Questões sociocientíficas e argumentação: possibilidades de alfabetização científica

Socio-scientific issues and argumentation: opportunities for scientific literacy

Ligia Esteves Maria[1] [ligiaest@gmail.com]

Noemi Sutil[2] [noemisutil@utfpr.edu.br]

1: Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática – PECIM, Campus Universitário "Zeferino Vaz", Cidade Universitária, CEP 13083-790, Campinas - SP

2: Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Departamento Acadêmico de Física, Avenida Sete de Setembro, 3165, CEP 80230-901, Curitiba-PR.

Resumo

Neste trabalho, no âmbito de propostas para educação ambiental, discutem-se possibilidades de alfabetização científica no Ensino Médio, com o desenvolvimento de uma sequência didática, em abordagem de questões sociocientíficas, envolvendo energia e gestão de resíduos em Curitiba e Região Metropolitana. A sequência didática compreendeu três encontros, em que houve produções escritas dos estudantes. A análise dessas produções foi realizada de acordo com pressupostos e características de Análise de Conteúdo e modelo de argumentação proposto por Stephen Toulmin. Entre as possibilidades de alfabetização científica são destacadas: apropriação de conhecimentos científicos; desenvolvimento de concepção de ciência construtiva associada à sociedade, cultura e ambiente; participação pública em questões relativas à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente; argumentação. Nesta pesquisa, podem ser ressaltados avanços em relação à explicitação de argumentos fundamentados e envolvimento na análise e proposição de soluções às situações apresentadas.

Palavras-chave: alfabetização científica; questões sociocientíficas; argumentação; energia.

Abstract

In this work, in the context of proposals for environmental education, it has been discussed scientific literacy possibilities in High School, with the development of an instructional sequence for approaching socioscientific issues, concerning energy and management of residues in Curitiba and Metropolitan Area. The instructional sequence was developed in three meetings, with students writing productions at the end. The analysis of these productions was accomplished considering characteristics and fundamentals of Content Analysis and the argumentation model proposed by Stephen Toulmin. Among the possibilities of scientific literacy are highlighted: the appropriation of scientific knowledge; development of constructive conception of science associated with society, culture and environment; public participation in issues related to science, technology, society and environment; argumentation. In this research, advances can be emphasized regarding the explicitness of reasoned arguments and involvement in analyzing and proposing solutions to the presented situations.

Keywords: *scientific literacy; socio-scientific issues; argumentation; energy.*

INTRODUÇÃO

A Lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, estabelece que a educação básica deve assegurar formação necessária para que o estudante possa realizar a inserção no mercado de trabalho, prosseguir em seus estudos e exercer a cidadania (BRASIL, 1996). Nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, defende-se uma "formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico" (BRASIL, 2000: 13). As Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica apresentam como fundamentos para um Ensino Médio de qualidade social: trabalho, ciência, tecnologia e cultura como dimensões da formação humana; trabalho como princípio educativo; pesquisa como princípio pedagógico; direitos humanos como princípio norteador; sustentabilidade ambiental como meta universal (BRASIL, 2013). De acordo com essas diretrizes,

> No Ensino Médio há, portanto, condições para se criar uma educação cidadã, responsável, crítica e participativa, que possibilita a tomada de decisões transformadoras a partir do meio ambiente no qual as pessoas se inserem, em um processo educacional que supera a dissociação sociedade/natureza (BRASIL, 2013: 166).

Nessa perspectiva, compreende-se que aos estudantes de Ensino Médio devem ser viabilizadas condições para avaliação de situações e posicionamento crítico frente às questões de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Essas propostas formativas demandam, contudo, abordagens diferenciadas dos conteúdos de ciências; tais propósitos podem ser relacionados à explicitação de aspectos envolvidos na estabilização de fatos científicos e à participação pública, nos processos de ensino e aprendizagem.

Todavia, destacam-se alguns questionamentos. Quais assuntos podem ser levados para o debate em sala de aula? Quais conteúdos disciplinares podem ser relacionados? Como desenvolver as atividades educacionais com os alunos? Como avaliar se essas atividades se relacionam com os objetivos propostos, no que diz respeito à aprendizagem de conteúdos científicos e à formação dos estudantes?

Nesse sentido, apresenta-se a abordagem de questões sociocientíficas (QSC) no ensino de ciências para subsidiar discussões, que podem ser associadas aos conteúdos disciplinares. Dessa forma, assuntos de interesse coletivo podem ser destacados em sala de aula, com análises e discussões sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) (ZOLLER, 1992; CARVALHO, 2005). De acordo com Carvalho (2005), "um dos principais desafios desta chamada ênfase CTSA é a exploração de questões sócio-ambientais à luz de suas relações com a ciência e com a tecnologia" (CARVALHO, 2005: 70). Em relação a essa ênfase CTSA, Zoller (1992) expressa que:

> Isso requer olhar para um problema e suas implicações e reconhecê-lo como um problema, enxergar seu núcleo factual de conhecimentos e conceitos envolvidos, e apreciar a significância e o significado de resoluções alternativas. Isso implica resolução de problemas (não resolução de exercícios) para reconhecer/selecionar a informação relevante, avaliar a confiabilidade das fontes usadas e seu grau de preconceito, e para elaborar/planejar procedimentos/estratégias apropriadas para enfrentamento dos problemas. Isso envolve esclarecimento de estruturas de valor/posições e realização de julgamentos de valor (e defesa), realização de escolhas racionais entre alternativas disponíveis, e geração de novas opções. E finalmente, isso significa ação sobre decisão, e tomada de responsabilidade sobre os efeitos (ZOLLER, 1992: 87, tradução nossa).

