

Argumentação sociocientífica em torno da implantação de uma usina termoeétrica em Sergipe

Filipe S. de Oliveira, Maria Clara P. Cruz e Adjane da C. T. e Silva

Este artigo apresenta uma análise da qualidade dos argumentos desenvolvidos por alunos da Educação Básica, na fase final de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), utilizando o Padrão de Argumento de Toulmin. A SEI foi estruturada em torno de uma questão sociocientífica, a qual demandou a tomada de posição dos alunos acerca da implantação de uma usina termoeétrica em sua região. Os resultados evidenciam que os alunos ponderaram aspectos sociais, ambientais e econômicos, aliados aos conhecimentos científicos, para a tomada de decisão. Como a temática é controversa, observaram-se refutadores na maioria dos argumentos e também garantias de inferência constituídas por valores éticos, além daquelas que, baseadas em conteúdo científico, apresentavam uma relação de causa e efeito direta com os dados, ligando-os à conclusão. Concluiu-se que os alunos construíram uma consciência crítica em relação à temática, na perspectiva da Alfabetização Científica voltada para a formação cidadã.

► argumentação, questões sociocientíficas, termoeétrica ◀

Recebido em 25/09/2020, aceito em 05/01/2021

Com a mudança da política de ensino no Brasil, a argumentação passou a ser considerada como uma das dez competências gerais indicadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio (Brasil, 2017). Isso expressa o investimento crescente da comunidade de pesquisa nacional da área de Ensino de Ciências sobre a temática (Braga *et al.*, 2019). A argumentação tem sido bem discutida há algum tempo em pesquisas de várias partes do mundo, as quais crescem em ritmo acelerado a partir da década de 1990 (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Erduran *et al.*, 2004; Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008; Garcia-Mila *et al.*, 2013). Porém, aliar adequadamente a argumentação à alfabetização científica tem sido um desafio ainda pouco explorado na prática em nosso país (Sasseron, 2015).

A argumentação científica, desenvolvida ao longo de um processo investigativo, favorece a compreensão acerca da produção e legitimação dos conhecimentos, em processos que envolvem a dimensão discursiva da ciência (Santos *et al.*, 2001; Silva, 2015; Ferraz e Sasseron, 2017; Oliveira *et al.*,

2020a). Na perspectiva sociocientífica, por sua vez, o discurso dos alunos implica a construção de argumentos para defender um ponto de vista de maneira crítico-reflexiva por meio de conhecimentos científicos que se voltam à análise de aspectos sociais e ambientais. Então, as Questões Sociocientíficas (QSC) se enquadram no desenvolvimento e avaliação de discursos argumentativos produzidos como forma de entender o mundo. Como estratégias didáticas, temas controversos são utilizados para fomentar, em sala de aula, debates envolvendo os prós e os contras em torno de uma problemática, a fim de gerar as bases para um argumento que mostra o perfil de decisão do aluno.

Uma temática muito relevante para o estado de Sergipe foi a recente implantação de uma usina termoeétrica. Todo empreendimento humano deste porte causa impacto ao ambiente, dentre outras implicações à sociedade e, se trabalhado em sala de aula com QSC e argumentação, favorecerá o ensino de conteúdos da Química, relacionados a outros saberes, bem como o exercício para a formação cidadã.

Na perspectiva sociocientífica, por sua vez, o discurso dos alunos implica a construção de argumentos para defender um ponto de vista de maneira crítico-reflexiva por meio de conhecimentos científicos que se voltam à análise de aspectos sociais e ambientais.

Este artigo discute como os alunos posicionaram-se frente à implantação da termoeletrica em Sergipe, na fase final de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) elaborada em torno da compreensão sobre como tal tipo de usina produz energia e quais as suas repercussões para a sociedade e o ambiente.

O artigo é continuação da pesquisa apresentada em Oliveira *et al.* (2020a), a qual analisou os argumentos dos alunos na perspectiva científica, produzidos nas fases de conceitualização e investigação do Ciclo Investigativo (Pedaste *et al.*, 2015) em que se constituiu a SEI. Neste artigo, aborda-se a fase de discussão desse ciclo, em que os alunos desenvolvem argumentos na perspectiva sociocientífica, posicionando-se diante da implantação da termoeletrica, um tema controverso expresso por meio de uma QSC.

O problema central desta pesquisa se expressa no seguinte questionamento: Quais as características do discurso argumentativo de alunos de Química na tomada de decisão sobre o tema sociocientífico “implantação de uma termoeletrica em Sergipe”? Partindo desse problema, buscou-se avaliar a qualidade dos argumentos dos alunos, por meio do Padrão Argumentativo de Toulmin (2006), focalizando suas estruturas e conteúdos.

Argumentação, Questões Sociocientíficas e Alfabetização Científica

No Brasil, há um intenso debate no campo da educação que aponta para transformações no modo de ensinar, considerando o que vem sendo requerido, mais recentemente, em documentos oficiais. A demanda por mudanças pedagógicas é um reflexo do mundo contemporâneo, em que a informação é de fácil acesso e o aluno, ao se apropriar dela, pode transformá-la em conhecimento para a vida, por meio de um processo interativo aluno-aluno, aluno-professor e aluno-mídias (Santos *et al.*, 2018). Assim, os alunos serão capazes de se adaptar ao crescimento continuado do conhecimento (Kuhn, 2016). Nesse sentido, a BNCC para o Ensino Médio apresenta-se como um documento de orientação quanto aos objetivos de aprendizagem de cada etapa da formação escolar, considerando as particularidades de cada escola no que diz respeito à metodologia e aos aspectos socioculturais e regionais (Brasil, 2017).

No entanto, existe uma consolidada crítica à BNCC por parte da comunidade de pesquisa e pedagógica. Uns se opõem à ideia de uma base curricular comum (Lopes, 2019). Outros concordam com a necessidade de uma base comum nacional, mas tal concordância vem acompanhada de ressalvas. Neste segundo pensamento, há uma aversão à visão tradicional dos currículos organizados por objetivos, baseados em uma standardização da educação e, assim, geram-se críticas ao documento atual, tendo-se em vista:

O problema central desta pesquisa se expressa no seguinte questionamento: Quais as características do discurso argumentativo de alunos de Química na tomada de decisão sobre o tema sociocientífico “implantação de uma termoeletrica em Sergipe”?

a) o conteúdo e a estrutura; b) os agentes que encabeçaram o processo, os quais teriam privilegiado especialistas, pesquisadores estrangeiros e agentes privados que concentram capital econômico; e, por fim, c) o processo de construção do documento (BNCC) que não considerou um diálogo com as críticas pertinentes (Michetti, 2020).

De qualquer forma, tanto nas discussões acadêmicas quanto em documentos oficiais, não se admite o ensino apenas conceitual. Ele deve gerar sentidos e significados, pois o ser humano é um sujeito com valores, que constrói sua própria história. Nessa perspectiva, a BNCC sugere as competências e habilidades específicas para as Ciências da Natureza. Antes, porém, descreve 10 competências gerais, sendo que a sétima delas refere-se à argumentação.

Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta (Brasil, 2017, p. 9).

Mas, como se pode argumentar? O que indica que uma construção textual ou oral é argumentativa? Há algum padrão de construção? Na literatura da Educação em Ciências há distintos referenciais utilizados, com seus respectivos esquemas analíticos (Perelman e Olbrechts-Tyteca, 1958; Walton, 1989, por exemplo). Todavia, existe uma ferramenta analítica frequentemente utilizada na área e que serve como padrão para caracterizar e qualificar um argumento. Ela constitui-se, fundamentalmente, de dados (D), conclusão (C) e justificativa ou garantia de inferência (W). Este é o Padrão básico de Argumento de Toulmin, também conhecido como *Toulmin's Argument Pattern*

(TAP). Ele considera que, quando apresentamos uma conclusão sobre um determinado evento ou informação, somos desafiados a justificá-la. Para isso, devem-se utilizar dados que apoiam essa conclusão e garantias de inferência, que podem ser percebidas como uma lógica de raciocínio, pela qual se estabelece a ligação entre os dados e a conclusão. Com isso, expande-se a ideia de argumento com a estrutura “se D, então C”, para outra em que se tem “a partir de um dado D, já que W, então C” (Toulmin, 2006). Assim, o dado e a garantia de inferência sustentam a conclusão formando-se o argumento. As garantias de inferências são chamadas também de justificativas, pois estabelecem as relações entre os dados e a conclusão. À estrutura básica podem ser acrescentados Qualificadores Modais (Q), Refutadores (R) e Conhecimento de Base (B), (Figura 1). Os qualificadores constituem-se em palavras que expressam o grau de certeza de uma conclusão, como por exemplo: provavelmente, certamente, possivelmente. Tais

palavras colocam-se à frente da conclusão, ou seja, da alegação que se busca legitimar. Os refutadores especificam em que condições a garantia não é válida. Além disso, a garantia de inferência, que apresenta um caráter hipotético, pode estar apoiada em uma alegação categórica baseada em uma lei ou teoria, por exemplo. Esse elemento que dá suporte à garantia de inferência é denominado de Apoio ou Conhecimento de Base (B). Vejamos a Figura 1.

