeita no primeiro dia. Se tinha algumas pessoas, se tinha algum cheiro diferente na água ou alguma atividade suspeita? E também o que eles fizeram durante essa primeira semana? E se vocês têm provas que eles não tiveram no rio durante esses sete dias?

O esquema argumentativo ilustrado na Figura 3, fundamentado no modelo de Toulmin (2001) [23], pode ser compreendido através da identificação de cinco elementos centrais, vale ressaltar que o elemento apoio não foi encontrado:

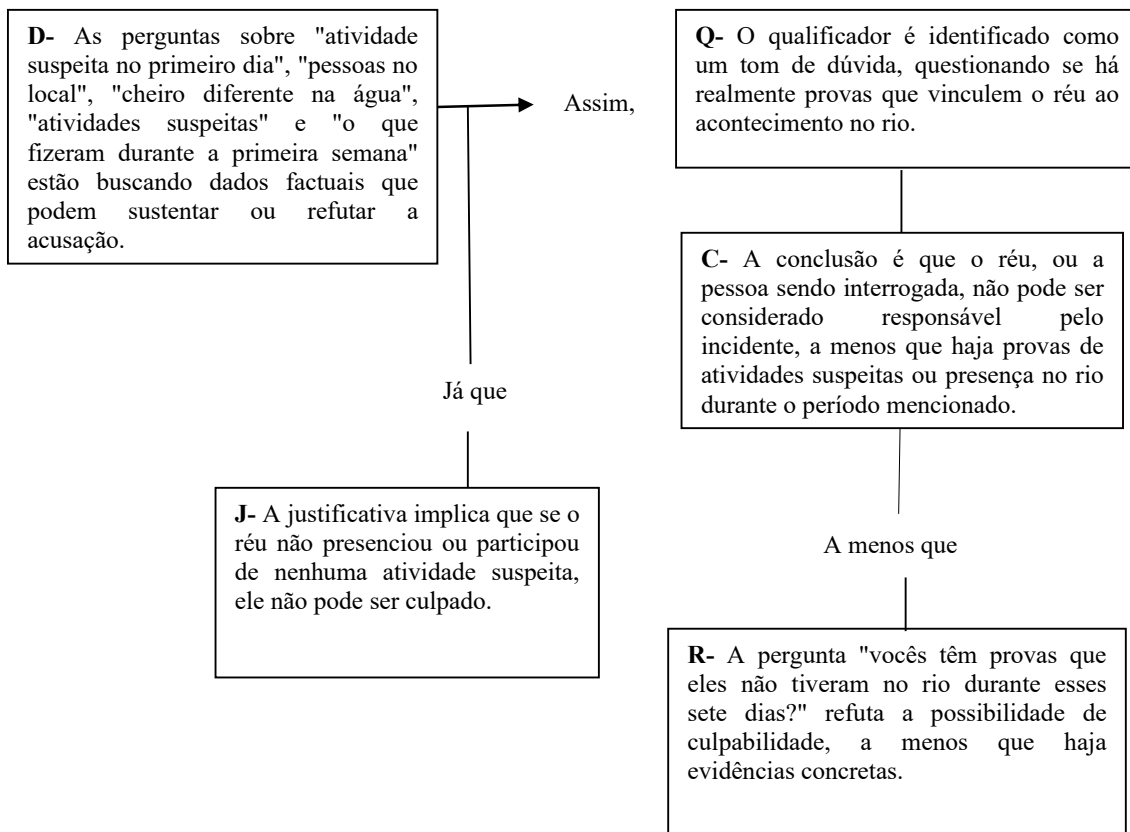


Figura 3: Argumentos apresentados pela promotora no quadro 2.

O argumento apresentado segue a estrutura de argumentação esperada, pois essa construção é característica do modelo de Toulmin (2001) [23], que inclui a busca por dados e justificativas para sustentar ou refutar uma conclusão. Além disso, o uso de perguntas abertas, feitas pela promotora, reforça a dúvida e a necessidade de evidências, o que também é um elemento relevante na análise de argumentos.