Nessa proposta, adquire destaque a expressão dos estudantes, de forma oral e escrita. A análise e a proposição de alternativas a problemas de seus contextos vivenciais se relaciona

com a argumentação. As produções escritas desses estudantes podem ser analisadas tomando como referência critérios de argumentação.

Nesse sentido, neste trabalho, objetiva-se discutir possibilidades de alfabetização científica no Ensino Médio, considerando o desenvolvimento de sequência didática, com abordagem de questões sociocientíficas. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes de Ensino Médio em um colégio da rede particular de ensino em Curitiba, Paraná. Objetiva-se com as atividades educacionais propostas na sequência didática incentivar os estudantes a prestarem atenção aos fatos que os cercam, analisá-los, e proporem alternativas aos problemas de sua realidade, vinculando com conteúdos escolares.

Este trabalho se encontra vinculado a duas questões de pesquisa: Que relações são estabelecidas entre conhecimentos científicos e aspectos sociais, culturais e ambientais, por estudantes do Ensino Médio, no desenvolvimento de sequência didática, com abordagem de questões sociocientíficas? Que elementos de estrutura argumentativa podem ser identificados nesse processo, considerando produções escritas desses discentes?

A análise de dados compreendeu a identificação, nas produções escritas dos alunos, de indícios de apropriação de conhecimentos científicos, desenvolvimento de concepção de ciência construtiva associada a aspectos sociais, culturais e ambientais e envolvimento em processo de análise de situações e proposição de alternativas, considerando diversos sujeitos e pontos de vista; envolveu a identificação de avanços na exposição desses posicionamentos, do ponto de vista da estrutura argumentativa. Esses processos analíticos foram desenvolvidos considerando pressupostos e características de Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011) e *layout* de estrutura de argumentos (TOULMIN, 2006).

1 EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

1.1 Alfabetização Científica

A expressão alfabetização científica compreende significações diversas, considerando posições teóricas diferenciadas. Existem, entretanto, possibilidades de aproximação entre esses posicionamentos. Sasseron (2008) ressalta particularidades relacionadas ao idioma de origem de trabalhos na área da didática das ciências e à tradução realizada para a língua portuguesa. Por exemplo, autores de língua espanhola, utilizam a expressão *alfabetización científica*. Já os de língua inglesa, utilizam o termo *scientific literacy*, e os franceses, o termo *alphabétisation scientifique*. Entretanto, essa autora explicita que, nesses três casos, os objetivos estabelecidos são os mesmos, e se referem a “designar o ensino cujo objetivo seria a promoção de capacidades e competências entre os estudantes capazes de permitir-lhes a participação nos processos de decisões do dia-a-dia” (SASSERON, 2008: 9-10). Na passagem desses termos para a Língua Portuguesa, é possível encontrar as expressões: alfabetização científica, letramento científico e enculturação científica (SASSERON, 2008).

Fourez (1994) destaca a importância de se alfabetizar científica e tecnologicamente no contexto da sociedade atual, como forma de promover a inserção social de indivíduos. De acordo com Fourez (1994), um indivíduo pode ser considerado alfabetizado científica e tecnologicamente quando ”seus saberes lhe proporcionam certa autonomia (possibilidade de negociar suas decisões frente às pressões naturais e sociais), certa capacidade de comunicar (encontrar maneira de dizer) e certo domínio e responsabilidade, frente a situações concretas” (FOUREZ, 1994: 62, tradução nossa). Sasseron e Carvalho (2011) propõem três eixos

estruturantes relacionados à alfabetização científica: compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.

Neste trabalho, destaca-se a alfabetização científica em referência à aprendizagem de conhecimentos científicos, ao desenvolvimento de concepção de ciência associada a aspectos sociais, culturais e ambientais e à participação pública em questões relacionadas à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, compreendendo a possibilidade de crítica das condições existenciais e de proposição de alternativas para a construção da realidade, articulando sujeitos e pontos de vista diversos. Essa proposta pode ser associada à abordagem de questões sociocientíficas.

1.2 Questões Sociocientíficas

Ratcliffe e Grace (2003) ressaltam que "educação para a cidadania não é um exercício passivo pelos alunos. Trata-se de esclarecimento de valores, de avaliação de informação e pontos de vista, de discussão, tomada de decisão e ação" (RATCLIFFE; GRACE, 2003: 23, tradução nossa). Esses autores chamam a atenção para o fato de que conceitos e procedimentos, atitudes e crenças se encontram inter-relacionados nos processos de ensino e aprendizagem, situando a abordagem de questões sociocientíficas.

Para Ratcliffe e Grace (2003), uma questão sociocientífica é aquela que:

> Possui uma base na ciência; frequentemente está na fronteira do conhecimento científico; envolve a formação de opiniões e realização de escolhas em um nível pessoal ou social; é frequentemente relatada pela mídia, com base nos propósitos do comunicador para sua audiência; lida com informações incompletas por causa de conflitos/evidências científicas incompletas e inevitavelmente com relatórios incompletos; possui dimensão local, nacional ou global, atendendo a enquadramentos políticos e sociais; envolve análise de custo-benefício, nos quais riscos interagem com valores; pode envolver considerações sobre desenvolvimento sustentável; envolve valores e raciocínio ético; pode exigir algum entendimento de probabilidade e risco; é frequentemente atual (RATCLIFFE; GRACE, 2003: 2-3, tradução nossa).

Em relação ao planejamento de ações, as questões sociocientíficas podem ser relacionadas a determinados objetivos de aprendizagem. Entre as possibilidades, podem ser ressaltadas a transformação das características de uma questão sociocientífica em objetivos de aprendizagem e a identificação de diferentes tipos de conhecimentos, por meio de uma abordagem global, mas considerado a inter-relação entre as partes (RATCLIFFE; GRACE, 2003). Ratcliffe e Grace (2003) ressaltam três tipos de estratégias que podem ser utilizadas: discussão com toda a classe; estímulo para análise e discussões aprofundadas; pequenos grupos de discussão. A abordagem de questões sociocientíficas pode ser relacionada com a argumentação.