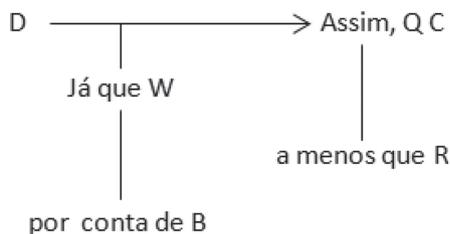


Figura 1: *Layout* completo do TAP. Fonte: Toulmin (2006, p.150).

Garcia-Mila *et al.* (2013) utilizaram o TAP para analisar os argumentos dos alunos na escolha entre diferentes fontes de energia para uma cidade, a saber: a nuclear, a solar e a térmica (com uso de biodiesel). Os autores verificaram diferentes tipos de argumento, tendo em vista as combinações dos elementos que compõem o modelo proposto por Toulmin (2006). Abaixo, segue um exemplo de argumento verificado na pesquisa, apresentando a maioria dos elementos do modelo. Tal argumento é apresentado na Figura 2, por meio do *layout* de Toulmin.

“Eu proponho a estação térmica porque, embora ela gere alta quantidade de CO₂, nós podemos evitar acidentes nucleares. Estes podem ser muito prejudiciais para as espécies da área como foi o acidente de Chernobyl” (Garcia-Mila *et al.*, 2013, p. 506. Tradução nossa).

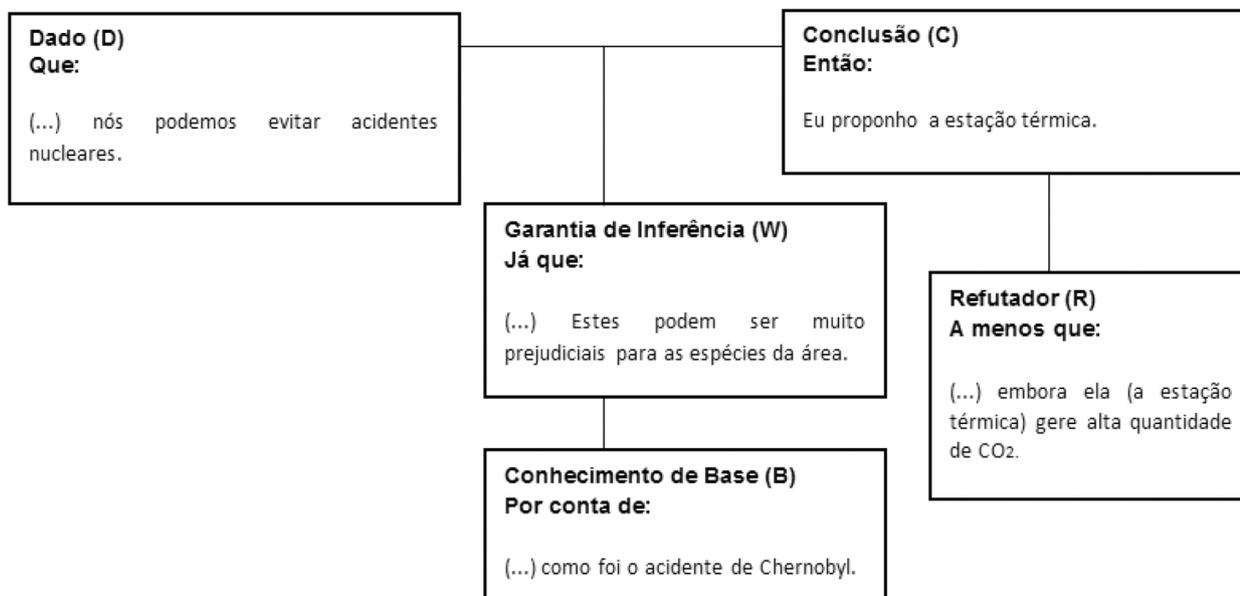


Figura 2: Argumento do tipo DCWBR de um aluno para a escolha de uma fonte de energia para sua cidade. Fonte: Garcia-Mila *et al.*, 2013.

Nesse exemplo, fica claro que os componentes do TAP não se apresentam no texto em uma ordem definida. Eles devem ser analisados e colocados no modelo por meio de uma análise que é tanto mais criteriosa quanto maior a complexidade estrutural e de sentidos mobilizados. Percebe-se também que a habilidade de argumentar “(...) envolve o reconhecimento de afirmações contraditórias e o estabelecimento de relações entre as afirmações e as evidências” (Scarpa *et al.*, 2017, p. 17).

A qualidade de um argumento tem sido discutida em várias pesquisas que fazem uso do Modelo de Toulmin (2006). A verificação das combinações dos elementos propostos no modelo, com base na metodologia proposta por Erduran *et al.* (2004) é um fator recorrente para isso (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Zohar e Nemet, 2002; Garcia-Mila *et al.*, 2013). Além de levar em conta a combinação entre os elementos do TAP, considerar a frequência com que tais elementos aparecem no argumento tem sido tomado também para inferir sobre a sua qualidade (Sá *et al.*, 2014; Brito e Sá, 2010; Sá e Queiroz, 2007). Aliada à percepção dos elementos estruturais, considera-se ainda a análise do conteúdo, indo, nesse sentido, além do modelo proposto por Toulmin, cujo foco está na estrutura do argumento. Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015) observam que se torna difícil estudar a argumentação sem articulação com a aprendizagem das ciências. Nesse sentido, ressaltam a importância de analisar as garantias de inferência (ou justificativas) e os conhecimentos de base, verificando a sua adequação aos conhecimentos científicos.

Para Kuhn (1991), os contra-argumentos e contestações/refutadores são as habilidades mais complexas no discurso argumentativo, conferindo-lhe qualidade. Quando os estudantes fazem uma refutação, eles não apenas necessitam justificar a sua asserção, mas também procurar suas limitações (avanzando no contra-argumento do parceiro). Assim,

devem integrar teorias alternativas às suas próprias teorias para argumentar que a sua própria teoria é a mais correta.

O argumento pode ser uma produção individual ou co-construída, como verificado em vários estudos empíricos (Oliveira *et al.*, 2020a; Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008; Jiménez-Aleixandre e Brocos, 2015). Isto depende de muitos fatores, sendo um deles o perfil de ensino que o professor apresenta ao aluno. Ele pode favorecer um processo investigativo em uma sequência didática, que presume um processo interativo aluno-professor, aluno-aluno e aluno-material didático, em uma mediação constante (Oliveira *et al.*, 2020a).

O ensino por investigação volta-se para a alfabetização científica, a qual pode ser percebida como composta por três eixos fundamentais (Sasseron e Carvalho, 2008). O primeiro corresponde à compreensão da ciência, em que são desenvolvidos e adquiridos os conhecimentos teóricos. O segundo envolve a compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática, voltando-se para o fazer científico, o que se dá pelo desenvolvimento de atividades investigativas, discussões acerca de episódios da história das ciências e outras atividades que ilustrem as diferentes influências presentes no momento de proposição de um novo conhecimento. O terceiro envolve as complexas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, o que permite uma visão mais atualizada da ciência.

As QSC relacionam-se mais diretamente ao terceiro eixo estruturante da alfabetização científica, porém, aliadas ao ensino por investigação chegam a contemplar os três eixos acima expostos. QSC são questões controversas que exigem articulações conceituais e processuais da ciência com distintos campos da realidade para que sejam respondidas. Aspectos políticos, sociais, econômicos, ambientais são considerados, apontando soluções pouco claras, ou sendo passíveis de várias soluções (Sadler, 2004). A tomada de decisão é exigida do estudante e, conseqüentemente, a argumentação pode ser trabalhada.

No Brasil, as pesquisas envolvendo o uso de QSC em sala de aula surgem como uma alternativa de aplicação para a abordagem CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), abrindo espaço para a argumentação (Sousa e Gehlen, 2017). A ocorrência dessas relações na prática de ensino é vista como difícil, pois o professor acaba por enfatizar conteúdos científicos, não explorando suficientemente a argumentação dos alunos. A qualidade dos argumentos produzidos fica questionável (Braga *et al.*, 2019; Queiroz e Sá, 2009; Conrado *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2001). Com base no levantamento dessa constatação, Braga *et al.* (2019) entendem serem relevantes pesquisas que auxiliem na superação destas dificuldades. Em nosso estudo, procuramos contribuir para tal superação, apresentando uma discussão

sobre os argumentos dos alunos produzidos em uma SEI desenvolvida em torno de uma QSC.

