



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**RESÍDUO ELETROELETRÔNICO: UMA ABORDAGEM CTS
PARA PROMOVER A PRÁTICA ARGUMENTATIVA ENTRE
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

DANIELA CAVALCANTE DE ABREU

Brasília – DF
2014



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

RESÍDUO ELETROELETRÔNICO: UMA ABORDAGEM CTS PARA PROMOVER A PRÁTICA ARGUMENTATIVA ENTRE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

DANIELA CAVALCANTE DE ABREU

Dissertação realizada sob orientação da Prof.^a Dr.^a Patrícia Fernandes Lootens Machado e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

2014

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de
Brasília. Acervo 1017915.

A162r Abreu, Daniela Cavalcante de.
Resíduo eletroeletrônico : uma abordagem CTS para promover
a prática argumentativa entre alunos do ensino médio / Daniela
Cavalcante de Abreu. -- 2014.
206 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,
Faculdade UnB Planaltina, Programa de Pós- Graduação em Ensino
de Ciências, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, 2014.
Inclui bibliografia.
Orientação: Patrícia Fernandes Lootens Machado.

1. Resíduos sólidos. 2. Aparelhos e materiais eletrônicos.
3. Química - Estudo e ensino (Ensino médio). 4. Ciência
- Estudo e ensino. 5. Eletroquímica. I. Machado, Patrícia
Fernandes Lootens. II. Título.

CDU 54:37

FOLHA DE APROVAÇÃO

Daniela Cavalcante de Abreu

“Resíduo Eletroeletrônico: uma abordagem CTS para promover a prática argumentativa entre alunos de Ensino Médio”

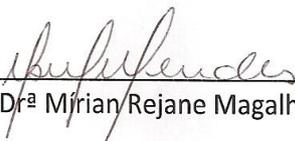
Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) da Universidade de Brasília (UnB).

Aprovada em 7 de julho de 2014.

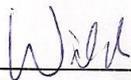
BANCA EXAMINADORA



Prof^ª Dr^ª Patricia Fernandes Lootens Machado - IQ/UnB (Presidente)



Prof^ª Dr^ª Mirian Rejane Magalhães Mendes - IFNMG



Wildson Luiz Pereira dos Santos - IQ/UnB

*Aos meus pais,
Ao meu esposo,
Aos meus dois filhos, Lara e Davi,
À minha querida orientadora, Patrícia Fernandes Lootens Machado,
À todos os professores que se dedicam em melhorar a educação em nosso país.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por sua presença constatar em minha vida, em especial em todas as etapas desse trabalho.

À minha querida orientadora Patrícia F. L. Machado, por toda dedicação dispensada a mim durante essa trajetória, por sua compreensão nos momentos difíceis, pela generosidade em se doar para meu crescimento pessoal e profissional, por todo o incentivo e pela amizade construída.

Aos meus pais João e Salete, pelo amor e dedicação incondicional dispensados em todas as etapas da minha vida.

Ao meu esposo, Fabrício, pelo companheirismo e o incentivo,

Aos meus filhos Lara e Davi. Lara que participou desse processo antes mesmo de seu nascimento, quando do processo seletivo do mestrado. E Davi, que ainda em meu ventre, me incentivou na etapa final dessa trajetória. Por serem eles o grande motivo de minha alegria, e por me tornarem uma pessoa melhor.

Às minhas irmãs, amigas e companheiras, Dayane e Danila, por acreditarem em mim, às vezes mais que eu mesmo.

A todos os professores do PPGE, em especial aos professores Ricardo Gauche, Gerson de Souza Mól, Maria Márcia Murta e Wildson Luiz Pereira dos Santos que contribuíram, de maneira significativa, na mudança do meu olhar sobre a vida e sobre o Ensino de Química.

Aos Professores Wildson Luiz Pereira dos Santos e Mírian Rejane Magalhães Mendes por participarem da Banca Examinadora tanto por ocasião do Exame de Qualificação do Projeto, quanto da Defesa da Dissertação, com preciosas sugestões, que colaboraram para a melhoria deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas de mestrado do PPGE, em especial Aline, Carlos, Zaíra e Laianna, pela amizade e por compartilharmos momentos de aprendizagem e reflexão.

Aos colegas de trabalho, que colaboraram com a execução dessa pesquisa. Em especial, aos amigos Hádamo, Waldeíza, Welton, Rogéria, Stela, Alessandro, Arley e Mara, por toda ajuda e incentivo e ao professor Carlos que me cedeu as suas aulas para essa pesquisa.

*A alegria não chega apenas no encontro do achado,
mas faz parte do processo da busca.
E ensinar e aprender não pode dar-se fora
da procura, fora da boniteza e da alegria.*

Paulo Freire

RESUMO

As benesses trazidas pelos equipamentos eletroeletrônicos para nosso dia a dia parecem dificultar a percepção dos problemas sociais, políticos, econômicos e ambientais envolvidos no ciclo de vida desses produtos. Levando-se em consideração os inúmeros benefícios e as consequentes mudanças em nosso modo de se comunicar, dificilmente faremos concessões e abriremos mão do uso de computadores, celulares, *tablets* etc. Apesar dessa complexa relação estabelecida com os equipamentos eletroeletrônicos não devemos fugir à reflexão sobre o consumo não racional deles e nem sobre as consequências disso, que já se constitui, no mínimo, um grave problema ambiental. Considerando que a geração e a disposição desse tipo de resíduo são consequências de difícil equacionamento, buscamos desenvolver estratégias educativas a partir do e-lixo, como também são conhecidos os resíduos eletroeletrônicos. Portanto, este trabalho tem por objetivo principal elaborar, implementar e analisar uma proposição didática a partir da temática resíduo eletroeletrônico ou e-lixo para investigar como o ensino de Química com enfoque CTS pode favorecer o letramento científico e o desenvolvimento das habilidades argumentativas dos alunos. Optamos por uma abordagem CTS, tendo como pano de fundo a problemática descrita, e levando em consideração conceitos de eletroquímica. Estes são necessários para se compreender as transformações químicas das partes metálicas dos equipamentos, que resultam na biodisponibilização de substâncias tóxicas impactantes ao meio ambiente. Para isso, desenvolvemos uma proposta didática para alunos de 3º ano do ensino médio de uma escola em Planaltina-DF e aplicamos no primeiro trimestre letivo de 2014. O processo de investigação e análise foi de caráter qualitativo, pela necessidade de se considerar as peculiaridades do contexto educativo. Dentre os diversos métodos de pesquisa qualitativa optamos pelo estudo de caso, por compreendê-lo como mais adequado para alcançarmos o objetivo central desse trabalho. A coleta de dados ocorreu por meio de atividades, questionários com perguntas abertas e fechadas, vídeo gravações, bem como anotações do diário de aula do professor pesquisador. Podemos inferir, pela análise dos resultados, que as estratégias favoreceram reflexões críticas acerca do consumo não racional de celulares, computadores, etc., sutilmente imposto por campanhas publicitárias que defendem os pressupostos da obsolescência programada. As estratégias utilizadas auxiliaram na apreensão por alguns estudantes, dos conceitos envolvidos, como: número de oxidação, reações de oxirredução, agentes oxidante e redutor e também possibilitaram aos alunos o engajamento no discurso argumentativo, na medida em que permitiram associar o conhecimento químico com os aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais e no desenvolvimento de habilidades argumentativas tais como produção, análise e refutação de argumentos. Consideramos necessário o aprofundamento de outros conceitos relacionados à temática como: eletrodos, anodo, catodo e meio eletrolítico.

Palavras-chave: CTS; Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico; Argumentação; Eletroquímica; Ensino Médio; Educação Científica e Cidadania.

ABSTRACT

The advantages brought by electronic equipment to our routine seem to hinder our perception of social, political, economic and environmental problems involved in the life cycle of these products. Taking into account the numerous benefits and the consequent changes in the way we communicate it will be very difficult to make concessions and to relinquish the use of computers, cell phones, tablets etc. Despite this complex relationship established with electronic equipment it must not escape from our reflection that the irrational consumption of them nor their consequences that constitutes, at least, a serious environmental problem. Whereas the generation and disposal of such waste brought consequences of difficult solution, we seek to develop educational strategies from e-waste, also known as electronic waste. Therefore, this work has as its main objective to elaborate, implement and analyze a didactic proposition from the thematic “electronics waste” or “e-waste” to investigate how the teaching of chemistry focused on CTS may promote scientific literacy and the students argumentative skills development. We chose a CTS approach with the backdrop of the problems described, and taking into account concepts of electrochemistry. These are necessary to understand the chemical transformations of the equipment metal parts, resulting in a bioavailability of toxic substances environment impact. For this, we developed a didactic proposal for students in 3rd. year of high school at a school in Planaltina-DF and applied that in the first academic quarter of 2014. The investigation and analysis process was qualitative, due to the need of considering the peculiarities of the educational context. Among the several methods of qualitative research, we chose the case study, once we understand it as the most suitable to achieve the main objective of this work. Data collection occurred through activities, questionnaires with open and closed questions, video recordings, as well as researcher teacher class notes. We can infer, by analyzing the results, that the strategies favored critical reflections on the non-rational use of cell phones, computers, etc., imposed by subtly advertising campaigns that defend the assumptions of planned obsolescence. The strategies helped the students comprehending the concepts involved in our classes, such as oxidation number, redox reactions, oxidizing and reducing agents. It also prepared the students to engage in argumentative discussions, to the extent that allowed them to associate the chemical knowledge with the social, economic, political and environmental factors and also in the development of argumentative skills such as production, analysis and refutation of arguments. We consider necessary to deepen other related thematic concepts such as electrodes, anode, cathode and electrolyte medium.