1.3 Argumentação

A abordagem de questões sociocientíficas no ensino e aprendizagem de Física permite relacionar a ciência a aspectos sociais, culturais e ambientais. Pode ser associada à proposição e análise de argumentos, reconhecimento e articulação de pontos de vista diferenciados.

A argumentação pode ser relacionada à convivência democrática, em que cada indivíduo que participa do debate tem o direito de expor seu ponto de vista, contribuir para a troca de ideias e, assim, participar de processos de resolução de questões conflitantes. Sasseron (2008) define argumentação como "discurso em que aluno e professor apresentam suas opiniões em aula, descrevendo ideias, apresentando hipóteses e evidências, justificando ações ou conclusões a que tenham chegado, explicando resultados alcançados" (SASSERON, 2008: 53).

A análise desses processos argumentativos permite a compreensão de pontos de vista diferenciados, mudança de opiniões e tomada de decisões. Entre essas propostas analíticas de argumentação, situam-se as considerações de Stephen Toulmin. Ele compreende o argumento como um organismo que:

> tem uma estrutura bruta, anatômica, e outra mais fina e, por assim dizer, fisiológica. Quando explicitamente exposto em todos os seus detalhes, um só argumento pode precisar de muitas páginas impressas ou talvez um quarto de hora para ser narrado; e, naquele tempo e espaço, podem-se distinguir as fases principais que marcam o progresso do argumento a partir da afirmação inicial de um problema não-resolvido, até a apresentação final de uma conclusão. Cada uma dessas fases principais ocupará alguns minutos ou parágrafos, e representa as principais unidades anatômicas do argumento – seus "órgãos", por assim dizer. E pode-se reconhecer uma estrutura mais fina, dentro de cada parágrafo, quando se desce ao nível das sentenças individuais; com essa estrutura mais fina é que os lógicos têm-se principalmente ocupado. Nesse nível fisiológico introduziu-se a ideia de forma lógica e, afinal de contas, é ali que a validade de nossos argumentos tem de ser estabelecida (TOULMIN, 2006: 135).

Toulmin (2006) destaca a noção de estrutura e propõe que haja um *layout* para que os argumentos sejam apresentados com uma lógica imparcial. Esse autor parte do princípio de que "argumentos tão diferentes podem ser avaliados pelo mesmo procedimento, usando-se para todos o mesmo tipo de termos e aplicando-se a todos o mesmo tipo de padrão" (TOULMIN, 2006: 19). Esse autor apresenta uma estrutura básica e genérica, que pode ser utilizada para avaliar argumentos, como apresentado na figura 1.

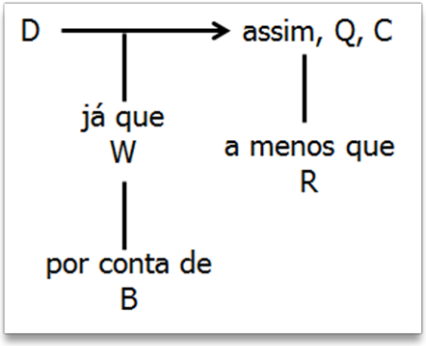

Figura 1. Estrutura de Argumentos. Fonte: TOULMIN, 2006: 150.

O significado das informações da figura 1 são os seguintes: D (Dados): informações principais apresentadas; W (Garantias): afirmações gerais e hipotéticas ou regras e princípios; B (Apoio): fornece autoridade para as garantias apresentadas; R (Refutação): garantia perde força, logo o argumento perde força; Q (Qualificador Modal): advérbio que dá aval à conclusão; C (Conclusão).

Nesse modelo, as garantias (W) estão relacionadas com a escolha do caminho a ser percorrido até a conclusão. O apoio (B) pode ser expresso em afirmações categóricas e caracteriza o campo no qual o assunto está sendo tratado. Ou seja, a estrutura apresentada na figura 1 pode ser utilizada em áreas diversas de argumentos.

Toulmin (2006) explicita que nem sempre a passagem direta dos dados à conclusão é clara o suficiente para que ocorra a compreensão do que está sendo tratado. Isso implica a necessidade dos acréscimos das garantias e bases para relacionar os dados às conclusões e estas serem consideradas válidas.

2 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA

Neste trabalho, entre as questões sociocientíficas envolvidas no planejamento da sequência didática, encontra-se a gestão dos resíduos produzidos em Curitiba e Região Metropolitana.

2.1 Resíduos sólidos

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR-10004:2004 tem por objetivo fornecer orientações para o processo de gerenciamento de resíduos, estabelecendo critérios para classificá-los de acordo com os riscos que podem causar. Essa norma atende a uma crescente preocupação com questões ambientais, para que os resíduos possam ser gerenciados de maneira adequada.

Resíduos sólidos são definidos como aqueles que:

> [...] resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004: 1).

Em relação à classificação, ela se baseia na identificação do processo ou atividade de origem e constituintes e suas características. Produtos inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos são considerados perigosos e devem ter descarte específico. Os que não se enquadrem nessas situações podem ser destinados para o tratamento em aterros sanitários, por exemplo.

2.2 Aterros sanitários em Curitiba e Região Metropolitana

O descarte de resíduos na cidade de Curitiba e da Região Metropolitana, por vários anos, não contou com local adequado para este fim; os resíduos eram depositados em lixões.