Aspectos metodológicos

A pesquisa apresentada neste artigo é de natureza predominantemente qualitativa, contando também com dados quantitativos, sendo um estudo de caso envolvendo intervenção didática em uma sala de aula do Ensino Médio. Uma SEI elaborada de acordo com o Ciclo Investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015) foi aplicada, na forma de oficina, em uma turma de 2ª série, composta por 28 alunos de uma escola da Rede Federal de Ensino Básico e Tecnológico.

A utilização de uma câmera de vídeo, focalizando toda a turma, permitiu a verificação das interações que o professor desenvolvia com os alunos. Também foi tomado um grupo específico para análise, cujas interações, entre os seus alunos e destes com o professor, foram capturadas por meio de gravador. Tal grupo foi selecionado dentre os demais pelo fato de seus integrantes debaterem mais intensamente que os outros e, deste modo, expressarem mais nitidamente o movimento argumentativo, ou seja, o processo de construção de argumentos. Além dos registros em áudio e vídeo, foram obtidos dados escritos oriundos das repostas de todos os alunos aos questionários aplicados ao longo da SEI. Assim, foi possível ter acesso: às discussões que o professor manteve com toda a turma e com um grupo de alunos em particular; às discussões desse grupo de alunos na ausência do professor; e aos textos dos alunos em repostas às questões propostas em questionários.

Os dados registrados em áudio e vídeo, bem como em textos escritos, foram analisados de modo a compreender o processo de construção conjunta de argumentos e caracterizar os argumentos expressos por cada aluno individualmente. Os dados em vídeo foram segmentados em episódios e aqueles mais relevantes foram transcritos e submetidos à análise por meio do TAP, o qual se encontra descrito na seção

anterior. Também aplicamos o TAP aos dados gravados em áudio e aos escritos.

A SEI intitulada “Termoquímica: energia, termoeletrônica e sociedade” compôs-se de 10 aulas, descritas detalhadamente em Oliveira *et al.* (2020b) e distribuídas nas fases apresentadas a seguir:

A SEI e suas fases

Pedaste *et al.* (2015) apresentam uma proposta de ciclo investigativo a partir de uma revisão de literatura, por meio da qual identificaram etapas fundamentais de investigações científicas escolares, recorrentes em diferentes estudos. O ciclo proposto é composto por 5 fases, algumas delas

No Brasil, as pesquisas envolvendo o uso de QSC em sala de aula surgem como uma alternativa de aplicação para a abordagem CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), abrindo espaço para a argumentação (Sousa e Gehlen, 2017). A ocorrência dessas relações na prática de ensino é vista como difícil, pois o professor acaba por enfatizar conteúdos científicos, não explorando suficientemente a argumentação dos alunos.

com subfases, as quais são denominadas de: orientação, conceitualização, investigação, conclusão e discussão. A compreensão das fases desse ciclo pode contribuir para o professor planejar suas aulas na perspectiva de um ensino por investigação (Montovani *et al.*, 2016). Todavia, como salientam Silva e Souza (2020), o ciclo não deve ser visto como um modelo fechado, cujas fases devam ser seguidas rigorosamente em determinada ordem no momento de elaboração de uma SEI, mas representa indicações de etapas que podem ser tomadas em diferentes estruturas em uma sequência variável, em função da investigação que se quer desenvolver.

a) **ORIENTAÇÃO** (Parte da Aula 1): Nessa fase inicial, o tema e os aspectos gerais da SEI foram apresentados aos alunos a fim de mobilizá-los a se engajarem nas atividades que seriam desenvolvidas. O propósito foi chamar a atenção dos alunos para o que está envolvido no funcionamento de uma termoeletrica, como também as suas consequências ambientais. Como discutido por Pedaste *et al.* (2015), nesta fase busca-se estimular a curiosidade dos alunos sobre um certo tópico e introduzir um desafio de aprendizagem por meio da apresentação de um problema.

b) **CONCEITUALIZAÇÃO** (Parte da Aula 1 e Aula 2): Esta fase envolve um processo de entendimento acerca de conceitos relativos à problemática apresentada. Neste sentido, foi proposta a leitura do texto “Apagão Nunca Mais” e, após o investimento na percepção dos alunos acerca dos diferentes níveis de consumos domésticos de energia, bem como na importância e nos possíveis impactos da instalação de uma termoeletrica para a sociedade e meio ambiente, a questão central da SEI foi apresentada: Como uma usina termoeletrica produz energia e quais as suas repercussões para a sociedade e o meio ambiente?

De acordo com os autores, a retomada ou introdução de conceitos, nesta fase, relaciona-se à elaboração ou proposição de questões e hipóteses, constituindo-se, assim, as subfases: questionamento e elaboração de hipóteses. Tais subfases visam à preparação para a investigação que se instaura na fase seguinte. Todavia, os limites entre as fases de conceitualização e investigação podem-se tornar mais tênues a depender das questões a serem investigadas. No caso de nossa pesquisa, a SEI apresenta uma questão ampla que não encontra resposta por meio da análise de dados coletados de uma única atividade de experimentação ou observação sistemática. Ela envolveu, portanto, dois experimentos que podem ser percebidos como pequenos ciclos investigativos dentro do ciclo mais amplo, abrigando em si questionamentos e hipóteses específicos, assim como a construção de novos conceitos, dando espaço para a conceitualização.

c) **INVESTIGAÇÃO** (Aulas 3, 4, 5 e 6): Nesta fase, os alunos, em grupos, realizam os dois experimentos. O primeiro envolveu a percepção sobre como funciona um gerador termoeletrico (Manual do Mundo, 2015), consistindo na

No caso de nossa pesquisa, a SEI apresenta uma questão ampla que não encontra resposta por meio da análise de dados coletados em uma única atividade de experimentação ou observação sistemática.

geração de energia elétrica, por meio da energia térmica em transição, utilizando uma placa de Peltier entre uma fonte fria e uma fonte quente (recipientes com água a diferentes temperaturas). Os alunos tiveram que observar, analisar e elaborar as suas conclusões a partir dos dados experimentais. O segundo experimento envolveu a determinação do calor de reação do peróxido de hidrogênio conforme descrito em Braathen *et al.* (2008). Posteriormente, a imagem de uma planta simplificada de uma termoeletrica foi utilizada de modo a promover a articulação dos conceitos desenvolvidos e retomados nos dois experimentos, possibilitando a compreensão do funcionamento de uma termoeletrica.

d) **CONCLUSÃO** (Aulas 7 e 8): Nesta fase, foram elaboradas as conclusões a partir dos dados obtidos dos experimentos, a fim de responder à questão central de investigação. O texto intitulado

“Termoeletrica e termoquímica: tudo a ver!” foi lido e discutido, tendo em vista algumas questões propostas, como forma de dar fechamento às ideias até então trabalhadas.

e) **DISCUSSÃO** (Aulas 9 e 10): Para Pedaste *et al.* (2015), a fase de discussão envolve o processo de comunicar aos outros os resultados obtidos de uma fase particular do ciclo ou do ciclo completo, como também o engajamento em atividades reflexivas acerca da investigação e aprendizagem desenvolvidas. Assim, a discussão pode ocorrer ao longo de todas as fases do ciclo ou se concentrar mais nitidamente em seu final. No caso de nossa pesquisa, além das discussões que permearam as fases anteriores, após a conclusão foi estimulada uma reflexão e discussão mais aprofundada acerca das relações entre o funcionamento de uma usina termoeletrica e suas relações com a sociedade e o meio ambiente. Assim, o texto intitulado “A Sociedade e a usina termoeletrica” foi lido e debatido, considerando quatro questões propostas, sendo que duas delas (Questões 1 e 3) merecem destaque por fomentarem a argumentação dos alunos na perspectiva sociocientífica, de acordo com os propósitos deste artigo. Abaixo apresentamos tais questões.

A primeira questão abordou os impactos ambientais causados pela implantação de uma usina termoeletrica. Questão 1: “O processo de implantação de uma usina termoeletrica é longo e permeado por uma série de autorizações ambientais de órgãos de controle visando à identificação de impactos positivos e negativos nos aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos. Do ponto de vista químico, descreva quais serão as implicações ao ambiente. Quais dados você tomou para levantar suas considerações? Existe alguma exceção?”

A questão objeto da análise principal deste artigo foi a Questão 3: “Suponha que você necessite elaborar um relatório em que você opte pela implantação da usina termoeletrica ou não no estado de Sergipe. Escreva um texto em que você justifique os motivos de seu parecer ser favorável à implantação da usina, ou contra ela. Tente explicar essa elaboração com dados e garantias que sejam confiáveis”.

Na seção que segue, apresentamos os resultados obtidos, considerando as discussões do grupo selecionado para análise tendo em vista as questões propostas (1 e 3) e as respostas escritas de todos os alunos à questão 3.