A argumentação evidencia a importância da ciência e da tecnologia na investigação ambiental. O uso de dados coletados pela perícia ambiental e pela Adema demonstra como os impactos ambientais podem ser analisados de forma técnica e investigativa, promovendo uma reflexão

sobre a relação entre sociedade e meio ambiente. Dessa forma, o exercício argumentativo não se restringe a lógica jurídica, mas incorpora dimensões científicas, tecnológicas e sociais, proporcionando uma compreensão mais ampla do problema.

O próximo argumento feito pela promotora, está apresentado na imagem 4, onde o argumento também é articulado dentro da estrutura de Toulmin (2001) [23], utilizando provas e uma justificativa que questiona a inocência do réu, levando a uma possível conclusão de que ele poderia estar envolvido. No quadro 3 é apresentada a continuação da fala da promotora.

Quadro 3: Terceiro pronunciamento da promotora no júri simulado.

Promotora: Na verdade tem sim, você tem provas, fotos, vídeos tem como comprovar que eles estiveram em outros lugares. Sem contar que eles poderiam ter ido só um dia pra lá para poder contaminar, o fato deles serem os primeiros a chegarem lá e ter visto a poluição, junto com os pescadores terem acionado as autoridades, pode significar que eles estavam tentando se livrar da culpa, por serem os primeiros a denunciarem. Afinal, uma pessoa culpada não relataria, porém, isso o acusado faz muitas vezes, para se livrar da culpa.

O esquema argumentativo representado na Figura 4, baseado no modelo de Toulmin, pode ser entendido pela identificação de cinco elementos principais, embora seja importante destacar que o elemento Apoio novamente não foi identificado.

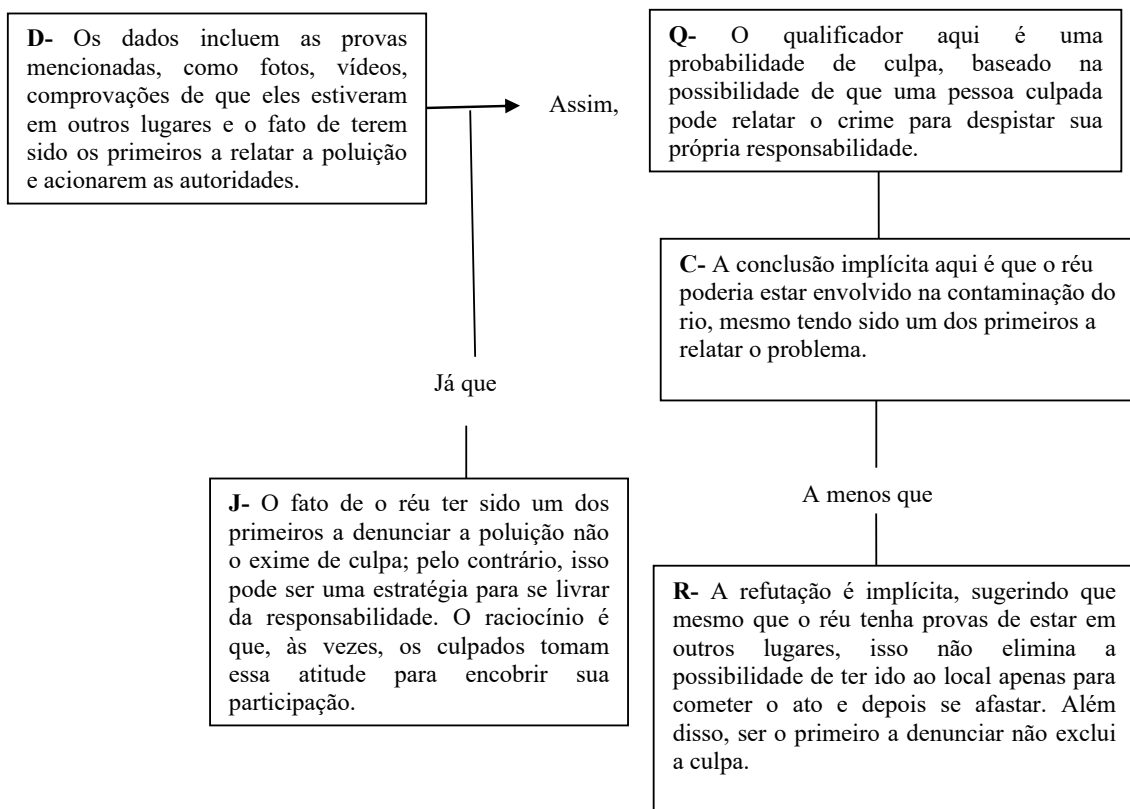


Figura 4: Argumentos apresentados pela promotora no quadro 3.