Em 1989, entrou em operação o Aterro Sanitário da Caximba. Esse aterro, localizado na Região Metropolitana de Curitiba, contava com uma área total de 439.540 m², sendo 237.000 m² apenas para a disposição de resíduos. Estimou-se uma vida útil de 11 anos e cinco meses, com uma média de recebimento de 700 toneladas/dia (CONRESOL, 2008). O Aterro

Sanitário da Caximba ficou operante por 20 anos e, segundo informações do *site* da Prefeitura Municipal de Curitiba, ao longo de sua vida útil, recebeu mais de 12 milhões de toneladas de resíduos (PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, 2014).

Nesse ínterim, em junho de 2008, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) divulgou o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), para a implantação de um centro de gerenciamento de resíduos. Nesse estudo, destacava-se que o Aterro Sanitário da Caximba se encontrava em processo de esgotamento da capacidade, apontando para a necessidade de uma nova área para gerenciamento de resíduos (IAP, 2008). O Aterro Sanitário da Caximba foi desativado em 2010 e o Centro de Gerenciamento de Resíduos Iguaçu (CGR-Iguaçu) foi implantado em Fazenda Rio Grande, passando a receber os resíduos de Curitiba e Região Metropolitana.

Segundo informações do *site* da empresa que administra esse espaço, o CGR-Iguaçu possui uma área de 2.675.000 m², das quais 620.000 m² são destinados para o tratamento de disposição dos resíduos sólidos, e opera com uma capacidade de recebimento de 75.000 toneladas/mês (ESTRE, 2014). Esse centro possui previsão de tempo de operação de 20 anos (IAP, 2008).

2.3 Outras formas de descarte de resíduos sólidos

Em aterros sanitários, uma dos problemas diz respeito à falta de separação de resíduos recicláveis e orgânicos. Nesse sentido, adquirem destaque políticas públicas e ações individuais e coletivas para aumentar a segregação dos resíduos, reduzindo assim o volume que é enviado para o aterro e, por consequência, aumentando a vida útil do mesmo.

Nesse objetivo, o Consórcio Intermunicipal para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (CONRESOL), que concentra os municípios que participam do processo de definição de uma nova área para descarte de resíduos sólidos urbanos, apresenta como meta a promoção de ações que objetivem “a não geração, a redução, a minimização, o reuso, a reciclagem, a recuperação, o tratamento e a destinação final adequadas, assegurando a saúde da população e a proteção do ambiente” (CONRESOL, 2008: 9).

A gestão de resíduos em Curitiba e Região Metropolitana constitui questão controversa, agregando âmbitos sociais, culturais e ambientais (NETO; MOREIRA, 2009; BORGES, 2013). Existem ações governamentais com o intuito de ampliar o processo de triagem de materiais recicláveis no contexto considerado. Segundo informações disponibilizadas no *site* do Instituto Pró-Cidadania de Curitiba (IPCC), a cidade conta desde 1990 com a Unidade de Valorização de Recicláveis. Essa unidade está instalada em Campo Magro e faz parte do programa “Lixo que não é Lixo”. Nesse centro, é efetuada a triagem dos materiais, que são posteriormente vendidos para empresas de reciclagem (INSTITUTO PRÓ-CIDADANIA, 2014).

Em relação ao ambiente escolar envolvido no desenvolvimento desta pesquisa, além das lixeiras caracterizadas por cores diferentes, para a separação dos materiais, não foi possível detectar ações mais contundentes em relação ao problema da produção e gestão de resíduos. Verifica-se, dessa forma, a necessidade de discussão de temáticas referentes à produção de bens de consumo e de resíduos nesse ambiente escolar.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Características gerais

Este trabalho envolve pesquisa qualitativa (FLICK, 2009). A análise das relações estabelecidas entre conhecimentos científicos e aspectos sociais, culturais e ambientais e de elementos de estrutura argumentativa, em produções escritas dos estudantes, compreendeu o desenvolvimento de uma sequência didática, com abordagem de questões sociocientíficas no Ensino Médio relacionadas a energia e gestão de resíduos em Curitiba e Região Metropolitana.

A sequência didática foi desenvolvida em três encontros de 100 minutos cada, em uma turma de Ensino Médio de uma escola da rede privada de Curitiba. Essa rede de colégios realiza oficinas de projetos, que por meio do trabalho em grupo objetiva promover a junção e a integração de várias disciplinas, para o desenvolvimento de um mesmo tema. A sequência didática proposta está de acordo com as diretrizes pedagógicas do colégio, que não adota o processo seriado.

A cada bimestre, essa instituição escolar disponibiliza um conjunto de oficinas e o aluno pode escolher as oficinas a serem cursadas. Cada oficina possui conteúdos e encaminhamentos específicos, definidos por professores e gestores escolares. Portanto, a classificação dos alunos por série se refere mais a controle organizacional do que pedagógico, em que alunos de 1º ano podem estudar juntamente com estudantes de 3º ano do Ensino Médio. Os alunos são organizados em equipes de até cinco alunos.

A oficina de aprendizagem escolhida para o desenvolvimento deste trabalho foi denominada “Do Lixo Ao Luxo”, com 30 alunos divididos em seis equipes, durante o segundo bimestre letivo de 2014. A temática dessa oficina se referia ao meio ambiente e desafiava os alunos a encontrarem alternativas para potencializar a capacidade criativa e o desenvolvimento sustentável. No centro das discussões, encontravam-se a produção e a gestão de resíduos, para análise crítica da relação meio ambiente *versus* sociedade de consumo. Os conteúdos da disciplina de Física indicados para essa oficina foram: trabalho, rendimento, potência e energia. Dessa forma, nessa oficina, destacou-se energia e gestão de resíduos em Curitiba e Região Metropolitana, que se configuram como questões sociocientíficas, conforme critérios explicitados por Ratcliffe e Grace (2003).

3.2 Desenvolvimento da sequência didática

Na sequência didática foram enfatizadas as relações existentes entre lixo e energia, do ponto de vista da produção e do consumo, conforme o esquema apresentado na figura 2.