Resultados e Discussão

A análise que passamos a apresentar envolve um contexto de produção de argumentos sociocientíficos, os quais não demandam uma única resposta ou solução para dada questão (Jiménez-Aleixandre e Brocos, 2015). Entretanto, assumimos a concepção de que na perspectiva da ciência escolar, um bom argumento, seja ele científico ou sociocientífico, envolve conhecimento de conteúdo, o que Toulmin (2006) chama de argumentos substantivos. Portanto, consideramos, em nossa análise, a estrutura, ou complexidade dos argumentos, e seu conteúdo, levando em conta sua adequação do ponto de vista científico, principalmente nos elementos justificatórios que sustentam as conclusões e refutadores.

Analisamos os argumentos expressos pelos alunos¹ em textos escritos e também excertos de discussões entre alunos e o professor. A transcrição apresentada no Quadro 1 corresponde a um dos momentos em que os alunos do grupo analisado refletem sobre a elaboração da resposta à primeira questão proposta no questionário.

Verificando a transcrição, é possível perceber o esforço dos alunos em elencar os impactos ambientais, estabelecendo relações causais entre estes e aspectos inerentes ao funcionamento de uma usina termoeletrica. Os alunos iniciam a discussão apontando a poluição atmosférica e o aumento da temperatura do oceano na região próxima à usina como os efeitos mais imediatos desta ao meio ambiente. O funcionamento de uma usina termoeletrica fora bem discutido nas segunda e terceira fases da sequência, em que conceitos foram introduzidos. Assim, tais efeitos foram de imediato lembrados pelos alunos nos turnos 1 e 2. Dos turnos 3 ao 5, todavia, fica evidente que eles estabelecem uma relação de causa e efeito entre o funcionamento da usina e o impacto ambiental.

A ideia articulada entre os alunos A1 e A3 é a de que a emissão de gases poluentes gera poluição atmosférica, a qual torna a chuva ácida. O Aluno 3 questiona o Aluno 1 sobre qual o dado que sustenta a sua alegação de que a usina gera chuva ácida e este responde que é a “emissão de gases poluentes”. Outra relação causal aparece nos turnos 19 e 21, pelo Aluno 1: “E o aumento da temperatura” “Que pode afetar a vida marinha”. No turno 25, o Aluno 4 sintetiza essas ideias: “Se bem que neste textinho já botou os dados! Por que tipo; a gente ia colocar a emissão dos gases... já é um dado e o aumento de temperatura já é outro dado”.

Suscitar o raciocínio dos alunos para as relações causais tem sido visto como um aspecto incluso na alfabetização científica (Sasseron, 2008). O estabelecimento de relações causais colabora para o pensamento crítico, contribuindo assim para a argumentação, visto que constitui o processo de construir suporte (dados e justificativas) para as

Quadro 1: Discussão dos alunos para responder à questão 1

| TURNO | LOCUTOR | FALAS |
|-------|--------------|--|
| 1 | Aluno 1 | Do ponto de vista químico a gente tem aumento da temperatura oceânica. |
| 2 | Aluno 3 | Poluição do ar... |
| 3 | Aluno 1 | Isso, poluição do ar... que pode causar chuva ácida. |
| 4 | Aluno 3 | Qual dado você tomou para levantar considerações? |
| 5 | Aluno 1 | Emissão de gases poluentes. |
| | | ((Os alunos discutem entre si)) |
| 9 | Aluno 3 | A poluição pode gerar ... |
| 10 | Aluno 1 | Chuva ácida. |
| 11 | Aluno 4 | Aumento da temperatura. |
| 12 | Aluno 3 | Que pode causar danos na vida marinha. |
| 13 | Aluno 2 | Vamos escrever... |
| 14 | Aluno 1 | A emissão de gases que poderão causar chuva ácida e aumento da temperatura. |
| 15 | Aluno 3 | Riscos ambientais. Olha: ((lendo o texto)) “avaliado os riscos ambientais, dentre outros procedimentos legais a obra é liberada para execução ou é embargada”. |
| 16 | Aluno 4 | Vai ficar como? |
| 17 | Aluno 1 | A emissão de gases poluentes ((pausa)) que podem causar a chuva ácida. |
| 18 | Aluno 4 | Depois disso vem o que? |
| 19 | Aluno 1 | E o aumento da temperatura. |
| 20 | Aluno 3 | Emissão dos gases tóxicos. |
| 21 | Aluno 1 | Que pode afetar a vida marinha . |
| | | ((Pausa para escreverem)). |
| 22 | Aluno 4 | Acabou a questão? |
| 23 | Alunos 3 e 1 | Não. |
| 24 | Aluno 3 | Qual dado você tomou para levantar considerações? ((lê a pergunta de complementação)). |
| 25 | Aluno 4 | Se bem que neste textinho já botou os dados! Por que tipo; a gente ia colocar a emissão dos gases, já é um dado e o aumento de temperatura já é outro dado. |

alegações, bem como para transformar dados em evidências (Koslowski *et al.*, 2008).

A terceira questão solicita de fato uma argumentação sociocientífica, pois os alunos devem expor seus pontos de vista acerca da implantação da usina. Diante da questão, os alunos discutem entre si, ponderando prós e contras, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2: Discussão dos alunos para responder à questão 3

| TURNO | LOCUTOR | FALAS |
|-------|---------|---|
| 1 | Aluno 4 | Vocês consideram que isto é bom para nosso estado? |
| 2 | Aluno 1 | Por um lado é bom e por outro não é! |
| 3 | Aluno 3 | Sempre tem isso!! Mas, vamos ver se os prós são maiores que os contra ou se os contra são maiores que os prós. |
| 4 | Aluno 4 | Eu sou a favor e você? |
| 5 | Aluno 5 | Eu sou a favor! |
| 6 | Aluno 4 | E você? |
| 7 | Aluno 2 | Não sei! |
| 8 | Aluno 4 | E você? |
| 9 | Aluno 1 | Vou botar os prós e os contra! |
| 13 | Aluno 2 | O que é o pró? |
| 14 | Aluno 1 | Aumento da produção da energia, diminuição do preço da energia e mais empregos! Como também atraí novas empresas para o estado. |
| 15 | Aluno 2 | Vou defender! |
| 16 | Alunos | Cada um entrega sua versão ao professor. |

O excerto da discussão acerca da questão 3, apresentado acima, é representativo dos aspectos socioeconômicos que aparecerão nos argumentos escritos dos alunos. É interessante observar que a discussão representa ainda os tipos de posicionamentos que foram observados nas respostas escritas de toda a turma. Há alunos que se posicionam a favor da implantação da usina, os que se posicionam contra e os que não se posicionam, pois apenas indicam os prós e contras e não definem a sua opção. No turno 3, o Aluno 3 sugere entender que se trata de uma ponderação numérica apenas, ou seja, trata-se de verificar se há mais aspectos favoráveis ou não. Embora essa seja uma dimensão a ser considerada, o que na verdade irá contar é o peso que se dá a cada aspecto. Para alguns alunos, o que mais pesa são os aspectos econômicos ou socioeconômicos, para outros, os ambientais ou socioambientais. Isso é verificado em seus textos escritos, como passaremos a discutir.

Os argumentos dos alunos em textos escritos

O conteúdo dos argumentos – as ideias mobilizadas pelos alunos.

Um primeiro aspecto a ser considerado é a opção dos alunos sobre a implantação da usina. Dos 25 alunos que responderam à questão 3, 11 (44%) foram favoráveis à implantação (A2, A5, A8, A10, A11, A12, A14, A15, A21, A22, A25), 10 (40%) foram contra (A1, A3, A4, A13, A16, A17, A23, A24, A26, A27) e 4 (16%) não argumentaram (A6, A7, A9, A28), ou seja, apresentaram prós e contras à implantação sem defenderem um posicionamento.

A diferença entre os alunos que se posicionaram contra e os que se posicionaram a favor é de 1 (aluno) ou 4,0%, sendo, assim, mínima. Os alunos que se posicionaram a favor da implantação da usina levaram em conta para defender seus pontos de vista, principalmente nos dados e garantias de inferência, aspectos econômicos ou socioeconômicos. Para os que foram contra, os aspectos ambientais ou socioambientais pesaram mais. Os que não argumentaram se limitaram a elencar prós e contras. Vejamos abaixo:

Texto argumentativo do Aluno A2 – Favorável à implantação

A implantação de uma usina termoelétrica no estado de Sergipe irá trazer diversos benefícios como o aumento de empregos, o melhor funcionamento de energia elétrica extra e atrair mais empresas para o local. Em relação aos impactos ambientais gerados de sua implantação, a fiscalização adequada fará com que este seja o menor dos problemas.