Keywords: STS; Waste of Electro-Electronic Equipment; Argumentation; Electrochemistry; High School; Scientific Education and Citizenship.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo de Toulmin: componentes do argumento e suas relações.....	36
Figura 2 - Modelo de Análise de Argumentação Aplicável a Processos de Resolução de Questões Sócio-científicas.....	43
Figura 3 – Cálculos matemáticos do aluno A6 para resolução da questão 2.....	101
Figura 4 – Cálculos matemáticos do aluno A22 para resolução da questão 2.....	101
Figura 5 - Cálculos matemáticos do aluno A34 para resolução da questão 2.....	101
Figura 6 - Cálculos matemáticos do aluno A35 para resolução da questão 2.....	101
Figura 7 - Cálculos matemáticos do aluno A34 para resolução da questão 3.....	101
Figura 8 – Resposta do aluno A10 para a questão 2.....	102
Figura 9 – Avaliação dos alunos sobre as atividades desenvolvidas.....	111
Esquema 1 – Argumento 1 apresentado pelo grupo A para resolução do caso de Marina.....	81
Esquema 2 – Argumento 2 apresentado pelo grupo B para resolução do caso de Marina.....	84
Esquema 3 – Argumento 3 apresentado pelo grupo A para resolução do caso de Marina.....	86
Esquema 4 – Argumento 4 apresentado pelo grupo B para resolução do caso de Marina.....	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Regras da pragma-dialética para a discussão crítica.....	39
Quadro 2 - Síntese Analítica para avaliar o discurso argumentativo.....	40
Quadro 3 - Descrição do Modelo de Análise de Argumentação Aplicável a processos de resolução de questões sócio-científicas.....	44
Quadro 4 - Dificuldades de aprendizagem e/ou concepções alternativas para o conteúdo de eletroquímica.....	52
Quadro 5 - Organização das unidades do módulo didático.....	56
Quadro 6 – Turnos de fala dos alunos do Grupo A na apresentação do Argumento 1.....	82
Quadro 7 - Turnos de fala dos alunos do Grupo B na refutação do Argumento 1.....	82
Quadro 8 – Turnos de falas do Grupo A: resposta à refutação feita pelo Grupo B.....	83
Quadro 9 – Turnos de fala do Grupo B na apresentação do argumento 2.....	84
Quadro 10 – Turnos de fala do Grupo A na contestação feita ao Argumento 2.....	85
Quadro 11 – Turno de fala do Grupo B: resposta à contestação feita pelo Grupo A.....	86
Quadro 12 – Turno de fala do Grupo A.....	87
Quadro 13 – Turnos de fala do Grupo A na apresentação do Argumento 3.....	87
Quadro 14 – Turnos de fala do Grupo B na contestação feita ao Argumento 3.....	88
Quadro 15 – Turnos de fala do Grupo A: resposta à contestação feita pelo Grupo B.....	89
Quadro 16 – Turnos de fala do Grupo B na apresentação do Argumento 4.....	92
Quadro 17 – Turnos de fala do Grupo A na contestação ao Argumento 4.....	93
Quadro 18 – Turnos de fala do Grupo B: resposta à contestação feita pelo Grupo A.....	94
Quadro 19 – Análise dos argumentos de acordo com a natureza dos critérios considerados pelo Grupo A durante o debate.....	95
Quadro 20 – Análise dos argumentos de acordo com a natureza dos critérios considerados pelo Grupo B durante o debate.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Respostas dos alunos sobre os motivos pelos quais dormir com os eletrônicos pode ser prejudicial à saúde.....	59
Tabela 2 - Respostas dos alunos sobre os motivos pelos quais dormir com os eletrônicos não causa a contaminação por seus componentes tóxicos.....	61
Tabela 3 - Respostas dos alunos sobre os motivos pelos quais o descarte inadequado de eletrônicos causa contaminação.....	62
Tabela 4 - Consequências, segundo os alunos, do descarte e da reciclagem de forma inadequada do lixo eletrônico.....	63
Tabela 5 - Etapas do ciclo de vida dos eletrônicos que os grupos de alunos consideram prejudiciais ao ambiente e às pessoas.....	65
Tabela 6 - Respostas dos alunos sobre os benefícios do consumo racional dos aparelhos celulares.....	73
Tabela 7 - Respostas dos alunos que mostraram não compreender o significado do termo consumo racional.....	74
Tabela 8 - Respostas dos alunos sobre os benefícios da reciclagem dos equipamentos eletrônicos.....	74
Tabela 9 – Resposta dada pelos alunos sobre a responsabilidade de todos no gerenciamento do lixo eletrônico.....	75
Tabela 10 – Outras pessoas responsáveis pelo gerenciamento do e-lixo, segundo os alunos.....	76
Tabela 11 – Medidas para reduzir os problemas causados pelo e-lixo, de acordo com os alunos.	77
Tabela 12 - Respostas dos alunos sobre o Nox do nitrogênio nas amostras de água poluída	100
Tabela 13 - Respostas dos alunos sobre o Nox das espécies químicas da questão 3.....	103
Tabela 14 - Respostas dos alunos sobre quem oxida e quem reduz, o agente oxidante e o agente redutor da questão 3.....	103
Tabela 15 - Respostas corretas dos alunos sobre quem oxida e quem reduz, o agente oxidante e o agente redutor da questão 3.....	104
Tabela 16 - Respostas dos alunos sobre como os metais são encontrados na natureza.....	106
Tabela 17 - Respostas dos alunos sobre a reação química considerada importante no processo de obtenção dos metais.....	107
Tabela 18 - Respostas dos alunos sobre a característica da principal reação química ocorrida no processo de obtenção de metais.....	107

Tabela 19 - Respostas dos alunos sobre os processos químicos relacionados com metais presentes nos eletrônicos quando são descartados nos lixões.....	108
Tabela 20 - Respostas corretas dos alunos sobre os Nox das espécies químicas da questão 8.....	109
Tabela 21 - Respostas corretas dos alunos sobre quem oxida e quem reduz, agente oxidante e agente redutor.....	109
Tabela 22 – Avaliação dos alunos sobre as atividades desenvolvidas.....	111
Tabela 23 – Pontos positivos do debate, de acordo com os alunos.....	112
Tabela 24 – Pontos negativos do debate, de acordo com os alunos.....	113
Tabela 25 – Pontos positivos das atividades aplicadas, de acordo com os alunos.....	113
Tabela 26 – Pontos negativos das atividades aplicadas, de acordo com os alunos.....	113

LISTA DE SIGLAS

ACT – Alfabetização Científica e Tecnológica

CTSA – Ciência-Tecnologia-Sociedade -Ambiente

CTS – Ciência-Tecnologia-Sociedade

C&T – Ciência e Tecnologia

DCNEM – Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

EPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

MEC – Ministério da Educação

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OCNEM – Orientações Curriculares Nacionais

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

WEEE – Waste of Electrical and Electronic Equipment

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
1. ENFOQUE CTS E O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	21
2. ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	29
3. RESÍDUO ELETROELETRÔNICO COMO TEMA SOCIOCIENTÍFICO NO ENSINO DE QUÍMICA.....	46
4. PERCURSO METODOLÓGICO.....	53
4.1 – CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	53
4.2 – O CONTEXTO DA PESQUISA.....	54
4.3 – A COLETA DE DADOS.....	55
4.4 – DESCRIÇÃO DAS AULAS DESENVOLVIDAS NA CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA.....	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
5.1 – CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	58
5.2 – ARTICULAÇÕES CTS.....	64
5.3 – ARGUMENTAÇÃO.....	78
5.4 – CONHECIMENTOS QUÍMICOS.....	99
5.5 – ANÁLISE DA PROPOSTA PEDAGÓGICA PELOS ALUNOS.....	110
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
REFERÊNCIAS	119
APÊNDICES.....	127
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO POR PARTE DOS ALUNOS.....	128
APÊNDICE B – PERGUNTA 1.....	129
APÊNDICE C – ATIVIDADE 1.....	130
APÊNDICE D – ESTUDO DE CASO.....	132
APÊNDICE E – PROVA BIMESTRAL.....	133
APÊNDICE F – ATIVIDADE FINAL.....	136
APÊNDICE G – AVALIAÇÃO DA PROPOSTA PEDAGÓGICA PELOS ALUNOS.....	138
APÊNDICE H – TEXTO: OBTENÇÃO DE METAIS.....	139

APÊNDICE I – TEXTO: CORROSÃO.....	142
APÊNDICE J – TEXTO: EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS: LIXO OU MATÉRIA-PRIMA?	144
APÊNDICE K – MÓDULO DIDÁTICO.....	147

INTRODUÇÃO

Durante os oito anos em que atuo como professora de Química na Secretaria de Educação do Distrito Federal, o desinteresse e a dificuldade dos jovens em aprender Ciências sempre causaram em mim um grande incômodo. Esse mal estar me levou a buscar novas estratégias para provocar nos alunos o reconhecimento sobre a relevância do conhecimento científico em suas vidas. Trabalhei também na perspectiva de tornar o conhecimento escolar mais compreensível para os alunos da educação básica. Nessa busca, no ano de 2012, ingressei no Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) da Universidade de Brasília (UnB). As várias reflexões feitas nesse período me levaram a reavaliar minha prática pedagógica, pois, apesar da disposição em acertar, não necessariamente atingia os alunos da melhor maneira. Tais reflexões conduziram-me a uma reconstrução das minhas concepções sobre o “como” e o “porquê” de ensinar Ciências.