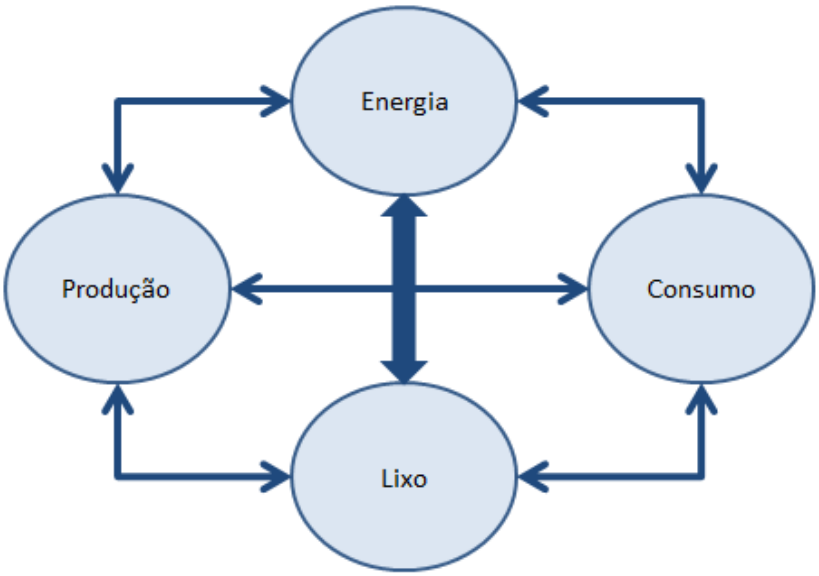

Figura 2. Aspectos abordados na sequência didática. Fonte: Autores.

No Encontro 1, apresentou-se o problema da produção e gestão de resíduos em Curitiba e Região Metropolitana e informações referentes ao Aterro Sanitário da Caximba e CGR-Iguaçu. Discutiu-se a relação entre a produção e gestão de resíduos e a questão energética, do ponto de vista do consumo irracional de bens e serviços.

Nesse contexto, destacou-se o telefone celular; todos os sujeitos presentes na sala possuíam pelo menos um telefone celular. Ressaltou-se que, apesar de serem equipamentos pequenos, há uma grande variedade de materiais envolvidos na fabricação dos telefones celulares.

Objetivou-se incentivar os sujeitos envolvidos a realizarem análise crítica e se posicionarem a respeito de seu papel na produção e gestão de resíduos. Em produção escrita, cada grupo apresentou essas análises e posicionamentos.

No Encontro 2, foram destacados os conceitos de energia, trabalho, potência e rendimento. Utilizou-se uma história em quadrinhos, com a apresentação de hipótese sobre escassez de recursos energéticos na sociedade atual. Isso possibilitou discussão sobre fontes de energia. Foram apresentados dados referentes às matrizes energéticas do Brasil, com destaque para Curitiba e Região Metropolitana, e vantagens e desvantagens de sistemas/processos para transformação de outros tipos de energia em energia elétrica.

Objetivou-se incentivar os estudantes a analisarem as situações em função de riscos e benefícios. Em produção escrita, cada grupo apresentou alternativas para o caso de uma situação de escassez de recursos energéticos, como apresentada na história em quadrinhos, ocorrer na cidade de Curitiba.

No Encontro 3, relacionou-se a geração de energia elétrica à produção de resíduos. Sendo assim, apresentou-se vídeo com reportagem sobre a falta de espaço para armazenamento adequado de resíduos radioativos das usinas nucleares de Angra 1 e 2.

Nesse último encontro, objetivou-se discutir alternativas concernentes à relação entre energia e gestão de resíduos. Essas alternativas foram apresentadas, individualmente, em produção escrita.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de dados foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, considerando procedimentos característicos de Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011), foram analisadas as produções escritas, realizadas em grupo (Encontro 1 e Encontro 2). Foram selecionadas unidades de contexto, em que se evidenciou estabelecimento de relações entre conhecimentos científicos e aspectos sociais, culturais e ambientais. Para tanto, foram estabelecidos três eixos: I. Apropriação de conceitos científicos; II. Desenvolvimento de concepção de ciência construtiva associada à sociedade, cultura e ambiente; III. Participação pública em questões relativas à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Na segunda etapa, foram analisadas as produções escritas, realizadas em grupos, no Encontro 1, e as produções escritas individuais, elaboradas no Encontro 3. Os argumentos apresentados pelos estudantes foram analisados considerando o *layout* proposto por Toulmin (2006). A análise das implicações desses processos argumentativos para a alfabetização científica envolve um quarto eixo: IV. Argumentação.

Na apresentação dos dados, as equipes foram designadas com letras de A até F (exemplo equipe A, equipe B,..., equipe F). No caso das produções individuais, os alunos foram designados com a letra A seguida de número (exemplo A1, A2,..., A18).

4.1 Apropriação de conceitos científicos

Em relação ao eixo I: Apropriação de conceitos científicos, foram utilizados como indicadores, para seleção de unidades de contexto, expressões de conhecimentos de Física e/ou definições de conceitos referentes a essa disciplina. No Quadro 1, são apresentadas duas unidades de contexto referentes às produções escritas realizadas pelas equipes no Encontro 1.

Quadro 1. Eixo I: Apropriação de conceitos científicos-Encontro 1. Fonte: Autores.

EQUIPE	UNIDADE DE CONTEXTO	CONHECIMENTO CIENTÍFICO
A	Pois as pessoas não tem consciência do trabalho e da energia gasta para produzir os aparelhos eletrônicos, principalmente os celulares. Outro problema são os aterros sanitários onde são descartados lixos que ainda podem ser reutilizados, e além da decomposição do lixo que libera gases que podem ser aproveitados para a sociedade.	Energia e transformação de energia
B	O consumo agrava um grande problema que muitos poucos veem, por exemplo: o humano não quer saber de onde ver a energia para a TV, o celular ou tablete, apenas querem que o aparelho funcione.	