Texto argumentativo do Aluno A3 – Contra à implantação

Apesar de poder gerar empregos e reduzir o custo de energia, uma usina termoelétrica traz problemas ambientais como o efeito estufa, dado pelo aumento das concentrações dos óxidos de carbono (COx), nitrogênio (NOx) e enxofre (SOx); aumento da temperatura oceânica, alterando as condições de vida no meio aquático e também pondo em risco a existência de determinadas espécies; influencia nas correntes de vento e, assim, no meio de vida das aves, assim como as correntes do mar. E o uso da energia termoelétrica não é a única solução, Sergipe é um local com bastante correntes de ar e sol por muitas horas, favorecendo o uso da energia eólica e solar.

Texto produzido pelo Aluno A6 – Não argumentou

Existem prós e contra na implantação de uma usina termoelétrica. Temos como pró: o aumento da geração de empregos, aumento de energia no estado e consequentemente a diminuição na tarifa e atrair mais empregos para o nosso estado. Já os contra são os graves danos que podem causar ao meio ambiente como a produção de gases que podem causar chuvas ácidas e o aumento da temperatura do mar em até 3°C. Então devemos analisar bem esses dados.

Contrastando os argumentos de A2 e A3, verificamos que, embora defendendo diferentes pontos de vista, ambos consideram prós e contras em suas respostas, a exemplo do que acontece com a maioria dos argumentos verificados. Assim, aspectos ambientais ou socioambientais, por exemplo, contrapõem-se a econômicos ou socioeconômicos, nos textos dos alunos. Porém, sempre alguns aspectos se sobrepõem nitidamente a outros, a depender do ponto de vista defendido.

Com relação a isso, temos que: 9 alunos (A1, A3, A4, A13, A16, A17, A24, A26 e A27) levaram em conta, para

defender seus pontos de vista, aspectos ambientais e 1 (A23), aspectos socioambientais, sendo estes contra a implantação da usina. Por outro lado, 7 alunos (A11, A12, A14, A15, A21, A22, A25) levaram em conta aspectos econômicos e 4 (A2, A5, A8, A10) aspectos socioeconômicos, sendo estes a favor da implantação da usina. Conforme podemos verificar, nos textos acima apresentados, o que conta para A2 ser a favor da usina são aspectos socioeconômicos, tais como um maior número de empregos e aumento de empresas no local. Para A3 ser contra, o que conta são os aspectos ambientais como o aumento de emissão de gases poluentes e aumento da temperatura oceânica. Os gráficos a seguir, descritos pelas Figuras 3 e 4, expressam esses dados.

A aparição desses aspectos denota o investimento do professor e dos alunos no debate mais aprofundado acerca do tema, em que diferentes dimensões sobre o mesmo são articuladas, na perspectiva de uma formação cidadã (Santos, 2007). Esse fato é requerido neste tipo de ensino. No Quadro 3, apresentamos exemplos de argumentos em relação aos aspectos que preponderaram para a conclusão alcançada.

Considerando a análise do conteúdo dos argumentos, faz-se necessário verificar a acuidade dos fatos e conceitos científicos levantados pelos alunos (Zohar e Nemet, 2002).

Não foram verificados erros conceituais, mas, como era de se esperar, tendo em vista o número de ideias mobilizadas, sobretudo pela comparação da termoeletrica com outros tipos de usinas, algumas informações trazidas pelos alunos são equivocadas ou pouco precisas. Considerar que a implantação da termoeletrica faria uso do gás natural do estado (A15, A21) e que isso diminuiria o preço da tarifa de energia (A10 e A15) foram elas. Como discute Fuhrmann (2016), o Brasil ainda depende de importação de gás natural, pois apesar de termos uma produção nacional, a demanda é maior que a oferta. Com relação à diminuição da tarifa de energia, isso não depende apenas do uso de uma reserva estadual desse gás, mas também de outros fatores tais como política energética, níveis de reservatórios de hidroelétricas, escassez ou não de chuva, dentre outros.

A articulação de diferentes dimensões acerca da implantação da usina expressou-se na aparição de argumentos com refutadores. Estes, conforme explicamos, podem ser entendidos como limitações aos dados apresentados, em sua relação com as conclusões. Dos 21 alunos que elaboraram argumentos em suas respostas, 17 levaram em conta refutadores, o que mostra a capacidade dos alunos em se antecipar a possíveis contra-argumentos, considerando outros pontos

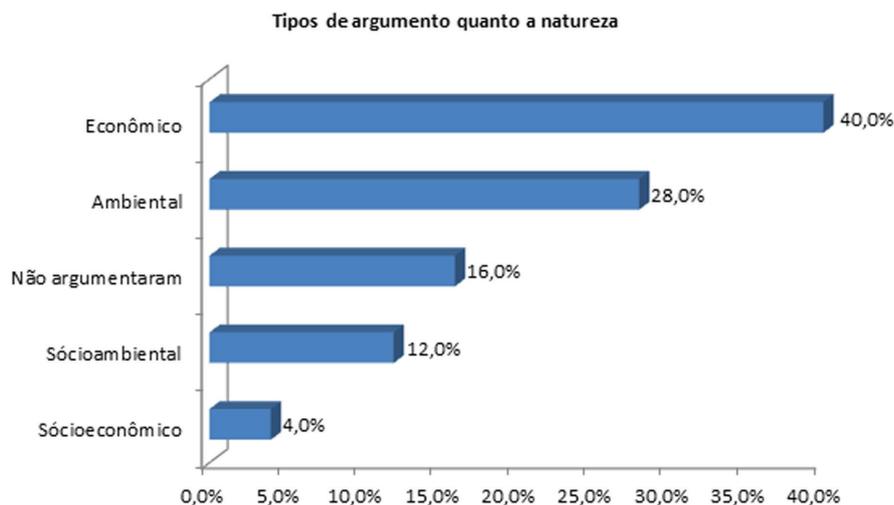


Figura 3: Percentuais dos argumentos quanto à resposta para a questão sociocientífica.

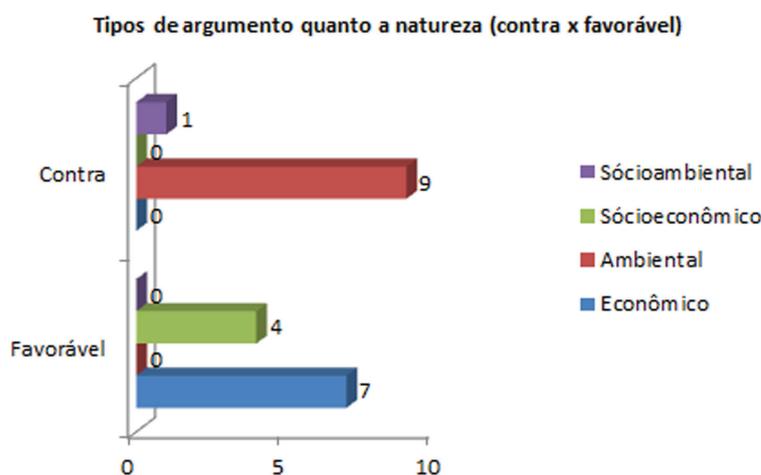


Figura 4: Quantidade de alunos quanto ao tipo de argumento em relação à posição contra ou favorável.

Quadro 3: Aspectos preponderantes no conteúdo dos argumentos dos alunos

| Aspectos preponderantes no argumento | Exemplos de argumento |
|--------------------------------------|---|
| Ambiental | Baseado nas condições climáticas atuais não é de muita sabedoria desfrutar ainda de energia gerada através da queima de gases, principalmente gases tóxicos. Aconselho gerar energia através de recursos abundantes e que não poluem. Talvez possa ainda ajudar temporariamente o município em termos econômicos, mas irá custar mais depois (A24). |
| Socioambiental | Embora a produção de energia pela usina trará um benefício considerável para a geração de empregos e movimentação da economia, os impactos ambientais, em minha opinião, ainda sobrepõem os benefícios pois os habitantes que vivem da pesca se prejudicarão e a liberação de gases tóxicos aumentarão o nível de poluição do estado e contribuirá para o efeito estufa, que já é um problema sério para as futuras gerações (A23). |
| Econômico | As termoeletricas podem ser boas fornecedoras de energia, ainda mais quando as hidrelétricas estiverem comprometidas, apresentam várias vantagens como rápida instalação e em lugares que podem ser habitados e utilizam gás natural, o que temos em abundância... (A21). |
| Socioeconômico | A implantação de uma usina no estado de Sergipe atrairia novas empresas para o estado, também gerar mais energia assim reduziria o custo, empregos seriam gerados o que ajudaria uma parte da população do estado, onde um dos maiores problemas é o desemprego (A8). |

de vista em seus próprios argumentos, o que contribui para a sua qualidade (Kuhn, 1991; Garcia-Mila *et al.*, 2013). No argumento de A2, por exemplo, favorável à implantação da usina, tem-se: “Em relação aos impactos ambientais gerados de sua implantação, a fiscalização adequada fará com que este seja o menor dos problemas”. No argumento de A3, contra a implantação, tem-se: “Apesar de poder gerar empregos e reduzir o custo de energia, uma usina termoeletrica traz problemas ambientais (...)”. Tais argumentos expressam o que ocorre nos demais que incluíram o refutador em suas estruturas. Considerando o Modelo de Toulmin (2006), podemos verificar as seguintes estruturas para os argumentos de A2 (Figura 5) e A3 (Figura 6).