Nessa trajetória duas disciplinas do mestrado, cursadas em 2013, ampliaram minha visão e contribuíram de maneira significativa para a escolha dessa linha de trabalho. Uma delas, Gestão de Resíduos em Laboratórios de Ensino, dirigiu meu olhar para problemática do lixo eletrônico e colaborou para que eu percebesse a riqueza sociocientífica de se explorar essa temática nas aulas de Química. A outra, Educação Científica e Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), me levou a refletir sobre os objetivos do ensino de Ciências. Adicionalmente, esta disciplina me apresentou o ensino de Ciências com enfoque nas relações CTS, o que despertou em mim o desejo de adotar essa perspectiva em meu fazer docente. Ao comparar as práticas de ensino tradicional com as que enfatizam as relações CTS, considero que essa última pode colaborar de forma mais efetiva para a formação de cidadãos críticos, capazes de atuar de forma responsável nas questões relacionadas à Ciência e à Tecnologia na sociedade.

Por essas razões, este trabalho buscou desenvolver, aplicar e analisar uma proposta pedagógica embasada nos pressupostos da educação CTS, tendo como ponto de partida a temática do lixo eletrônico para o desenvolvimento de habilidades argumentativas e de conceitos relacionados à eletroquímica, incorporando transversalmente discussões sobre as causas e as consequências da produção desse tipo de resíduo/rejeito.

Vivemos em mundo globalizado, em que os avanços científico-tecnológicos exercem uma grande influência no modo de vida das pessoas e fascinam especialmente os jovens, que estão sempre ávidos por consumir as novidades tecnológicas, como telefones celulares, *smartphones*, computadores e *notebooks*. Por isso, a juventude é alvo constante das

propagandas disseminadas nos meios de comunicação, que constantemente buscam associar o consumo de tais novidades à expressão da identidade pessoal e à condição de inclusão social. Desconsiderando todas as implicações ambientais e sociais desse tipo de abordagem, o consumo dos equipamentos eletrônicos cresce numa velocidade alarmante (MAGERA, 2013).

Se de um lado os jovens são tão encantados com os produtos tecnológicos, frutos do conhecimento científico, de outro lado, mostram um grande desinteresse pelas disciplinas científicas escolares. Além do que, apesar de dominarem o uso das novas tecnologias, não são capazes de perceber os impactos que estas podem produzir no ambiente e na sociedade. Friso novamente o grande incômodo que isso tem provocado em minha trajetória profissional.

Esse desinteresse dos jovens em aprender Ciências pode ser atribuído à maneira tradicional de ensino que predomina na maioria das escolas, em que os conteúdos são apresentados de maneira dogmática e descontextualizados. Dessa forma, o ensino de Ciências tem sido reduzido à memorização de fatos, conceitos, fórmulas e teorias que, por não fazerem significado para os estudantes, logo são esquecidos. Ainda que ao final do ensino médio os alunos tenham apreendido algo, essa maneira de ensinar Ciências conduz a uma visão reducionista e neutra sobre a produção do conhecimento científico (CARVALHO, 2009). Em complementação, Schnetzler (2004) aponta que, como consequência dessa prática, o ensino de Ciências tem se distanciado do “mundo cultural e tecnológico” dos estudantes.

Fourez (2003), ao tratar a Crise no Ensino de Ciências, chama a atenção para uma característica marcante da juventude atual. Diferente de outras épocas, essa geração apenas se envolve em questões quando convencida da importância destas para sua vida ou para a sociedade. Dessa forma, para que os alunos se interessem pelo universo científico, eles precisam entender a importância social, cultural e econômica desses conhecimentos no contexto de suas vidas, sendo este um grande desafio para os que se comprometem a ensinar as disciplinas científicas.

Percebe-se, portanto, a necessidade de práticas educativas que possibilitem desmistificar a imagem reducionista, neutra e inacessível que os jovens têm da Ciência. Para que isso seja alcançado, é necessário levarmos em consideração algumas questões sobre a natureza do conhecimento científico que têm implicações diretas no ensino de Ciências.

A primeira questão a ser ponderada é sobre a natureza simbólica desse conhecimento, sendo ele constituído por um conjunto de ideias elaboradas pelos cientistas para interpretar e explicar fenômenos. A partir dessas interpretações e explicações surgem os conceitos científicos, que não são a própria realidade, mas sim, construções abstratas dessa realidade. Dessa forma, esses conceitos não são frutos da simples observação da natureza, mas sim de

grandes esforços intelectuais. Nessa perspectiva, a aprendizagem em Ciências requer que os alunos sejam introduzidos neste mundo simbólico (DRIVER *et al.*, 1999; FOUREZ, 2003, SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

Há que se considerar também que o conhecimento científico é construído e negociado dentro de comunidades científicas. Essas, por sua vez, apresentam características peculiares, como linguagem, práticas e conceitos organizadores. Assim, entende-se que, mesmo que esse conhecimento tenha base empírica, sua construção se dá por meio de um processo social, e, por isso, não é neutro, pelo contrário, sofre a influência de fatores sociais, políticos e econômicos, entre outros. Portanto, o Ensino de Ciências deve iniciar os alunos nas práticas científicas, possibilitando a eles, entenderem que o processo de construção de conhecimento é, por natureza, um processo social (DRIVER *et al.*, 1999).

Por outro lado, o conhecimento ensinado nas escolas não é exatamente igual ao conhecimento científico produzido em universidades e centros de pesquisas. A constituição de um conhecimento propriamente escolar não acontece por meio da mera seleção dos saberes disponíveis, mas se constitui a partir de uma reconstrução desses saberes, com a finalidade de que estejam mais ao alcance do estágio cognitivo dos alunos. Dessa forma, a cultura escolar, que possui práticas, rituais e valores próprios, estabelece uma cultura diferenciada da científica. Nesse sentido, é na escola que essa “cultura escolar” é produzida, e é por isso que, muito além de reprodutora, devemos destacar o seu papel como socializadora dos conhecimentos (LOPES, 1997; MARANDINO, 2004).

Do mesmo modo, o ensino dos conceitos científicos não pode desconsiderar o papel do conhecimento cotidiano, ou seja, das concepções prévias, da bagagem cultural e da maturidade dos alunos. Várias pesquisas mostram que as ideias prévias dos estudantes são pessoais, influenciadas pelo contexto e muito resistentes às mudanças, persistindo até mesmo em estudantes universitários (ver, por exemplo: MORTIMER, 1996; SCHROEDER, 2007). Essa resistência pode ser atribuída ao ensino baseado na transmissão de informações desprovidas de significado (SCHROEDER, 2007).

Destacamos ainda que a função primordial do professor educador é promover condições sociais para que o aluno se desenvolva (TUNES; TACCA; BERTHOLDO JÚNIOR, 2005). Portanto, o docente não pode ser visto como um transmissor do conhecimento. Sua função no processo educativo é muito mais ampla, e deve ter por finalidade despertar nos alunos o interesse em investigar e conhecer o mundo que o cerca, confrontando ideias, negociando significados, na busca de introduzi-los no mundo das ideias científicas (SCHNETZLER, 2004).

Isso pressupõe que os objetivos do ensino de Ciências não podem se limitar a disseminação de conceitos científicos. Em conformidade com a Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB (BRASIL, 1996), acreditamos que a dinâmica da sociedade moderna exige da educação científica um comprometimento com a formação para a cidadania, possibilitando que todos tenham o entendimento desses conhecimentos e das suas implicações sociais, políticas, econômicas e ambientais, sendo capazes de posicionarem-se frente aos desafios propostos pela Ciência e Tecnologia na sociedade moderna, tal como defendem vários estudiosos da educação CTS (ver, por exemplo: AIKENHEAD, 2005, PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007; SANTOS *et al.*, 2010; SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

Nessa perspectiva, defendemos que sejam priorizadas estratégias que conduzam o aluno a se posicionar frente às questões que envolvam Ciência e Tecnologia, capacitando-o a tomar decisões responsáveis embasadas não apenas no conhecimento cotidiano ou nas informações disseminadas pela mídia, mas, principalmente, no conhecimento científico e em valores sociais, como solidariedade, fraternidade, igualdade, respeito ao ambiente e às futuras gerações. Deve-se igualmente promover o desenvolvimento das habilidades argumentativas dos alunos, para que eles possam desenvolver o pensamento racional por meio do confronto entre diferentes explicações para um mesmo fenômeno. Sendo que, essas habilidades argumentativas se desenvolvem a partir da interação entre professor e aluno, cabendo ao primeiro criar um ambiente encorajador para que estes se expressem e exercitem o uso da linguagem científica (CARVALHO, 2007).

Apesar da literatura nacional e internacional reconhecer a importância da argumentação no processo de ensino-aprendizagem de Ciências, essa prática tem sido pouco aplicada no contexto da educação básica. Essa ausência pode ser atribuída a carências na formação inicial e continuada dos professores, que não têm se ocupado em preparar os professores para promover o desenvolvimento das habilidades argumentativas dos estudantes. Entretanto, a inexpressiva utilização da argumentação no ensino de Ciências também pode estar relacionada ao fato da argumentação constituir um campo recente da pesquisa em educação em Ciências e, portanto, ainda necessitar de alguns referenciais teóricos, inclusive referências que deem suporte às análises argumentativas (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008).