No que se refere à apropriação de conceitos científicos, os alunos expressaram termos que remetem à ciência, mas sem uma definição clara. Algumas equipes têm a noção, por exemplo, que pilhas e baterias são agentes contaminantes e que devem ter uma destinação diferente dos resíduos domésticos. Entretanto, os alunos não explicitaram de que maneira ocorre o processo de contaminação.

No Quadro 2, são apresentadas algumas unidades de contexto referentes às produções escritas realizadas pelas equipes no Encontro 2.

Quadro 2. Eixo 1: Apropriação de conceitos científicos-Encontro 2. Fonte: Autores.

EQUIPE	UNIDADE DE CONTEXTO	CONHECIMENTO CIENTÍFICO
A	A luz seria a vela ou lampião.	Fontes e transformação de energia
B	Lixo pode ser uma fonte de energia e a energia vira lixo.	
C	[...] implantar moinhos de vento espalhados em pontos estratégicos da cidade para a geração de energia eólica.	
D	Após a energia ter acabado, certamente os humanos iriam trabalhar para procurar uma outra fonte de energia, desde solar, eólica, e até mesmo a energia vinda dos raios.	
E	Tentaria produzir energia de alguma forma a partir do fósforo, para me transportar ou de alguma forma fazer alguma comida.	

Os alunos apresentaram expressões que remetem à ciência. Essas expressões, embora se refiram aos processos estudados, não representaram inserção aprofundada na compreensão dos conceitos envolvidos. Destaca-se, todavia, avanços em relação ao Encontro 1.

4.2 Desenvolvimento de concepção de ciência construtiva associada à sociedade, cultura e ambiente

Em relação ao eixo II: Desenvolvimento de concepção de ciência construtiva associada à sociedade, cultura e ambiente, foram considerados como indicadores, para seleção de unidades de contexto, expressões de aspectos relacionados a: construção de conhecimentos; influências/impactos de conhecimentos científicos para sociedade e ambiente; consideração de pontos de vista diferenciados (diversos sujeitos/áreas envolvidos na estabilização de conhecimentos).

No Encontro 1, nas produções escritas, aspectos relacionados à concepção de ciência não foram enfatizados. No Quadro 3, apresenta-se unidade de contexto referente a produção escrita realizada pela equipe C no Encontro 2.

Quadro 3. Eixo 2: Desenvolvimento de concepção de ciência associada à sociedade, cultura e ambiente-Encontro 2. Fonte: Autores.

EQUIPE	UNIDADE DE CONTEXTO	ASPECTO CONSIDERADO
C	[...] implantar moinhos de vento espalhados em pontos estratégicos da cidade para a geração de energia eólica. Além de utilizar um recurso que vem de graça e em abundância, não causaria impactos ambientais, pois não seria necessário a devastação de áreas verdes, assim também não morre bicho.	Impactos de conhecimentos científicos para sociedade e ambiente

Na unidade de contexto apresentada, destaca-se a relação entre desenvolvimento científico e impactos para sociedade e ambiente. A alternativa proposta pela Equipe C agrega a compreensão da construção de conhecimentos científicos associada a aspectos ambientais. Essa compreensão foi observada em expressões de outras equipes.

4.3 Participação pública em questões relativas à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente

Em relação ao eixo III: Participação pública em questões relativas à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, foram considerados como indicadores, para seleção de unidades de contexto, expressões de aspectos relacionados a: envolvimento na proposição de alternativas a problemas sociocientíficos; consideração de pontos de vista diferenciados; necessidade de construção conjunta sobre a realidade; atribuição de responsabilidades.

No Quadro 4, são apresentadas algumas unidades de contexto referentes às produções escritas realizadas pelas equipes no Encontro 1.

Quadro 4. Eixo 3: Participação pública em questões relativas à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente- Encontro 1. Fonte: Autores.

EQUIPE	UNIDADE DE CONTEXTO	ASPECTO CONSIDERADO
A	[...] não saber fazer o descarte correto, poluindo mais o meio ambiente. Um problema bem próximo a nós é a questão da coleta de lixo no colégio, onde é separado o lixo com seus determinados lugares, mas na hora da coleta o lixo é misturado e o processo de separação é inútil. Portanto devemos conscientizar as pessoas, principalmente as crianças.	Atribuição de responsabilidades. Envolvimento na proposição de alternativas a problemas sociocientíficos.
B	Pois o consumismo de um alto consumo de materiais e resíduos, ou seja, o lixo é muitas vezes feito com o celular antigo que é trocado por um novo e jogado em qualquer lugar. O ser humano, consumidor deve tomar noção de sua ação, pois não se deve ter uma coisa não necessária. O ser humano deve tomar consciência de seus atos e assumir a sua culpa.	
C	Muitos dos recursos naturais utilizados para a fabricação dos produtos não são repostos ao meio ambiente de origem, agravando a questão ambiental do local. Este problema não é somente consequência da falta de comprometimento ou até mesmo descaso das autoridades locais, mas também da inconsciência da população.	
E	O cidadão fala que joga lixo no chão para garantir o emprego do gari, porém as pessoas muitas vezes tem preguiça de separar o lixo.	
F	A poluição, desmatamento, desertificação, todos são problemas que mesmo com a conscientização e trabalho, nunca irá sumir para sempre.	

Em diversas situações, a responsabilidade sobre o problema de descarte de resíduos é atribuída a terceiros. Alguns grupos não se percebem como agentes responsáveis pela produção de resíduos e proposição de alternativas ao problema do lixo. Atribuem a responsabilidade ao governo ou a outras pessoas. Entretanto, foram observadas expressões relacionadas a proposições de alternativas em âmbito individual e coletivo.