Temos, na Figura 5, um argumento composto por Dado, Conclusão e Refutador (DCR), como é possível verificar. Não há, neste argumento, o elemento responsável por fazer a passagem dos dados à conclusão, as garantias de inferência, como discutido por Toulmin (2006). Para o filósofo, tais garantias são informações mais gerais, estabelecidas diferentemente de fatos específicos que são apresentados como dados. À medida que aos dados recorre-se de forma explícita, é possível recorrer de maneira implícita à garantia de inferência. Assim, algumas informações são implicitamente admitidas pelo argumentador e sua audiência, de modo que se torna prescindível de explicitá-las. No caso acima, pode-se considerar que a oferta de empregos, o fortalecimento da economia e outros fatores semelhantes são requisitos fundamentais para o bom funcionamento de qualquer sociedade moderna, sendo tal ideia uma garantia de inferência para o argumento de A2.

No argumento de A3 (Figura 6), temos, semelhantemente ao primeiro, a aparição do refutador (além de dados e conclusão), mas com um elemento a mais, a garantia de inferência, que aparece explicitamente para um dos dados: o aumento da temperatura oceânica e influência nas correntes de vento. Trata-se de uma garantia constituída de um conhecimento científico que apresenta uma relação de causa-efeito com os dados, contribuindo para que o argumentador chegue à sua conclusão. Tem-se que a usina pode aumentar a temperatura oceânica (D), o que afetará a vida marinha e influenciará as correntes marítimas e de vento, interferindo também na vida

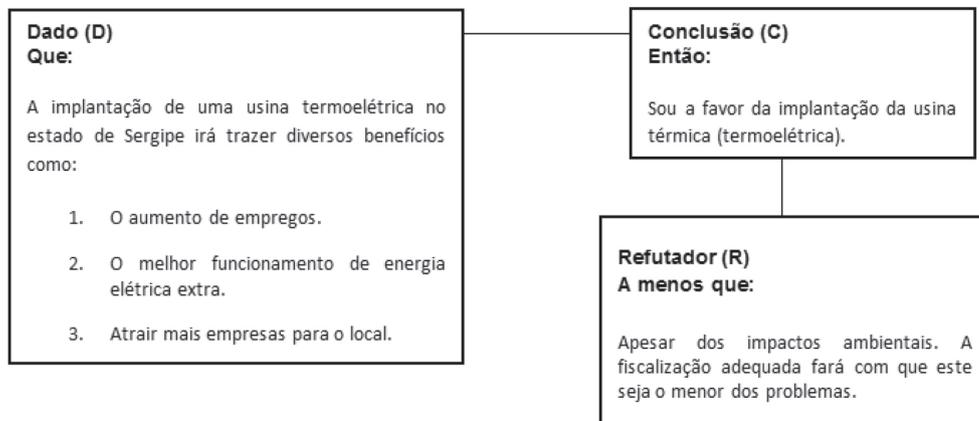


Figura 5: Estrutura do Argumento de A2

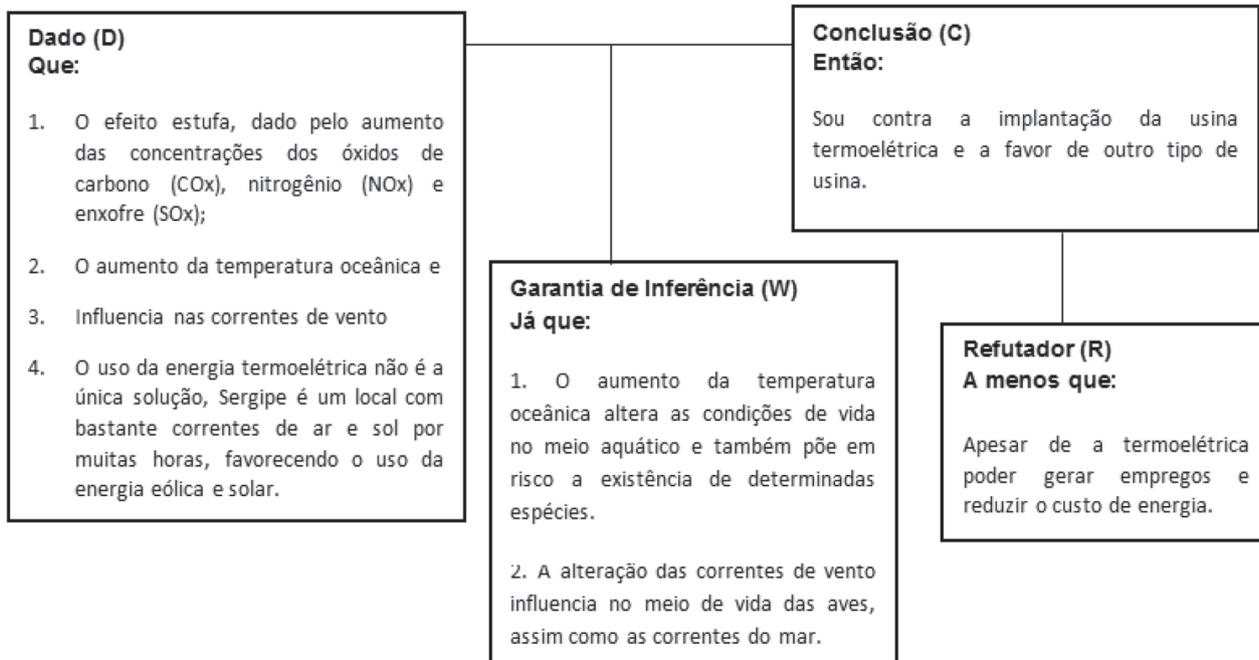


Figura 6: Estrutura do Argumento de A3.

das aves (W). Tal relação contribui para que o aluno se posicione contra a implantação da usina. Na discussão a seguir, passamos a investir mais na estrutura dos argumentos dos alunos, considerando, ainda, sua relação com os conteúdos.

As estruturas dos argumentos dos alunos

Considerando os 21 argumentos elaborados, verificamos 4 tipos de estrutura: Argumentos formados por dado e conclusão (DC); por dado, conclusão e garantia de inferência (DCW); por dado, conclusão e refutador (DCR) e argumentos formados por dado, conclusão, garantia de inferência e refutador (DCWR), sendo essa estrutura a mais complexa dentre as demais. Além de considerarmos para análise da qualidade do argumento as combinações dos elementos propostos no TAP (Erduran *et al.*, 2004), verificamos também a frequência com que os elementos aparecem (Sá *et al.*, 2014). O Quadro 4 apresenta informações sobre a quantidade de cada estrutura de argumento, suas relações com a posição do aluno frente à implantação da usina e, ainda, a frequência de cada elemento no argumento, com exceção da conclusão, a qual se resumiu sempre à expressão de ser contra ou a favor da implantação da usina, ou a indicação de uma outra forma de obtenção de energia que não a termoeletrica.

Observa-se no Quadro 4 que a estrutura predominante na amostra é a DCR, com 66,67% de frequência, o que corresponde a 14 dos 21 alunos que argumentaram. Tais estruturas envolvem de 1 a 3 dados e de 1 a 2 refutadores. A maior parte da amostra constitui-se de argumentos com

três elementos do TAP, pois, além da estrutura DCR, há a estrutura DCW, que foi expressa por 2 alunos (9,52%). Nos argumentos DCW, tem-se de 1 a 2 dados e 1 garantia de inferência. Ao todo, tem-se, então, 16 alunos cujos argumentos apresentam 3 elementos. Os argumentos mais complexos, com 4 elementos (DCWR), são apresentados por três alunos (14,29%). Tem-se, nesses casos, um maior número de dados e

garantias de inferência em relação ao restante da amostra, enquanto a frequência de refutadores repete o padrão. Por fim, há os argumentos mais simples, compostos por 2 elementos (DC) e apresentados por 2 alunos (9,52%), em que os dados variam de 1 a 2.

Nos argumentos mais simples (DC), não há predomínio de uma ou outra posição (contra e favorável). O mesmo acontece para os

argumentos do tipo DCW. Nos argumentos DCR (em maior quantidade na amostra), a posição de favorável é superior à de contra por dois alunos. Para os argumentos mais complexos (DCWR), prevalece a posição contra. Observa-se assim que, ainda que de forma sutil, o maior investimento na argumentação foi feito por aqueles que se posicionaram contra a implantação, considerando-se que a complexidade da estrutura se aliou a uma maior articulação e mobilização de ideias. Isso pode ser verificado na sexta coluna do Quadro 4.