Com isso, no último argumento feito pela promotora, ao longo do julgamento simulado, sobre a poluição do rio, surgem diversos fatos que tentam esclarecer a culpabilidade ou inocência dos réus. Um dos pontos centrais discutidos é o comportamento dos acusados que, após o suposto crime ambiental, retornaram ao local afetado. Esse fato levanta suspeitas de que estariam tentando se livrar da culpa, manipulando a situação a seu favor, Quadro 4.

Quadro 4: Quarto e último pronunciamento da promotora no júri simulado.

Promotora: Faz sim, eles poluírem o rio e depois voltar no local de crime. Eles estão tentando se livrar da culpa.

Para analisar esse argumento do Quadro 4, de forma estruturada, podemos notar os elementos essenciais de uma argumentação eficaz, na Figura 5.

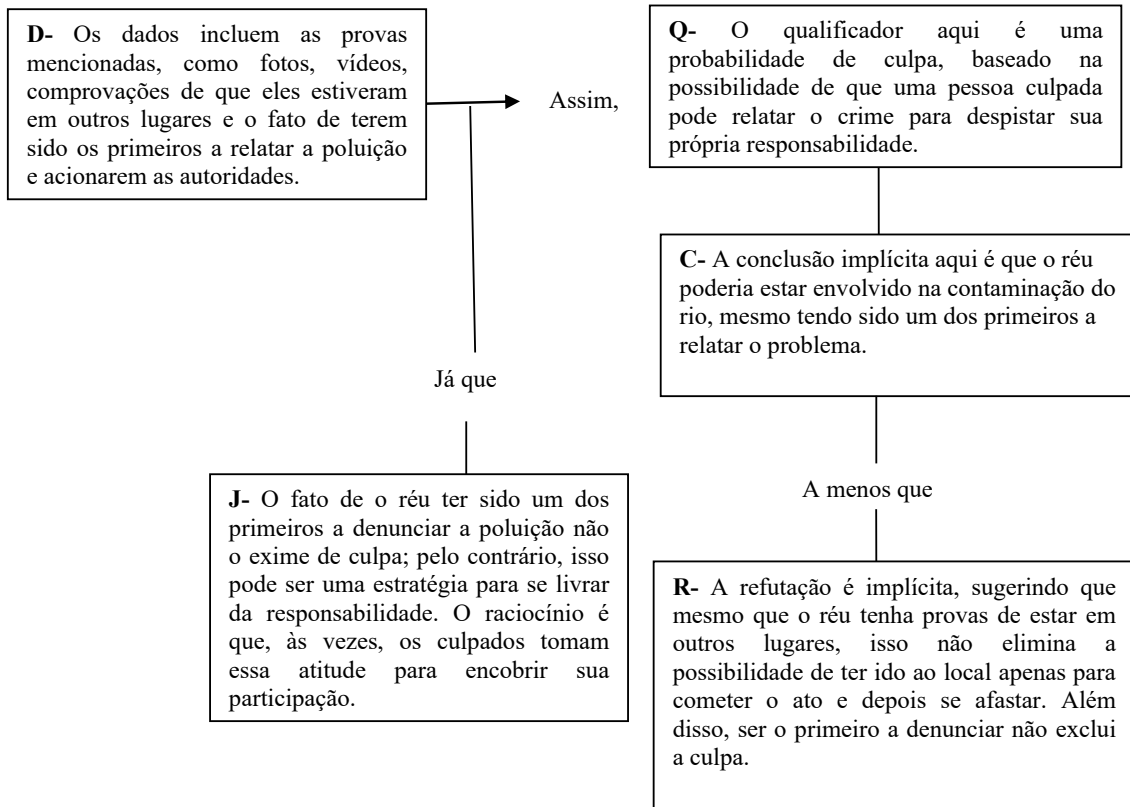


Figura 5: Argumentos apresentados pela promotora no quadro 4.