Diante dessas considerações, este trabalho busca o desenvolvimento de uma proposta de ensino construída a partir da problemática dos resíduos eletrônicos. Acreditamos que este tema sociocientífico esteja presente no cotidiano dos estudantes, e que, por isso, pode favorecer um maior envolvimento dos alunos na aprendizagem dos conhecimentos químicos a

ele relacionados, visto que possibilita a eles construírem os significados de conceitos em sua vida prática e na sociedade. De outro lado, por suas implicações, essa temática permite relacionar os conteúdos científicos escolares com as questões sociais, políticas e econômicas que emergem desse tema, proporcionando aos educandos a construção de uma visão ampliada das interações CTS. Assim sendo, pode contribuir para que os alunos posicionem-se de maneira racional e responsável frente aos impactos da produção, do consumo e do descarte dos aparelhos eletrônicos, sendo este posicionamento de fundamental importância para o exercício da cidadania no contexto da sociedade moderna, que se torna cada vez mais dependente de tais aparatos.

A partir dessas considerações, surgiu a pergunta que direcionará esta pesquisa: **De que forma, uma abordagem CTS no ensino de eletroquímica pode sensibilizar os alunos de Ensino Médio para os problemas emergentes da disposição inadequada de resíduos/rejeitos eletroeletrônicos, contribuindo assim para o letramento científico¹ e para o desenvolvimento de habilidades argumentativas²?**

Sob essa perspectiva, esperamos que por intermédio dos conhecimentos químicos, os alunos possam compreender os impactos ambientais e sociais gerados tanto na produção, como no consumo e na disposição final dos equipamentos eletroeletrônicos e, assim, serem capazes de produzir argumentos coerentes e posicionarem-se de maneira responsável frente ao consumo e descarte dos mesmos. Nesse sentido, esta dissertação tem como objetivos:

- Elaborar, implementar e analisar uma proposição didática a partir da temática resíduo eletroeletrônico ou e-lixo para investigar como o ensino de Química com enfoque CTS pode favorecer o letramento científico;
- Investigar se a abordagem da temática resíduo eletroeletrônico possibilita a identificação dos aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais envolvidos com a produção científico-tecnológica na sociedade contemporânea;
- Identificar as concepções prévias dos alunos sobre os resíduos eletroeletrônicos;
- Investigar se a abordagem de um tema sociocientífico contribui para estimular a argumentação em sala de aula;
- Favorecer a incorporação dos conhecimentos escolares nos argumentos dos alunos para a resolução de problemas relativos à temática do e-lixo;
- Analisar a qualidade da argumentação produzida pelos alunos.

¹ O termo letramento científico é usado para enfatizar a função social do Ensino de Ciências, como explicaremos no capítulo 1.

² Consideramos habilidades argumentativas a capacidade de identificar, produzir, analisar e refutar argumentos.

1 O ENFOQUE CTS E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Nas décadas de 1960 e 1970, o desenvolvimento científico e tecnológico propiciou conquistas importantes em várias áreas do conhecimento como, por exemplo, na medicina, na agricultura e nas telecomunicações. Essas conquistas geraram uma grande expectativa sobre as contribuições da Ciência e da Tecnologia para promoção do bem-estar da sociedade (MARTINS; PAIXÃO, 2011; SANTOS *et al.*, 2010). Como consequência, um número expressivo de pessoas passou a confiar na Ciência e na Tecnologia como se confia em uma divindade, ou seja, sem questionamentos. Como decorrência, o conhecimento científico vem sendo adotado como verdade absoluta (SANTOS, 2007a; SANTOS; MORTIMER, 2002).

Essa fé incondicional reflete uma visão ingênua sobre a Ciência e a Tecnologia (C&T). O conhecimento científico é uma construção humana influenciada pelos contextos políticos, econômicos e sociais, por isso, não neutro e passível de equívocos temporais. De certa forma, a ingenuidade citada é resultado de um processo educacional dogmático, acrítico e centrado em conteúdos dissociados do contexto histórico (SCHNETZLER, 2004).

Em meados do século XX, principalmente nos países capitalistas centrais, evidenciou-se que o avanço científico-tecnológico não estaria conduzindo, necessariamente, ao desenvolvimento social. Entre essas evidências, podemos citar: o uso de armas nucleares e químicas, na Segunda Guerra Mundial e na Guerra do Vietnã; a degradação ambiental oriunda dos processos industriais, que somente foram percebidos por afetarem o bem-estar dos seres humanos (AULER; BAZZO, 2001; LINSINGEN 2007) e a escassez de alimentos para uma grande parcela da humanidade, apesar do uso de agrotóxicos ditos próprios para aumentar a disponibilidade alimentar.

Como se não bastasse, a forma como o desenvolvimento científico-tecnológico vem ocorrendo tem provocado desastres ambientais com a morte de milhares de pessoas, a intoxicação de outras, bem como a devastação de áreas urbanas, rurais e até aquelas praticamente não habitáveis, como as regiões polares (MARTINS; PAIXÃO, 2011; SANTOS *et al.*, 2010). A nosso ver, dentre as causas desse “progresso” desequilibrado, pode-se citar a forma não preventiva com que se desenvolve a Ciência. A atividade científica tem, de forma preponderante, seu foco nos resultados das pesquisas e não necessariamente nos processos e em suas consequências. De maneira adicional, o desenvolvimento tecnológico tem colaborado com o aumento das desigualdades sociais, visto que dois terços da população mundial possuem acesso restrito às tecnologias (MARTINS; PAIXÃO, 2011; SANTOS *et al.*, 2010).

Para discutir esse cenário surgiu o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), originário da necessidade de desenvolvimento de uma postura mais crítica sobre as questões relativas à C&T, relacionando-as aos contextos sociais, políticos e econômicos (SANTOS *et al.*, 2010). O movimento CTS emergiu dos movimentos sociais e evoluiu com os estudos de filósofos e sociólogos da Ciência, evidenciando que o desenvolvimento científico-tecnológico estaria mais direcionado a uma lógica capitalista, com a busca do lucro acima de qualquer outra questão do que com a procura de soluções para os grandes problemas da sociedade. Esse movimento exigiu um controle maior sobre a C&T e teve como um dos objetivos centrais colocar a tomada de decisão em relação à C&T num plano que contemple às questões sociais, econômicas e políticas, em detrimento das questões mercantilistas (AULER, 2003).

Segundo Cerezo (1998), as abordagens CTS podem apresentar influências de duas grandes tradições: a Europeia e a Norte Americana. Na Europa, o CTS emerge dos estudos de história e sociologia da Ciência, como pesquisa acadêmica. Já na Norte América do Norte, o movimento está centrado nas consequências da produção tecnológica, com repercussão na educação e nas políticas públicas.

O movimento CTS surgiu nos países desenvolvidos, em um contexto social em que a maioria da população apresenta suas necessidades materiais razoavelmente satisfeitas. Ao contrário da América Latina, onde grande parte da população sofre com problemas como: desemprego, analfabetismo e baixa qualidade de vida. Dessa forma, o movimento CTS assume outras perspectivas no contexto latino-americano. Reivindica-se que nos países latinos, o desenvolvimento científico-tecnológico seja direcionado para solução dos problemas sociais locais, questionando a transferência acrítica das tecnologias dos países desenvolvidos e buscando construir uma cultura de participação social (AULER; BAZZO, 2001; LINSINGEN, 2007).

Conforme Cerezo (1998), o movimento CTS tem se expandido em três direções:

- No campo da pesquisa, os estudos têm evoluído promovendo uma visão dialética e contextualizada da atividade científica como um processo social;
- No campo das políticas públicas, os estudos têm defendido uma participação social democrática nas decisões sobre Ciência e Tecnologia e uma regulação governamental das mesmas; e
- No campo da educação, com o surgimento, em muitos países, de programas e materiais CTS nas escolas e nas universidades.

Em complementação, Pinheiro, Bazzo e Silveira (2007) dizem que o movimento CTS tem avançado principalmente no campo educativo, trazendo a necessidade de renovação

curricular dos conteúdos, de forma a evidenciar que o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia está intrinsecamente vinculado ao contexto social.

Auler (2007), fazendo o uso de diversos trabalhos da literatura internacional, destaca como possíveis objetivos da educação com enfoque CTS:

[...] promover o interesse dos estudantes em relacionar a Ciência com aspectos tecnológicos e sociais, discutir as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da Ciência-Tecnologia (CT), adquirir uma compreensão da natureza da Ciência e do trabalho científico, formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados capazes de tomar decisões informadas e desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual. (p. 1).

De acordo com Bybee (1987), as propostas de ensino CTS apresentam três objetivos gerais: a construção de conhecimentos relacionados à Ciência e Tecnologia, a utilização de habilidades de aprendizagem baseada na investigação científica e tecnológica e o desenvolvimento de valores e ideias sobre Ciência e Tecnologia na sociedade. Santos e Mortimer (2002), fazendo referência a diversos trabalhos da literatura internacional, destacam que o objetivo central da educação CTS é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica (ACT) dos cidadãos, promovendo condições para que o aluno adquira conhecimentos, habilidades e valores necessários para a tomada de decisão responsável, atuando em questões relacionadas à C&T na sociedade.