No Quadro 5, são apresentadas algumas unidades de contexto referentes às produções escritas realizadas pelas equipes no Encontro 2.

Quadro 5. Eixo 3: Participação pública em questões relativas à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente- Encontro 2. Fonte: Autores.

EQUIPE	UNIDADE DE CONTEXTO	ASPECTO CONSIDERADO
B	Um método mais eficiente para a reciclagem e aproveitar coisas que hoje não aproveitamos.	Envolvimento na proposição de alternativas a problemas sociocientíficos.
C	[...] implantar moinhos de vento espalhados em pontos estratégicos da cidade para a geração de energia eólica. Além de utilizar um recurso que vem de graça e em abundância, não causaria impactos ambientais, pois não seria necessário a devastação de áreas verdes, assim também não morre bicho.	Envolvimento na proposição de alternativas a problemas sociocientíficos.
D	Também teríamos que utilizar nosso próprio lixo para nos mantermos salvos e, acreditamos que, como a muitos anos atrás, sobrevivemos sem essas energias, também conseguiríamos sobreviver e "refazer" energia.	Envolvimento na proposição de alternativas a problemas sociocientíficos.

No Encontro 2, as expressões dos grupos, em sua maioria, constituíram proposições de alternativas relacionadas à energia. Isso se deve, também, à intencionalidade da atividade educacional proposta.

4.4 Argumentação

Em relação ao Encontro 1, nas produções escritas dos alunos, os elementos referentes à estrutura de argumento proposta por Toulmin (2006) identificados estão apresentados de forma sintética no Quadro 6. O sinal "+" representa o elemento encontrado para os trabalhos de cada uma das equipes.

Quadro 6. Síntese dos elementos encontrados nas produções do Encontro 1. Fonte: Autores.

Equipe	Dado (D)	Garantia (W)	Apoio (B)	Refutação (R)	Qualificador (Q)	Conclusão (C)
A	+	+		+		+
B	+					+
C	+	+		+		+
D	+					+
E	++					++
F	+					+

Na produção escrita da equipe E, foi possível identificar dois pares D-C (dado-conclusão). Em relação à estrutura argumentativa, na produção escrita da maioria das equipes, o que ocorre é a passagem direta da afirmação inicial para as conclusões. Em dois casos, houve a apresentação das garantias para as afirmações feitas.

No Quadro 7, são apresentados exemplares da identificação de elementos de estrutura argumentativa nas produções escritas das equipes, no Encontro 1.

Quadro 7. Identificação de elementos de estrutura argumentativa-Equipes-Encontro 1. Fonte: Autores.

Equipe	Dado (D)	Garantia (W)	Refutação (R)	Conclusão (C)
A	Não sabem fazer o descarte correto, poluindo ainda mais o meio ambiente.	[...] é separado o lixo com seus determinados lugares, mas na hora da coleta o lixo é misturado e o processo de separação é inútil.	[...] devemos conscientizar as pessoas.	Os aterros sanitários onde são descartados lixos que ainda podem ser reutilizados.
B	O consumismo gera um alto consumo de materiais e resíduos, ou seja, o lixo.			[...] consumidor deve tomar uma noção de sua ação, pois não se deve ter uma coisa não necessária.
C	Os produtos fabricados são consumidos e descartados muito rapidamente.	A sociedade dos dias de hoje é movida pelo consumo.	Este 'lixo', que poderia ser reutilizado para outros fins, acaba não tendo uma destinação apropriada.	Fazendo com que se acumule muito mais 'lixo' do que deveria nos centros urbanos.
E	O consumismo é a principal fonte dos problemas. As pessoas muitas vezes tem preguiça de separar o lixo.			Porque as pessoas sempre irão buscar coisas novas, descartando as antigas, não dando um destino correto.

De maneira geral, nessa primeira produção escrita houve preocupação com o aspecto social do problema de produção de resíduos, em que o consumo irracional de bens e serviços foi apontado como um dos principais responsáveis.

Sobre as produções escritas realizadas no Encontro 2, embora esses trabalhos tenham sido, em geral, mais curtos em relação às produções do Encontro 1, foi possível identificar que as ideias foram expostas considerando mais elementos de estrutura argumentativa, pela maioria das equipes.

No Quadro 8, são apresentados exemplares da identificação de elementos de estrutura argumentativa nas produções escritas individuais, no Encontro 3.

Quadro 1. Identificação de elementos de estrutura argumentativa-Individual-Encontro 3. Fonte: Autores.

Aluno	Dado (D)	Garantia (W)	Refutação (R)	Qualificador (Q)	Conclusão (C)
A5	Todo lixo produzido teve um consumo de energia.	Independente do processo realizado.			Quando utilizado a energia para produção de um determinado objeto, vai gerar mais resíduo.
A7	O consumismo é o principal fator de energia e do lixo.	Se não houvesse consumo dos materiais não teria o porquê de lixo.			Para tentar ajudar no manejo do resíduo seria mais fácil tentar reduzir o consumo.
A9	Energia pode ser de várias maneiras.	Temos uma grande quantidade de lixo que pode ser transformada em algo útil.			A biomassa seria uma excelente fonte para o nosso estado.
A17	Nos EUA [Estados Unidos da América] existem várias usinas nucleares.	Na produção de energia nuclear são utilizados materiais radioativos.	O lixo é tóxico. Além disso, há ainda o risco de acidentes.	Apesar de ser eficaz, são controversas.	O governo deveria criar um projeto para descartar de forma adequada sem prejudicar a população e o meio ambiente.
A18	Todos os materiais utilizados têm uma vida de duração.	Ultimamente um celular é trocado em meses e/ou por ano e o que acontece com antigo aparelho? Simplesmente é jogado fora, aumentando cada vez mais a produção de lixo.	Se em cada bairro tivesse um sistema de separação correta, melhoraria a vida o ser humano e da natureza.		As formas de solucionar o problema vão depender da pessoa.