Sem a Refutação, segundo Toulmin (2001) [23], o argumento pode parecer simplista, uma vez que não leva em conta a possibilidade de a conclusão não ser totalmente correta. No exemplo do júri simulado, o argumento “Faz sim, eles poluírem o rio e depois voltar no local do crime. Eles estão tentando se livrar da culpa” ignora esse elemento crucial. A refutação possível seria reconhecer que o retorno ao local não implica necessariamente culpa, o que fortaleceria o argumento ao considerar outros cenários. Assim, sem esse componente, o argumento se torna mais vulnerável, já que parece forçar uma conclusão ao não analisar criticamente outros fatores.

Esse exemplo, observado durante a sequência didática, ao abordar questões ambientais, especialmente relacionadas à poluição da água e suas implicações sociais, destaca a importância do emprego da abordagem CTSA nas aulas. Esses temas estão diretamente ligados aos conhecimentos científicos, como os parâmetros químicos e físicos utilizados para detectar contaminação, como os testes de qualidade da água.

Além disso, para o levantamento de provas durante o júri simulado, os participantes utilizaram fotos, vídeos e registros digitais de ambientes aquáticos poluídos. Esse uso corrobora a aplicação de tecnologias na coleta de dados e na investigação de crimes ambientais, ressaltando a importância da integração CTSA [24]. Ao discutir esses aspectos no júri simulado, os alunos refletem sobre como a tecnologia pode ser usada, tanto para prevenir, quanto para solucionar problemas ambientais [25]. Por fim, os argumentos apresentados também lidam com o comportamento humano e suas consequências. Esse ponto permite explorar o impacto das ações

humanas no meio ambiente e na sociedade sob a ótica da abordagem CTSA, abrindo espaço para discussões éticas sobre responsabilidade, culpa e a busca por justiça ambiental e social [26].

4. CONCLUSÃO

A sequência didática desenvolvida teve um impacto positivo nos alunos participantes. No primeiro momento pedagógico, observou-se que a maioria desconhecia o aterro sanitário, seu funcionamento e, principalmente, a relação desse tema com os conceitos científicos. Já no júri simulado, destacou-se o fato de que apenas uma aluna havia participado dessa atividade anteriormente, tornando-a uma experiência inovadora para os demais. Além disso, a dinâmica do júri possibilitou um espaço para a participação ativa dos alunos, que relataram estar acostumados a aulas tradicionais, tornando essa abordagem uma forma diferenciada e mais envolvente de aprendizado.

Como parte da atividade, também foi realizado um levantamento das ideias prévias dos alunos por meio da aplicação de um questionário de conhecimentos prévios. Embora esse aspecto não seja aprofundado neste artigo, foi possível perceber que, a partir desse diagnóstico inicial, houve uma evolução no entendimento tanto do conteúdo científico quanto da temática ambiental abordada.

Dessa forma, a sequência didática não apenas ampliou o conhecimento dos alunos sobre aterros sanitários e seus impactos, mas também possibilitou uma aprendizagem contextualizada ao conectar a temática ambiental ao ensino de ciências. Ao relacionar os problemas ambientais com conceitos científicos, os alunos puderam compreender de maneira mais concreta como o conhecimento científico pode ser aplicado na análise e solução de questões reais, a exemplo da perícia ambiental, fortalecendo a integração entre teoria e prática. Essa abordagem, que reflete os princípios da CTSA, permitiu aos alunos perceberem como conhecimentos científicos e tecnológicos, quando integrados a problemas socioambientais, como os aterros sanitários, podem contribuir para a solução de problemas e busca por justiça social e ambiental.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua profunda gratidão à Prof^ª Dr^ª Tatiana Santos Andrade, da Universidade Federal do Cariri-UFCA, pela sua valiosa contribuição neste trabalho, seus direcionamentos e disponibilidade foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, que foi fundamental para a realização deste estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asano JGP, Poletto R. Educação ambiental: em busca de uma sociedade sustentável e os desafios enfrentados nas escolas. *Cad. Pedag.* 2017;14(1):92-102. doi: 10.22410/issn.1983-0882.v14i1a2017.1418
2. Santos TF, Vieira PM. Educação ambiental e sustentabilidade: reflexões sobre a prática educativa no contexto escolar. *Rev Bras Educ Ambient.* 2020;15(2):59-74. doi: 10.34024/revbea.2020.v15.10052
3. Guevara-Herrero L, Perales-Palacios FJ, Caballero-Gallego MG. Educational practice in education for environmental justice: A systematic review. *Front Educ.* 2024; 9:1150927. doi: 10.3389/educ.2024.1150927
4. Jacobi PR. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cad Pesq.* 2005;35(126):189-205. doi: 10.1590/S0100-15742005000100008
5. Hajj-Hassan M, Li S, Nguyen B. Environmental education: A systematic review on the use of digital tools for fostering sustainability awareness. *Sustainability.* 2024;16(5):2030-45. doi: 10.3390/su16052030
6. Loureiro CFB. Educação ambiental crítica: pressupostos, contextos e práticas. *Ciênc Educ.* 2020;26(1):125-43. doi: 10.1590/1516-731320200010006