Um cidadão alfabetizado científico-tecnologicamente deve ser capaz de ler, compreender e expressar opiniões sobre Ciência e Tecnologia. A ACT envolve a compreensão do impacto da Ciência e da Tecnologia sobre a sociedade, além do domínio da linguagem científica. Para Auler (2003, p. 2), “a ACT deve propiciar uma leitura crítica do mundo contemporâneo, cuja dinâmica está crescentemente relacionada ao desenvolvimento científico-tecnológico, potencializado para uma ação no sentido de sua transformação”.

Nesse sentido, alguns autores preferem fazer uso do termo Letramento Científico para enfatizar a função social do ensino de Ciências, contrariamente ao significado restrito da alfabetização escolar (SANTOS, 2007a).

Entretanto, nem sempre as propostas ditas CTS compartilham dos mesmos objetivos. Pinheiro, Bazzo e Silveira (2007), citando o trabalho de Walks³ (1990) e Medina e Sanmartin¹ (1990), que analisou projetos curriculares de vários países, classificam as abordagens CTS em três modalidades: introdução de CTS nos conteúdos das disciplinas; a Ciência vista por meio

³ WALKS, L. Educación em Ciencia, Tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos intelectuales. In: MEDINA, M.; SANMARTIN, J. (Orgs.). Ciencia, tecnología y sociedad, estudios interdisciplinarios em la universidad, em la educación y em la gestión pública. Barcelona: Anthropos, p. 42-75, 1990.

de CTS e CTS puro. Entende-se por CTS puro, a abordagem de temas no qual o conteúdo científico tem um papel secundário.

Por sua vez, Aikenhead (1994) classifica os currículos CTS em oito categorias, estando em um extremo a inclusão de conteúdos CTS apenas com caráter motivador, e em outro, o foco recai sobre as questões sociais, fazendo apenas menção ao conteúdo científico. Percebe-se assim, que com o passar do tempo, CTS tornou-se um *slogan* que pode abrigar propósitos educacionais diversos, distantes daqueles que originaram o movimento (SANTOS, 2008).

Entre esses *slogans*, podemos citar a denominação CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente). Algumas propostas de ensino passaram a receber essa denominação por priorizarem em sua estrutura de interações as implicações ambientais, resgatando o papel da Educação Ambiental (SANTOS, 2007b). Entretanto, consideramos que as abordagens CTS devem necessariamente perpassar pelo aspecto ambiental, por isso, neste trabalho usaremos a denominação CTS, mesmo quando quisermos destacar os desdobramentos ambientais.

Destacamos ainda, que os currículos com ênfase nas relações CTS foram desenvolvidos nos países industrializados: nos EUA, na Inglaterra, nos Países Baixos, entre outros, “motivado pelas mudanças culturais em curso, ou seja, pela maior politização da C&T” (AULER; BAZZO, 2001, p.2). Percebeu-se que a forma tradicional de ensinar Ciências não estava preparando o cidadão para atuar em questões que envolvessem a Ciência e a Tecnologia. Aikenhead (2005) aponta como as principais evidências do fracasso do ensino tradicional de Ciências, o declínio no número de matrícula nos cursos de Ciências; os mitos transmitidos aos alunos acerca da Ciência e da atividade científica e a falta de significado dos conteúdos para a maioria dos estudantes em seu cotidiano. Dessa forma, a aprendizagem das disciplinas ditas científicas na escola tem sido marcada pela memorização de conceitos e fórmulas, de maneira dissociada contexto cultural e tecnológico que permeia a vida dos estudantes (AIKENHEAD, 2005, SANTOS, 2007b; SCHNETZLER, 2004).

Aikenhead (2005) relata que várias pesquisas têm buscado avaliar os benefícios do ensino de Ciências com enfoque CTS. Essas investigações mostram que, em relação ao ensino tradicional, o ensino de Ciências na perspectiva CTS:

- proporciona aos alunos uma maior compreensão das questões sociais internas e externas à Ciência e das interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, dependendo de como o conteúdo é enfatizado pelo professor;
- melhora significativamente as atitudes dos alunos em relação à Ciência, às aulas desta matéria e à aprendizagem;

- desenvolve habilidades, tais como a aplicação do conteúdo científico em eventos diários, a criatividade, a criticidade e a tomada de decisão, desde que essas habilidades sejam explicitamente praticadas e avaliadas;

A organização curricular do ensino de Ciências com abordagem CTS é feita através de temas sociais que possibilitem uma discussão acerca dos aspectos econômicos, sociais, culturais, éticos associados à C&T (RAMSEY, 1993). Santos e Mortimer (2009) citam que esses temas têm sido denominados questões sociocientíficas ou temas sociocientíficos, no entanto, ambos preferem designar aspectos sociocientíficos (ASC). De acordo com Ramsey (1993), numa perspectiva de ensino CTS, os temas devem ter natureza controversa, isto é, possibilitar a ocorrência de opiniões divergentes a seu respeito, envolvendo diferentes crenças e valores, devem também ter significado social, além de serem relativos à Ciência e à Tecnologia.

A abordagem de temas sociais propicia a contextualização, tendo em vista que, o conhecimento isolado não prepara o estudante para a vida social. Para muitos contextualizar se resume a mencionar questões da vivência do aluno. Porém, a simples inclusão de questões do cotidiano não implica a discussão de aspectos relevantes para a formação cidadã, nem motiva os estudantes para se interessarem por Ciências. Contextualizar implica tornar conteúdo científico mais relevante socialmente. Isso pode ser alcançado a partir de uma abordagem crítica e reflexiva a cerca de situações problemáticas e reais, em que a compreensão e a solução de tais situações perpassem o conteúdo científico e englobem aspectos sociais, econômicos e políticos. Um exemplo desse tipo de situação é a gestão de resíduos/rejeitos eletroeletrônicos, objeto de interesse de nosso trabalho. Adicionalmente, a contextualização deve buscar o desenvolvimento de atitudes e valores aliados à capacidade de tomada de decisões responsáveis, contribuindo para o letramento científico (SANTOS, 2007b).

Portanto, uma finalidade relevante da abordagem temática é fazer com que o aluno perceba todas as questões envolvidas com o desenvolvimento científico-tecnológico, possibilitando sua sensibilização e seu engajamento como cidadão nas questões relativas à Ciência e à Tecnologia na sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2002; 2009).

Nessa perspectiva, são sugeridas diferentes estratégias para abordar temas sociocientíficos em processos de ensino-aprendizagem. Santos e Mortimer (2002), fazendo uso de diversos autores da literatura internacional, apontam entre outras, as seguintes estratégias utilizadas no ensino CTS: palestras, demonstrações, sessões de discussão, solução de problemas, jogos de simulação e desempenho de papéis, fóruns, debates, uso de fatos da história e da Ciência, discussões em grupos sobre vídeos envolvendo questões científicas e

tecnológicas, construção de modelos de artefatos tecnológicos e atividades de tomada de decisão.

Visando superar a excessiva fragmentação curricular, o ensino com enfoque CTS tem como pressuposto a interdisciplinaridade. Visto que, os temas sociais da atualidade, por sua complexidade, não podem ser compreendidos por um único viés, mas pela inter-relação de vários campos do conhecimento (AULER, 2007; RAMSEY, 1993).

A repercussão do movimento CTS no campo educacional brasileiro pode ser considerada incipiente, de acordo com Auler (2007), porque as iniciativas ainda são muito isoladas, não traduzidas em programas institucionais. Segundo Santos (2007b), inovações no ensino de Ciências vêm sendo desenvolvidas no Brasil desde 1960. Apesar disso, só a partir de 1990 começaram a surgir propostas com ênfase em CTS.

Ao analisarmos os documentos oficiais que orientam o ensino de Ciências no Brasil, percebemos que estes incorporam aspectos da educação em CTS. A Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB (BRASIL, 1996), traz como finalidade da educação a preparação indispensável para o exercício da cidadania, recomendando a adoção de novas metodologias de ensino e avaliação que estimulem a participação dos alunos. Em seu artigo 36, inciso I, a LDB ressalta que o ensino médio:

[...] destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da Ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania.

Por isso, muito mais que ensinar conteúdos científicos o ensino de Ciências deve preparar o aluno para entender as condições em que esse conhecimento é construído, além de fazer com que os estudantes percebam os interesses e os valores atrelados à produção científico-tecnológica, sendo capaz de se posicionar e tomar decisões responsáveis frente aos problemas atuais da sociedade.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) também apresentam, nas orientações específicas para as Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, recomendações compatíveis com o ensino de CTS. Nesse documento, as disciplinas estão agrupadas por áreas e enfatizam a dimensão tecnológica:

Ao se denominar a área como sendo não só de Ciências e Matemática, mas também de suas Tecnologias, sinaliza-se claramente que, em cada uma de suas disciplinas, pretende-se promover competências e habilidades que sirvam para o exercício de intervenções e julgamentos práticos. Isto significa, por exemplo, o entendimento de equipamentos

e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, de um significado amplo para a cidadania e também para a vida profissional (BRASIL, 2000, p. 6-7).

Os PCNEM destacam ainda a importância da contextualização, recomendando a abordagem de temas de forma interdisciplinar e atividades que promovam a participação ativa dos alunos:

O Ensino Médio concebido para a universalização da Educação Básica precisa desenvolver o saber matemático, científico e tecnológico como condição de cidadania e não como prerrogativa de especialistas. O aprendizado não deve ser centrado na interação individual de alunos com materiais instrucionais, nem se resumir à exposição de alunos ao discurso professoral, mas se realizar pela participação ativa de cada um e do coletivo educacional numa prática de elaboração cultural. É na proposta de condução de cada disciplina e no tratamento interdisciplinar de diversos temas que esse caráter ativo e coletivo do aprendizado afirmar-se-á (BRASIL, 2000, p. 6-7).