De acordo com a discussão exposta, a maior parte dos argumentos apresenta uma estrutura simples, com três elementos, em que se sobressai a presença de refutadores, os quais expressam a orientação dos argumentadores para diferentes pontos de vista e sugerem uma boa qualidade argumentativa. Nesses e demais argumentos em que não

Nos argumentos mais simples (DC), não há predomínio de uma ou outra posição (contra e favorável). O mesmo acontece para os argumentos do tipo DCW. Nos argumentos DCR (em maior quantidade na amostra), a posição de favorável é superior à de contra por dois alunos. Para os argumentos mais complexos (DCWR), prevalece a posição contra.

Quadro 4: Os alunos, suas posições frente à implantação da usina, as estruturas dos argumentos e seus elementos.

| Tipo de estrutura | Quantidade absoluta | Quantidade em percentual (%) | Aluno | Posição (conclusão) | Frequência de cada elemento (além da conclusão) |
|-------------------|---------------------|------------------------------|-------|---------------------|---|
| DC | 2 | 9,52 | A14 | Favorável | 1 D |
| | | | A27 | Contra | 2 D |
| DCW | 2 | 9,52 | A8 | Favorável | 2 D/ 1 W |
| | | | A16 | Contra | 1 D/ 1 W |
| DCR | 14 | 66,67 | A1 | Contra | 3 D/ 2 R |
| | | | A2 | Favorável | 3 D/ 1 R |
| | | | A4 | Contra | 1 D/ 1 R |
| | | | A5 | Favorável | 3 D/ 1 R |
| | | | A10 | Favorável | 1 D/ 1 R |
| | | | A11 | Favorável | 2 D/ 1 R |
| | | | A12 | Favorável | 1 D/ 2 R |
| | | | A13 | Contra | 1 D/ 1 R |
| | | | A15 | Favorável | 3 D/ 1 R |
| | | | A17 | Contra | 1 D/ 1 R |
| | | | A21 | Favorável | 3 D/ 1 R |
| | | | A24 | Contra | 1 D/ 1 R |
| | | | A25 | Favorável | 2 D/ 1 R |
| A26 | Contra | 2 D/ 1 R | | | |
| DCWR | 3 | 14,29 | A3 | Contra | 4 D/ 2 W/ 2 R |
| | | | A22 | Favorável | 3 D/ 1 W/ 1 R |
| | | | A23 | Contra | 4 D/ 2 W/ 1 R |

aparecem as garantias de inferência, consideramos que estas se encontram implícitas, conforme já comentamos.

Passamos então a discutir sobre as garantias de inferência apresentadas explicitamente nos argumentos. São, ao todo, 5 argumentos que apresentam este elemento do TAP (A3, A8, A16, A22 e A23), sendo 2 do tipo DCW (A8 e A16) e 3 do tipo DCWR (A3, A22 e A23). As garantias de inferência verificadas apresentam diferentes características. Há garantias que se constituem de conhecimento científico/ambiental ou suposições de natureza socioeconômica, apresentando ambas uma relação causal com os dados e, ainda, as que apresentam valores éticos. Essa variedade deriva da QSC que envolve tomada de decisão e, portanto, dá espaço para que os alunos elejam o que é mais relevante colocar como garantia para chegar à sua conclusão. Vejamos um exemplo de argumento com estrutura DCWR, o qual apresenta W constituído por valores e não por conhecimentos científicos ou informações socioeconômicas (Figura 7).

Texto argumentativo do Aluno 23 – Contra a implantação

Embora a produção de energia pela usina trará um benefício considerável para a geração de empregos e movimentação da economia, os impactos ambientais, em minha opinião, ainda sobrepõem os benefícios pois os habitantes que vivem da pesca se prejudicarão e a

liberação de gases tóxicos aumentarão o nível de poluição do estado e contribuirá para o efeito estufa, que já é um problema sério para as futuras gerações.

Não adianta pensar apenas nas pessoas de agora, mas nos impactos futuros. As melhores alternativas para a termelétrica são a utilização de energia solar e eólica, as quais têm impactos ambientais menores e ainda produzem energia em grande escala. Infelizmente, o Brasil ainda está extremamente atrasado em termos dessas tecnologias, provavelmente por influência política e de grandes empresários, pois lucram mais com a hidroelétrica.

Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015) discutem sobre pesquisas em que garantias de inferência e conhecimentos de base constituem-se de valores assumidos por um grupo ou por toda a audiência, sobretudo quando se trata de argumentos de natureza sociocientífica, que envolvem a dimensão ética. Em Rezende (2019) temos esse tipo de garantia de inferência.

Tendo em vista a discussão apresentada, faz-se relevante ressaltar que o investimento na habilidade de argumentação dos alunos alia-se ao investimento no conhecimento, ou seja, os alunos argumentam para aprender e aprendem para argumentar. A inserção de práticas argumentativas em sala de

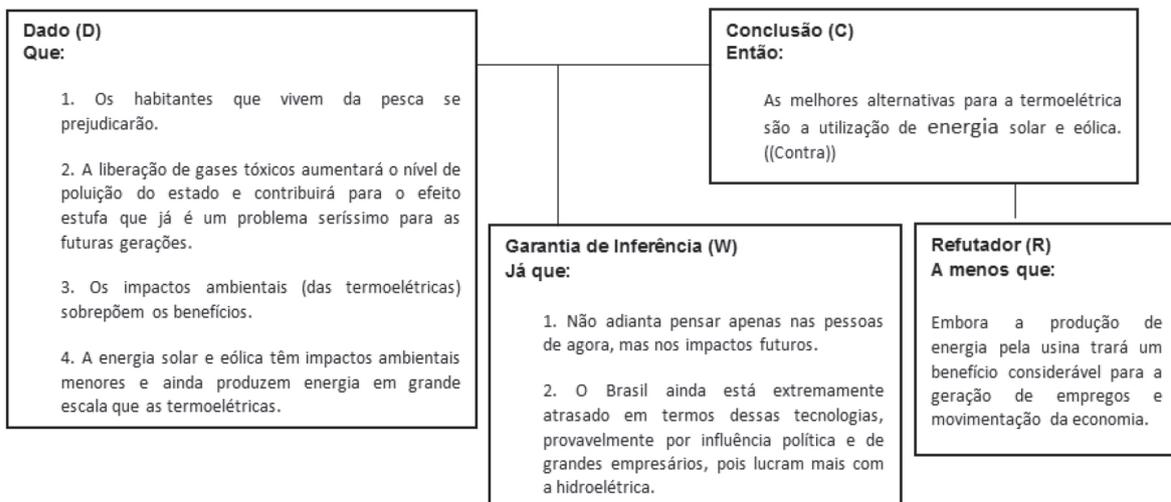


Figura 7: Estrutura do argumento de A23.

aula pode ser entendida como estratégia para a aprendizagem e, por outro lado, a aprendizagem volta-se também para as habilidades argumentativas.

Na fase final da SEI, aqui discutida, os alunos passam a relacionar aspectos científicos aos ambientais, sociais e econômicos, desenvolvendo uma argumentação sociocientífica. A articulação desses diferentes aspectos, como visto nos excertos de discussão apresentados, resultou na construção de argumentos em que prós e contras à implantação da usina eram ponderados. Observamos também diferentes tipos de garantias de inferência, as quais baseavam-se em relações causais com os dados, tanto de caráter científico/ambiental, como de caráter social/econômico e, ainda, garantias de natureza ética.

Trazer uma lógica argumentativa na perspectiva científica para análise de QSC exige que diferentes dimensões de um mesmo problema sejam contrapostas a fim de se alcançar uma tomada de decisão. Esse exercício contribui para a formação da cidadania e, portanto, transcende os limites da escola, pois deve ser levada pelo aluno para sua vida. Em nossa sociedade tecnológica atual, em que várias questões controversas se apresentam, bem como um exacerbado número de informações, inclusive *fake news*, nos chegam de diferentes fontes e mídias, a capacidade de ponderar, refletir e decidir se torna cada vez mais urgente. Portanto, as aulas de Química com investimento na argumentação podem contribuir muito para o desenvolvimento dessa capacidade.

Considerações finais

As características dos discursos argumentativos de alunos de Química na tomada de decisão acerca da “implantação de uma termoeletrica em Sergipe” revelam o investimento do professor para que eles argumentassem para aprender e aprendessem para argumentar por meio de informações relevantes e mediação em todas as fases da SEI. Assim, a qualidade dos discursos dos alunos, verificada por meio do Padrão de Argumento de Toulmin na fase de discussão, mostra estudantes críticos e a maioria com posição definida.