7. Pacheco L, Maciel L, Silva M, et al. Educação ambiental e práticas pedagógicas para a sustentabilidade. *Rev Bras Educ Ambient*. 2021;16(3):45-61. doi: 10.1590/1516-7313202100101234
8. Silva LL, Tavares MSA. A Educação Ambiental no contexto escolar: desafios e lacunas na prática pedagógica. *Rev Bras Educ Ambient*. 2017;12(2):45-58.
9. Gadotti M. Educação e sustentabilidade: O papel da educação ambiental na construção de uma nova ética para o século XXI. 2ª ed. São Paulo: Cortez; 2008.
10. Ferreira ML. A Educação Ambiental no Brasil: avanços e desafios para a formação de professores. *Rev Bras Educ Ambient*. 2015;10(1):45-60.
11. Bourscheid JL Weber. A convergência da educação ambiental, sustentabilidade, ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e ambiente (CTSA) no ensino de ciências. *Rev Thema*. 2014;11(1):24-36.
12. Santos WLP. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*. 2007;1:1-12.
13. Carvalho AMP. A integração da ciência, tecnologia e sociedade no ensino de ciências: Uma abordagem crítica e reflexiva. *E-Mosaicos*. 2002;7(14):75-88. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Mato Grosso.
14. Tobin KG. Teaching science as inquiry. In: Hacking P, editor. *Handbook of research on Science Education*. Mahwah (US): Lawrence Erlbaum; 2006. p. 63-87.
15. Morin E. A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 2000.
16. Gimenez T. Ciência, Tecnologia e Sociedade: desafios para a educação ambiental. *Rev Bras Educ*. 2004;9(25):46-59.
17. Moraes SC, Rosa SM. A importância da contextualização e da interdisciplinaridade no ensino de ciências: superando o tradicionalismo. *Rev Bras Educ Ciênc*. 2021;13(2):78-95.
18. Aikenhead GS. *Science education for everyday life: evidence-based practice*. New York (US): Teachers College Press; 2006.
19. Vilches A, Gilpérez D, Praia J. Educação para a sustentabilidade: da declaração de intenções à ação educativa. *Ciênc Educ*. 2011;17(1):63-77. doi: 10.1590/S1516-73132011000100005
20. Freire P. *Pedagogia do oprimido e a educação ambiental: desafios contemporâneos*. *Rev Bras Educ Ambient*. 2021;19:72-85.
21. Figueiredo MC, Oliveira LA. Educação para a sustentabilidade no ensino de ciências: desafios e possibilidades. *Rev Bras Ens Sci*. 2022;34(1):92-105. doi:10.20962/rbec.2022.34.1.92
22. Delizoicov D, Angotti JAP. A problematização: uma abordagem metodológica. *Cad Catarinense Ens Fis*. 1990;7(2):111-9.
23. Toulmin SE. *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes; 2001.
24. Santos WLP, Mortimer EF. Abordagem temática e a perspectiva ciência-tecnologia-sociedade no ensino de ciências: reflexões sobre as reformas curriculares brasileiras. *Ensaio: Pesqui Educ Ciênc*. 2002;4(2):175-88.
25. Dos Santos LM, Silva JA, Pereira RVT, et al. O impacto das tecnologias digitais na conscientização ambiental. *Rev Bras Educ Ambient*. 2019;14(2):75-89.
26. Bizzo NI. Ciência, tecnologia e ética: Reflexões sobre o ensino de ciências e as implicações sociais e ambientais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Ciências Naturais*. 2018;6(2):215-8.