Por sua vez, as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) também enfatizam a importância da interdisciplinaridade e da contextualização, como pode ser visto no trecho:

O diálogo entre as disciplinas é favorecido quando os professores dos diferentes componentes curriculares focam, como objeto de estudo, o contexto real – as situações de vivência dos alunos, os fenômenos naturais e artificiais, e as aplicações tecnológicas (BRASIL, 2006, p. 103).

Santos e Mortimer (2002) trazem algumas sugestões de temas que podem ser abordados no contexto educacional brasileiro, dentre elas destacamos: a exploração mineral e o desenvolvimento científico, tecnológico e social; ocupação humana e poluição ambiental; o destino do lixo e o impacto sobre o meio ambiente; processo do desenvolvimento industrial brasileiro; a dependência tecnológica num mundo globalizado; a preservação ambiental e as políticas de meio ambiente.

Dessa forma, acreditamos que o ensino de Ciências deva auxiliar os alunos a decidirem de maneira racional e responsável sobre as questões relacionadas à Ciência e à Tecnologia, visto que, tais questões estão cada vez mais enraizadas na sociedade contemporânea e, muitas vezes, exigem dos indivíduos e da sociedade um posicionamento. Entretanto, essa tomada de decisão racional e responsável exige dos indivíduos habilidades tais como: problematizar situações, formular conclusões e justificá-las a partir de dados coerentes, contra-argumentar, refutar, entre outras habilidades, que precisam ser

desenvolvidas e estimuladas pelo exercício do discurso argumentativo. Assim, defendemos que nas abordagens de ensino com enfoque CTS as situações argumentativas são fundamentais para a promoção do letramento científico dos estudantes.

2 ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Pesquisas atuais em educação científica têm salientado a notável contribuição das investigações que buscam analisar a dimensão discursiva dos processos de ensino e aprendizagem no contexto da sala de aula. Essas pesquisas mostram que a linguagem é um elemento fundamental para aquisição do conhecimento científico escolar (CAPECCHI; CARVALHO; SILVA, 2002; JIMENEZ; BUSTAMANTE, 2003; VILLANI; NASCIMENTO, 2003). Bortoleto e Carvalho (2009, p. 2) acreditam que além de propiciar a comunicação, a linguagem possibilita as manifestações “autoreflexivas”, ou seja, permite o entendimento do processo de construção do conhecimento do indivíduo. Segundo estes autores, a dimensão autoreflexiva da linguagem permite o entendimento da Ciência como uma prática social.

É justamente por esta característica autoreflexiva que cria as condições para que haja a possibilidade do reconhecimento de erros e a investigação das concepções de ordem éticas e morais, além de habilidades para análise da realidade sócio-científica e suas interconexões com o conhecimento construído em sala de aula.

Porém, percebe-se que, na maioria das vezes, as aulas de Ciências são conduzidas por meio de um discurso de autoridade. Este acontece por meio de monólogos, desprezando, dentre outras coisas, o conhecimento prévio dos estudantes. Dessa forma, somente a função comunicativa da linguagem é valorizada (MORTIMER; SCOTT, 2002). Essa prática ignora o desenvolvimento das suas habilidades discursivas e, portanto, desconsidera a dimensão autoreflexiva da linguagem. As consequências disso são inúmeras, mas uma que nos preocupa sobremaneira é o desinteresse dos jovens pela própria Ciência.

Autores como Driver, Newton e Osborne (2000), Jimenez e Bustamante (2003), Bricker e Bell (2009), Osborne (2009), Vieira e Nascimento (2009), Brito e Sá (2010), ponderam sobre o uso da argumentação como uma forma de atrair os jovens para o universo científico, dando a eles acesso as ferramentas necessárias para o fazer Ciência.

A argumentação pode ser entendida como um processo social, intelectual, de comunicação verbal ou não verbal, que pressupõe pontos de vista controversos, pois o propósito de uma argumentação seria sustentar uma alegação sobre determinado fenômeno ou recusar uma opinião⁴ oposta, a partir de um conjunto de argumentos favoráveis e contrários. Estudos trazem como finalidade da argumentação o aumento da aceitabilidade de um ponto de

⁴ Adota-se aqui a definição trazida por Breton (1999) em que o termo opinião designa um ponto de vista que sempre supõe outro ponto de vista possível, ou que refuta outros pontos de vista, como acontece em um debate.

vista controverso a partir de justificativas que visam o convencimento de um público. Esse público pode ser real, composto por várias pessoas ou virtual, quando a presença de outras pessoas é apenas presumida (VAN EEMEREN; GROOTENDORST; HENKEMANS, 2002; MENDONÇA; JUSTIS, 2013; VIEIRA; NASCIMENTO, 2009).

Driver, Newton e Osborne (2000) relatam a existência de dois significados para a argumentação. Segundo eles, argumentação é o processo de raciocínio que leva a uma conclusão, essa interpretação é conhecida como retórica. Neste, o significado é usado para relatar e convencer alguém da veracidade do discurso. Essa prática tem sido amplamente observada nas aulas de Ciências, principalmente quando o professor apresenta leis, teorias e conceitos científicos de forma ahistórica, descontextualizada, com o propósito de induzir a memorização de conceitos pelos alunos. Percebe-se nessa postura o uso de um discurso de autoridade, sendo este supostamente considerado superior ao dos alunos. Essa forma retórica da argumentação é unilateral e tem limitações no contexto educacional, pois não permite que os estudantes exponham suas opiniões e conhecimentos prévios, além de promover uma visão distorcida da atividade científica. A segunda interpretação dos autores sobre argumentação é descrita como dialógica, visto que diferentes perspectivas são consideradas para se alcançar um consenso sobre possíveis pontos de vista ou ações. Nesse sentido, a argumentação está em conformidade como a maneira que atualmente o conhecimento científico é compreendido, sendo este considerado como dinâmico, relativo, baseado em evidências e justificativas plausíveis.

A forma como se concebe a construção do conhecimento, atualmente, se distancia da visão essencialmente empirista do passado, na qual se acreditava que o conhecimento científico era baseado somente nas observações e nas conclusões deduzidas a partir delas. Hoje, a construção do conhecimento é vista como um processo social, que envolve conjecturas, explicações e argumentações. Sob essa ótica, a argumentação é central no processo de construção e defesa do conhecimento, pois faz parte da atividade científica justificar e julgar a adequação dos modelos e teorias de acordo como os conhecimentos e evidências disponíveis. De forma adicional, os construtos científicos são analisados e criticados pela comunidade científica, que muitas vezes repete e inspeciona as experiências, chegando a apresentar interpretações alternativas (DRIVER; NEWTON, 1999; DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; MENDONÇA; JUSTIS, 2013).

De acordo com Giere (2001), os cientistas constroem modelos explicativos a partir de uma série de fatores pré-existentes, como leis, teorias, bem como de relações analógicas, matemáticas e de criatividade. A partir desses fatores, são construídas hipóteses com o intuito

de verificar se o modelo é compatível ou não com a realidade. São feitas previsões partindo-se de um modelo, comparam-se dados e, posteriormente, é realizada a análise desses dados que, determinará se o modelo se ajusta ou não ao fenômeno estudado. Sendo este um processo bastante complexo. As ideias do autor indicam que a argumentação é intrínseca à Ciência por dois motivos: a necessidade de fundamentar e avaliar modelos e teorias à luz das evidências disponíveis e pelo fato dos construtos científicos serem alvo de discussão e refutação da comunidade científica.

Há que se destacar que, segundo Driver, Newton e Osborne (2000), na maioria das vezes, existem dois ou mais modelos explicativos para os fenômenos, então temos como atividade principal dos cientistas, avaliar qual desses modelos melhor se relaciona com as evidências disponíveis e, portanto, qual deles apresenta uma explicação mais convincente sobre determinado fenômeno. Os cientistas também devem levar em consideração a potencialidade do modelo explicar fenômenos análogos. Além do mais, eles precisam se comprometer em considerar as evidências como critério central para uma decisão final entre os modelos concorrentes. Esse compromisso entre a evidência e o julgamento das teorias é fundamental para a Ciência, o que o torna um aspecto digno de ser destacado na educação científica. Esse processo pode ser elucidado a partir de estratégias que promovam o entendimento de como se dá a argumentação científica. Entretanto, deve-se considerar que, os cientistas, pela própria condição humana, também são influenciados por fatores externos, como compromissos sociais e valores pessoais, bem como pela cultura e pela capacidade tecnológica da sociedade de sua época (DRIVER; NEWTON, 1999). Isto realça o caráter não neutro da Ciência, que pode ser evidenciado no ensino de Ciências por meio de estratégias que motivem os alunos a engajar-se em discussões argumentativas, especialmente as que envolvam questões sociocientíficas, visto que estas permeiam o cotidiano dos jovens (OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2002).