A implantação de uma termoeletrica é um tema controverso. Nessa perspectiva, os alunos entenderam que a tomada de posição deveria ser feita com base em informações seguras, ponderadas entre si. Isso materializou-se em argumentos com refutadores e garantias de inferências, as quais se constituíram não apenas por conhecimentos científicos, mas também por valores éticos. Conclui-se que os alunos tiveram a oportunidade de refletir sobre as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente na perspectiva da alfabetização científica para formação cidadã. A proposta discutida neste artigo pode servir de modelo para outros professores de ciências implantarem em suas aulas.

Nota

¹Os alunos foram identificados por A1, A2, ..., A28, considerando a quantidade da amostra. Apesar de a turma ser composta por 28 alunos, nas aulas destinadas à fase de conclusão apenas 25 responderam às questões aqui discutidas. Deixaram de responder os alunos: A18, A19 e A20, os quais oscilaram em sua participação durante a oficina.

Agradecimentos

Agradecemos à Capes (Projeto 88881 15 7927/2017 - 01), pelo apoio financeiro.

Filipe Silva de Oliveira (oliveiradefs@gmail.com), licenciado em Química pela Faculdade Pio Décimo, mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Sergipe e doutorando em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo. Aracaju, SE – Brasil. **Maria Clara Pinto Cruz** (clara_aju@yahoo.com.br), graduada em Química Industrial pela Universidade Federal de Sergipe, licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo, mestra em Química e doutora em Engenharia Química, ambos pela Unicamp. Atualmente é professora no curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo e professora do Estado de Alagoas, em Penedo. Aracaju, SE – Brasil. **Adjane da Costa Tourinho e Silva** (adtourinho@terra.com.br), licenciada em Química pela Universidade Federal de Sergipe, mestre em Educação pela Universidade Federal de Sergipe e Doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente, é professora do Núcleo de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática -NPGECIMA- Universidade Federal de Sergipe. Aracaju, SE – Brasil.

Referências

- BRAATHEN, P. C.; LUSTOSA, A. A.; FONTES, A. C. e SEVERINO, K. G. Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio: uma experiência simples de calorimetria com material de baixo custo e fácil aquisição. *Química Nova na Escola*, v. 29, p. 42 - 45, 2008.
- BRAGA, S. S.; MARTINS, L. e CONRADO, D. M. A argumentação a partir de questões sociocientíficas na formação de professores de Biologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 24, n. 2, p. 120-136, 2019.
- BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília: MEC, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf, acesso em jul. 2020.
- BRITO, J. Q. A. e SÁ, L. P. Estratégias promotoras de argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 3, p. 505-529, 2010.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. e EL-HANI, C. N. Argumentação sobre problemas socioambientais no ensino de biologia. *Educação em revista* [online], v. 31, n. 1, p.329-357, 2015.
- ERDURAN, S.; SIMON, S. e OSBORNE, J. TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, v. 8, p. 915-933, 2004.
- FERRAZ, A. T. e SASSERON, L. H. Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. *Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v. 19, p. 1-25, 2017.
- FUHRMANN, G. L. *Análise dos novos condicionantes da oferta nacional de gás natural e a demanda termelétrica do próximo decênio*. 2016. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- GARCIA-MILA, M.; GILABERT, S.; ERDURAN, S. e FELT, M. The effect of argumentative task goal on the quality of argumentative discourse. *Science Education*, v. 97, n. 4, p. 497-523, 2013.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. e BROCCOS, P. Desafios metodológicos na Pesquisa da Argumentação em Ensino de Ciências. *Revista Ensaio*, v. 17, nº Especial, p.139-159, 2015.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. e ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An overview. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. Dordrecht: Springer, p. 3-27, 2008.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; RODRIGUEZ, A. B. e DUSCHL, R. A. Doing the Lesson “or” Doing Science: Argument in High School Genetics. *Science Education*, v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000.
- KOSLOWSKI, B.; MARASIA, J.; CHELENZA, M. e DUBLIN, R. Information becomes evidence when an explanation can incorporate it into a causal framework. *Cognitive Development*, v. 23, n. 4, p. 472-487, 2008.
- KUHN, D. *The skills of arguments*. New York: Cambridge University, 1991.
- _____. What do young science students need to learn about variables? *Science Education*, v. 100, n. 2, p. 392-403, 2016.
- LOPES, A. C. Itinerários formativos na BNCC do Ensino Médio: identificações docentes e projetos de vida juvenis. *Revista Retratos da Escola*, v. 13, n. 25, p. 59-75, 2019.
- MANTOVANI, F. L.; SOUZA, F. L.; CASEMIRO, J. L. A.; MAIDANA, J. G.; ASSIS, L. A. F.; MARINS, M. T.; VENTO, P. E. V.; LOVAGLIO, U. S.; ASSIS, J. C.; TOWATA, N.; SCARPA, D. L. e URSI, S. Sequência didática Mata Atlântica - Restinga. In: URSI, S. E SCARPA, D. L. (Org.). *Ensino de Ciências por investigação: Sequência didática “Mata Atlântica - Restinga”*. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2016. p. 39.
- MANUAL DO MUNDO. Como gerar energia só com água (gerador termoeletrico). 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wLrXYMJs-q8>. Acesso em fev. 2020.
- MICHETTI, M. Entre a legitimação e a crítica: as disputas acerca da Base Nacional Comum Curricular. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 35, p. 1-19, 2020.
- OLIVEIRA, F. S; CRUZ, M. C. e SILVA, A. C. T. Desenvolvimento da argumentação em uma sequência de ensino investigativa sobre termoeletrica. *Química Nova na Escola*. v. 42, n. 2, p. 186-201, 2020a.
- _____. Termoquímica: energia, termoeletrica e sociedade. In: SILVA, A. C. T. e SOUZA, D. N. (Org.). *Sequências de Ensino Investigativas para o Ensino de Ciências*. Curitiba: CRV, 2020b, p. 85-106.
- PEDASTE, M., MÄEOTS, M., SIIMAN, L., JONG, T., RIESEN, S., KAMP, E., MANOLI, C., ZACHARIA, Z. e TSOURLIDAKI, E. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, v. 14, p. 47-61, 2015.
- PERELMAN, C. e OLBRECHTS-TYTECA, L. Classicisme et romantisme dans l'argumentation. *Revue Internationale de Philosophie*, v. 12, n. 43, p. 47-57, 1958.
- QUEIROZ, S. L. e SA, L. P. The place of argumentation in undergraduate chemistry teaching. *Educación Química* [online], v. 20, n. 2, p. 104-110, 2009.
- REZENDE, A. S. *Os argumentos de licenciandos em Biologia sobre o uso do conceito de raça para seres humanos em uma sequência de ensino investigativa*. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.
- SÁ, L. P. e QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de Química. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.
- SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C. e QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. *Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v. 16, n. 3, p.147-170, 2014.
- SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socio-scientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 41, n. 5, p. 513-536, 2004.
- SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C. e CRUZ, M. C. P. Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relacoes e Experimentação Investigativa. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 4, p. 258-266, 2018.
- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. especial, p. 1-12, 2007.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. H. A argumentação em discussões sócio-científicas: reflexões a

partir de um estudo de caso. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2001.

SASSERON, L. H. *Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula*. 2008. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

_____. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Química Nova na Escola*, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H. e CARVALHO, A. M. P. Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H. e SILVA, M. B. O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. *Revista Tópicos Educacionais*, v. 23, p. 7-27, 2017.

SILVA, A. C. T. Interações discursivas e práticas epistêmicas

em salas de aula de ciências. *Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 17, p. 69-96, 2015.

SILVA, A. C. T. e SOUZA, D. N. (Org.). *Sequências de Ensino Investigativas para o Ensino de Ciências*. Curitiba. Editora CRV, 2020.

SOUSA, P. S. e GEHLEN, S. T. Questões sociocientíficas no ensino de ciências: algumas características das pesquisas brasileiras. *Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 19, p. 1-22, 2017.

TOULMIN, S. E. *Os usos do argumento*. 2. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

WALTON, D. N. *Informal logic: a handbook for critical argumentation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

ZOHAR, A. e NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 1, p. 35-62, 2002.

Abstract: *Socioscientific argumentation about the implantation of a thermoelectric plant in Sergipe.* This paper presents an analysis of the quality of the arguments developed by High School students, in the final phase of an Inquiry-Based Teaching Sequence (IBTS), using Toulmin's Argument Pattern (TAP). The IBTS was structured around a socioscientific issue, which required students to take a decision about the implementation of a thermoelectric plant in their region. Results show that students pondered social, environmental and economic aspects, combined with scientific knowledge, for decision making. Since the issue is controversial, rebuttals were observed in most of the arguments as well as warrants constituted by ethical values. Warrants based on scientific content with a direct cause-and-effect relationship with the data which linked them to the conclusion were also observed. In conclusion, students built a critical conscience in relation to the theme, in the perspective of scientific literacy focused on the formation of citizens.

Keywords: argumentation, socioscientific issues, thermoelectric