A forma de apresentação dos argumentos permaneceu semelhante nas produções escritas realizadas no Encontro 2 e Encontro 3. Identificou-se um processo de desenvolvimento individual decorrente das discussões realizadas em grupo. De maneira geral, foi possível identificar que os alunos expressaram posições mais contundentes e alternativas em relação ao problema da produção e gestão de resíduos.

Nesse sentido, foi possível verificar que o elemento da estrutura do argumento referente às garantias passou a estar presente, o que demonstra desenvolvimento de argumentos mais complexos.

4.5 Possibilidades e desafios de alfabetização científica no Ensino Médio

Entre as proposições de interpretações sobre a problemática apresentada nesta pesquisa podem ser destacados avanços na construção de argumentos e envolvimento em processo argumentativo. Os elementos para sustentar os argumentos foram ampliados com o desenvolvimento da sequência didática. Essa característica identificada pode ser relacionada com a alfabetização científica, considerando que tais avanços remetem ao fornecimento de subsídios para a participação em assuntos de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, com a apresentação e análise de argumentos fundamentados.

Em relação à apropriação de conhecimentos científicos, os dados coletados não permitiram identificar avanços significativos. Houve apropriação de vocabulário científico, mas, sem explicitação de relações mais complexas entre conceitos ou em análise de situações. Dessa forma, as possibilidades de alfabetização científica se mostraram limitadas nesse âmbito.

As relações entre conhecimentos científicos e aspectos sociais, culturais e ambientais foram preponderantes e mais complexas na análise e proposição de alternativas, considerando as questões sociocientíficas destacadas. Ressalta-se a possibilidade de alteração do quadro de distanciamento dos estudantes em relação aos problemas discutidos, considerando maior envolvimento dos alunos na análise crítica e proposição de alternativas em relação à produção e gestão de resíduos. As possibilidades de alfabetização científica identificadas, nesse sentido, remetem à participação pública e ao desenvolvimento de concepção de ciência que possa abranger aspectos sociais, culturais e ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi realizada com um grupo de alunos cuja realidade é bastante particular. O número de encontros poderia ser ampliado para aprofundamento das discussões. Neste trabalho, o número de encontros desenvolvidos se referiu, também, a acordo com a instituição escolar que permitiu a realização da pesquisa.

Mesmo assim, essas conclusões obtidas permitem situar a estratégia de abordagem de questões sociocientíficas, com pequenos grupos de discussão, seguindo a proposta de Ratcliffe e Grace (2003), como alternativa para a alfabetização científica no Ensino Médio.

Entretanto, os estudantes demonstraram dificuldades para expressar suas opiniões de forma coerente. Embora tenha sido constatada melhora na estrutura dos argumentos, a dificuldade em dominar a linguagem permaneceu. Como contribuições futuras, podem ser desenvolvidas atividades na área das ciências em parceria com professores de língua portuguesa.

Para o desenvolvimento de uma pesquisa com as características apresentadas neste trabalho, a necessidade de planejamento se mostrou fundamental. Entretanto, para atividades nessa perspectiva, destaca-se a necessidade de atenção e disposição para aproveitar outros pontos de vista e elementos que possam surgir durante o desenvolvimento desse processo.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: resíduos sólidos: classificação.** Rio de Janeiro: 2004.

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

BORGES, W. A. **Gestão metropolitana: sua construção a partir de duas experiências de associativismo territorial na região metropolitana de Curitiba**. 250f. Tese (Doutorado em Administração Pública e Governo) - Fundação Getúlio Vargas. Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2013.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2000. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf. Acesso em 10 dez. 2014.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria da Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12663&Itemid=1152. Acesso em: 10 dez. 2014.

BRASIL. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 9394/96**. Brasília: 1996. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf. Acesso em: 10 dez. 2014.

CARVALHO, Washington L. P. **Cultura científica e cultura humanística.** Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

CONRESOL - CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. **Relatório de Impacto Ambiental**. Curitiba: 2008. Disponível em: http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA_RIMA/RIMA_CONRESOL.pdf. Acesso em: 10 dez. 2014.

ESTRE. Centro de Gerenciamento de Resíduos Iguaçu-Fazenda Rio Grande. Disponível em: http://www.estre.com.br/unidades.php#uni2a. Acesso em: 10 dez. 2014.

FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOUREZ, G. **Alfabetización Científica y Tecnológica**. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1994.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Relatório de Impacto Ambiental**. Curitiba: 2008. Disponível em: http:///www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA_RIMA/RIMAiguacu.pdf. Acesso em: 10 dez. 2014.

INSTITUTO PRÓ-CIDADANIA. Disponível em: http://www.ipcc.org.br/. Acesso em: 10 dez. 2014.

NETO, P. N.; MOREIRA, T. A. Gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Curitiba: política regional de compostagem. **Revista Geografar**, Curitiba, v.4, n.2, p.72-96, jul./dez. 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Aterro Sanitário da Caximba**. Disponível em: http://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/cidadao/equipamento/aterro-sanitario-da-caximba/1803. Acesso em: 10 dez. 2014.

RATCLIFFE, M.; GRACE, M. **Science Education For Citizenship: Teaching Socio-scientific Issues**. Philadelphia: Open University Press, 2003.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula.** 2008. 265 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16 n.1, p. 59-77, 2011.

TOULMIN, S. E. (2006). Os Usos Do Argumento. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes.

ZOLLER, U. The Technology/Education Interface: STSE Education for All. **Canadian Journal of Education**, v. 17, n. 1, p. 86-91, 1992.