Leitão (2011) destaca que as diversas pesquisas que buscam compreender o papel da argumentação no processo educativo têm seguido duas direções. Na primeira, a argumentação é entendida como atividade que possibilita a apropriação do conhecimento de diversas áreas, dessa forma “argumentar para aprender” tem sido o foco desses trabalhos. Numa segunda direção, a argumentação é entendida como processo “cognitivo-discursivo”, que exige o desenvolvimento de competências discursivas particulares, como identificação, produção e avaliação de argumentos, portanto se trata do “aprender a argumentar”. A autora destaca ainda que “o engajamento em argumentação desencadeia processos cognitivos discursivos, vistos como essenciais à construção do conhecimento e ao exercício do pensamento reflexivo”,

Dessa forma, situações argumentativas podem ser identificadas em situações de ensino e aprendizagem sempre que mais de uma alternativa seja proposta para o entendimento de um assunto. Nessas situações, podem-se perceber divergências de pontos de vistas entre professor e alunos, entre alunos, e ainda em um mesmo indivíduo, sendo caracterizados como auto-argumentação, processos em que o próprio sujeito considera pontos de vista opostos. Para Leitão (2011), a autoargumentação é fundamental para a constituição do pensamento crítico-reflexivo. Entretanto, em qualquer contexto discursivo a argumentação envolve a negociação entre duas partes que discordam sobre um tema. A autora classifica essas partes como: *oponente*, que tem a tarefa de fundamentar seu ponto de vista, examinar os contra-argumentos e respondê-los e *proponente*, cabendo a esta parte a função de duvidar, questionar e propor afirmações que contestem os argumentos do oponente. Ao responder os contra-argumentos, o oponente tem a possibilidade de estabelecer novos entendimentos sobre o assunto discutido, o que torna visível o papel da argumentação na construção do conhecimento. Portanto, o exame e a exploração sistemática de diferentes alternativas são condições fundamentais para que se efetuem os mecanismos de aprendizagem e reflexão, atinentes à argumentação.

Sobre os mecanismos de aprendizagem que operam na argumentação, Leitão (2011) ressalta que esta promove um mecanismo reflexivo que permite que o pensamento do indivíduo se torne o objeto de sua reflexão, isso se dá porque a necessidade de justificar seu ponto de vista induz a uma reflexão sobre os fundamentos em que estes se sustentam, e ainda porque a necessidade de responder à oposição direciona o pensamento para os limites e a sustentabilidade de seus argumentos.

Para Baker (2009), as interações argumentativas proporcionam o aprendizado a partir de três processos: *a mudança de opinião*, que está relacionado à transformação da aceitabilidade de soluções para os problemas propostos; *a expressão de argumentos*, em que a explicação do processo de resolução de problemas, pelo aluno, pode levá-lo a uma reestruturação do próprio conhecimento e a produção de um discurso mais coerente; e *a negociação de significado*, pois a interação argumentativa pode levar a uma ampliação das atividades cognitivas por meio de um contexto especial que conduz à reflexão e negociação sobre o significado das perguntas, teses, argumentos e conceitos implícitos.

Portanto, é fundamental que o ensino de Ciências ofereça oportunidades para os alunos desenvolverem habilidades argumentativas, com o intuito de que eles compreendam e pratiquem as formas válidas de discussões que acontecem no contexto científico, visto que essas habilidades são centrais no processo de construção do conhecimento (CAPECCHI; CARVALHO; SILVA, 2002, JIMENEZ, 1998, NASCIMENTO; VIEIRA, 2008, OSBORNE

et al., 2001), no desenvolvimento do pensamento crítico-reflexivo (LEITÃO, 2011) e também para que os estudantes possam se posicionar de maneira responsável e crítica sobre as diversas questões relativas à C&T na sociedade contemporânea. Nesse sentido, torna-se importante estimular os alunos a elaborarem suas próprias explicações para determinados fenômenos, possibilitando que eles confrontem suas explicações, baseadas exclusivamente no conhecimento cotidiano, e aquelas trazidas pela Ciência. Dessa forma, os estudantes participam ativamente no levantamento de questões e na construção de respostas, em vez de serem apenas observadores passivos e podem consolidar seus conhecimentos ou reverem seus posicionamentos por meio do confronto entre diferentes explicações para um mesmo fenômeno.

Vários estudos têm mostrado as vantagens de trabalhar a argumentação no ensino de Ciências. Driver, Newton e Osborne (2000) destacam que a argumentação no ensino de Ciência possibilita:

- O desenvolvimento da compreensão conceitual, promovendo um processo de enculturação, em que os alunos passam a ter acesso à maneira que os cientistas representam o mundo, incentivando-os a utilizar as ferramentas dessa cultura;
- O desenvolvimento de competências investigativas, possibilitando aos alunos a percepção de que as teorias científicas são construções humanas, pois os dados e as observações não falam por si só e, portanto, a partir deles surgem interpretações e inferências, e estas carregam o olhar pessoal de cada cientista.
- A compreensão da epistemologia da Ciência, pois por meio da discussão de teorias concorrentes sobre diferentes explicações para os fenômenos, os alunos podem perceber a maneira que os cientistas tomam decisões racionais entre hipóteses alternativas; e
- A compreensão da Ciência como prática social, analisando como ocorreram as disputas entre teorias concorrentes no passado. Dessa forma, os alunos podem perceber como acontece o processo de construção do conhecimento dentro do contexto histórico e social.

De maneira adicional, Jimenez e Bustamante (2003) afirmam que o ensino de Ciências deve propiciar oportunidades de desenvolver entre outras capacidades, o raciocínio e a argumentação. A fim de construir modelos, explicações sobre os fenômenos e atuar sobre esses, os alunos precisam não somente aprender significativamente os conceitos envolvidos, mas também desenvolver a capacidade de escolher entre alternativas ou explicações e os critérios racionais envolvidos nesse processo.

Osborne (2009), ao falar sobre as pesquisas desenvolvidas por ele, em parceria com seus colaboradores, considera quatro elementos essenciais para a educação científica: o

desenvolvimento da compreensão conceitual; a melhora do raciocínio cognitivo; a ampliação da compreensão dos estudantes acerca da natureza da Ciência; a apresentação de uma experiência afetiva que seja tanto positiva como atrativa, ou seja, que proporcione o engajamento dos alunos. O autor considera ainda, que todos esses fatores podem ser facilitados pela abordagem da argumentação. Entretanto, ele reconhece que essa tarefa não é simples, pois a argumentação é um processo que precisa ser explicitamente ensinado, através de atividades, orientações e modelos adequados. Em conformidade com essa visão, Leitão (2011) argumenta que o trabalho com argumentação exige disposição e ações específicas por parte do professor. Este precisa desenvolver suas próprias competências argumentativas, estar atento às oportunidades - espontâneas ou planejadas - de argumentação em sala de aula, além de dominar não somente os conteúdos de sua área de atuação, mas também os raciocínios próprios dessa área.

Acrescenta-se também, o fato de vários autores ressaltarem que a argumentação pode auxiliar os alunos no processo de tomada de decisão envolvendo questões sociocientíficas. As discussões sobre tais questões, por envolverem problemas complexos e controversos, exigem habilidades argumentativas para que os alunos possam defender seu ponto de vista, tentar convencer os demais, e também para tomar uma decisão ao final do processo argumentativo. Por isso, a argumentação é uma importante ferramenta para promoção do letramento científico (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; SANTOS; MORTIMER; SCOTT, 2001).

Convém ressaltar que muitas vezes confunde-se argumentação e explicação, com nos diz Vieira e Nascimento (2013), segundo os autores pode-se diferenciar a argumentação e da explicação por meio do caráter controverso ou incontroverso das declarações. Enquanto na argumentação uma declaração tem natureza controversa, presumindo diferentes pontos de vista, na explicação uma declaração é concebida como incontestável, mesmo que necessite de desenvolvimento ou ampliação, por sua complexidade. Os autores evidenciam esta diferença associando à argumentação a palavra “opinião” e à explicação a palavra “afirmação” e salientam também que o caráter controverso ou incontroverso de uma declaração depende do contexto em que esta foi produzida.

Ainda de acordo com o trabalho de Vieira e Nascimento (2013), a argumentação requer um certo grau de simetria entre os interlocutores, para que as diferentes opiniões sejam vistas como prováveis. Ao passo que, na explicação, um interlocutor é reconhecido como porta-voz de um determinado assunto, evidenciando uma assimetria entre os interlocutores. Analisando o contexto educativo, muitas vezes a figura do professor se mostra bastante assimétrica em relação a seus alunos. Porém, essa assimetria pode ser atenuada pela maneira

como o professor conduz a aula, favorecendo assim, a ocorrência de situações argumentativas. Isso pode ser alcançado por meio de perguntas eliciativas ou por outras estratégias que visem estimular a participação ativa dos alunos. Outro aspecto que contribui para que as situações argumentativas ocorram na sala de aula é o assunto a ser abordado. Sendo que, os estudantes têm mais facilidade de expor seus pontos de vista em assuntos de domínio abrangente, ao passo que, quando não têm nenhuma familiaridade com o conteúdo, tendem a aceitar o ponto de vista do professor como legítimo.

Dentre as estratégias utilizadas para desenvolver a argumentação no ensino de Ciências, destacamos o método de Estudo de Caso empregado por Sá e Queiroz (2010). Esse método consiste na utilização de narrativas, denominadas de casos, sobre impasses vivenciados por personagens que necessitam tomar decisões importantes. Por meio dessas narrativas, os estudantes são estimulados a investigar os aspectos científicos e sociocientíficos envolvidos, na busca de soluções para os dilemas apresentados.

As recomendações trazidas por Herreid (1998) podem auxiliar os professores na elaboração de casos direcionados para objetivos e conteúdos específicos. Segundo esse autor, um bom caso deve: 1) narrar uma história; 2) despertar o interesse pelo assunto; 3) ser atual; 4) gerar empatia com os personagens; 5) incluir falas dos personagens; 6) ser relevante para o leitor; 7) ter uma finalidade pedagógica; 8) provocar divergências; 9) força a tomada de decisão; 10) ter aplicabilidade geral; e por fim, 11) ser curto.

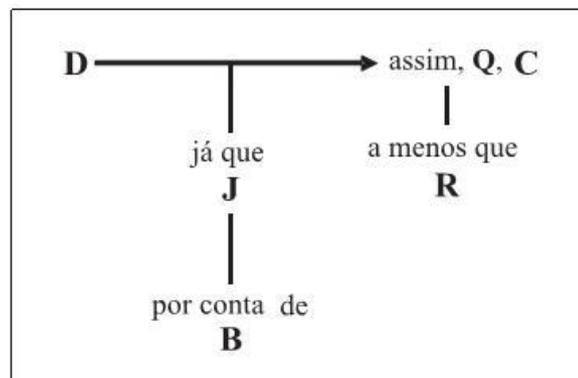
Alguns autores consideram que o debate também seja uma estratégia capaz de promover a argumentação em aulas de Química, pois valoriza a participação dos alunos e provê um ambiente propício para exposição e discussão sobre suas concepções (ALTARUGIO; DINIZ; LOCATELLI, 2010; FATARELI; FERREIRA; QUEIROZ, 2011).

No que se referem às análises dos argumentos, várias pesquisas têm buscado esclarecer o processo de desenvolvimento da argumentação, propondo ferramentas metodológicas que auxiliem a investigação de como os alunos produzem a argumentação no ensino de Ciências. Dentre esses instrumentos, destacamos o modelo proposto por Toulmin, a ferramenta de análise da teoria pragma-dialética, proposta por van Eemeren e Grootendorst, e o método de análise proposicional apresentado por Vieira e Nascimento e o método de análise de argumentação, aplicável a processos de resolução de questões sociocientíficas, proposto por Sá (2010), cujas características explicaremos mais adiante.

O modelo de Toulmin (2001) tem sido um instrumento muito utilizado na investigação da argumentação no ensino de Ciências, sendo adaptado por outros autores, para as situações de ensino (BRICKER; BELL, 2009; CAPECCHI; CARVALHO; SILVA; 2002, DRIVER;

NEWTON; OSBORNE, 2000; JIMÉNEZ, 1998; JIMÉNEZ, 2003; VILLANI; NASCIMENTO, 2003). Este modelo consiste numa representação das relações entre os elementos constitutivos da argumentação, que pode ser visto na Figura 1. O autor considera como os principais componentes do discurso argumentativo: o dado (D), fatos que fundamentam as alegações; a conclusão (C), afirmações que se pretende estabelecer como verdadeiras; a justificativa (J), alegações que justificam a conexão entre os dados e a conclusão; o apoio (A), afirmativa que confirma a justificativa; o qualificador (Q), especificações das condições necessárias para que uma justificativa seja válida; e a refutação (R), que especifica as condições que invalidam a justificativa.

Figura 1 - Modelo de Toulmin: componentes do argumento e suas relações.



Fonte: (adaptação: Toulmin, 2001, p. 150)

Toulmin também destaca a existência dos termos campo-dependentes e campo-independentes, sendo que os dados, a conclusão e a justificativa devem existir em todos os contextos, pois são fundamentais para a consistência do argumento. Estes três componentes são considerados campo-independente. Já o campo-dependente está relacionado à diferença de aceitabilidade em diferentes contextos, visto que, “uma garantia pode ser considerada uma justificativa satisfatória num contexto, mas insatisfatória em outro” (MENDONÇA; JUSTIS, 2013, p.192). Além dos elementos já citados, o *backing*, consiste numa garantia baseada em alguma lei jurídica ou científica que fundamenta a justificativa.

Capecchi, Carvalho e Silva (2002) analisando as vantagens do uso do modelo de Toulmin, consideram que este:

- revela o papel das evidências na elaboração das alegações;
- relaciona os dados e a conclusão por meio das justificativas de caráter hipotético;
- realça as limitações das teorias;
- destaca a sustentação de determinada teoria em outras teorias;

- envolve a capacidade de análise diante de teorias concorrentes a partir das evidências apresentadas por cada uma delas;
- possibilita o entendimento de como o conhecimento científico é construído.

Por esses fatores, os autores acreditam que esse modelo seja uma importante ferramenta para a compreensão da argumentação no pensamento científico.

Contudo, Driver e colaboradores (2000) apontam algumas limitações ao uso do modelo de Toulmin, que devem ser consideradas nas situações de ensino. Os autores consideram que embora ele possa ser utilizado para avaliar a estrutura dos argumentos, não conduz ao julgamento da veracidade ou da adequação do argumento, sendo necessária a introdução de conhecimentos específicos sobre o assunto em análise. Eles acreditam que esse modelo desconsidera o contexto em que os argumentos foram construídos, além de não contemplar a construção coletiva do argumento. Em seus trabalhos, Vieira e Nascimento (2008) e Mendonça (2011) também reconhecem a existência de limitações no uso do modelo de Toulmin, mas acreditam que elas são produtos da utilização do padrão em outros campos que não aqueles inicialmente propostos por Toulmin, por isso, se faz necessária a ampliação de estudos que criem e aperfeiçoem adaptações do padrão para o seu uso no contexto educacional.

Jimenez, Pérez e Castro (1998)⁵, citados por Villani e Nascimento (2003), utilizaram o modelo de Toulmin para identificar os componentes da argumentação nas falas de seus alunos e especificaram os diferentes tipos de dados, afirmações ou enunciados que podem formar o argumento deles em uma aula de Ciências. Os autores classificaram o dado (D) como: dado fornecido (DF) pelo professor ou pelo livro ou roteiro de experimento ou como um dado obtido (DO). Dados obtidos podem ainda ser classificados como dado empírico (DE), se resulta de uma experiência de laboratório ou ainda como dado hipotético (DH). Os enunciados são classificados em hipóteses e conclusão, sendo denominado de oposição, enunciados que questionam a validade de outro.

Tendo como base o padrão de Toulmin, Osborne, Erduran e Simon (2002) desenvolveram algumas categorias para analisar a qualidade da argumentação dos alunos em sala de aula. Na metodologia proposta por esses autores, a qualidade da argumentação é determinada pela combinação entre os diferentes componentes do argumento, de acordo com Toulmin. Assim, os argumentos de melhor qualidade são aqueles que apresentam uma maior combinação de componentes. Ou seja, um argumento que possua apenas “dado-justificativa-

⁵ JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P.; PÉREZ, V. A.; CASTRO, C.R. Argumentación em el laboratorio de Física. **Atas do VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física** - EPEF, Florianópolis-SC, 1998.

conclusão” é menos sofisticado do que outro que contenha “dado-justificativa-refutação-conclusão. Assim, os autores sugerem combinações de componentes como forma de indicar a crescente complexidade dos argumentos: CDJ (conclusão-dado-justificativa); CDJB (conclusão-dado-justificativa-*backing*); CDJR (conclusão-dado-justificativa-refutação); CDJQ (conclusão-dado-justificativa-qualificador); CDJBQ (conclusão-dado-justificativa-*backing*-qualificador); CDJBQR (conclusão-dado-justificativa-*backing*-qualificador-refutação). As categorias correspondem a níveis de qualidade baseados na complexidade dos argumentos utilizados e na interação entre diferentes ideias. Nessa classificação, o nível 0 (zero) corresponde a argumentos incompletos que por isso, não sofrem questionamentos, enquanto o nível 1 (um) corresponde a argumentos incompletos que apresentam justificativas, já o nível 2 (dois) corresponde a argumentos conflitantes, o nível 3 (três) a argumentos que usam qualificadores ou refutantes e, por fim, o nível 4 (quatro) que se refere a julgamentos que integram diferentes argumentos.

Outro instrumento de análise discursiva encontra-se fundamentado no trabalho de Vieira e Nascimento (2013), Esse método consiste na segmentação da fala dos participantes do discurso em proposições, que são a menor unidade de significado num contexto discursivo e englobam tanto aspectos linguísticos, como sociolinguísticos. Após a segmentação das proposições, feita a partir de transcrições e registros em áudio e vídeo, as proposições com mesmos significados ou funções são agrupadas em procedimentos didáticos discursivos (PDD), que os autores definem como “conjunto de proposições que apresentam um significado convergente” (p.78). Esses autores salientam ainda que existe uma diversidade discursiva, utilizam o termo “orientações discursivas” para designar os modos de organização da linguagem em sala de aula, sendo que para investigar o discurso em aulas de Ciências apontam para seis orientações relevantes: argumentativa, explicativa, narrativa, descritiva, dialogal e injuntiva.

Adicionalmente, oferece meios que permitem identificar como os indivíduos envolvidos segmentam e constroem tais proposições. A identificação dessas proposições ocorre por meio das pistas de contextualização que são “expressões comunicativas linguísticas e não-linguísticas, que sinalizam para os sujeitos em interação (e para analistas), como interpretar as intenções e significados emergentes das interações discursivas.” (p. 50), permitindo assim, a análise dos significados que os indivíduos constroem nos discursos, em diferentes contextos. Podendo ser usado para anteceder ou mediar o processo de análise com o padrão de Toulmin.

Já a teoria Pragma-dialética proposta por Van Eemeren Grootendorst, consiste numa estrutura de análise, orientada por um conjunto de regras para promover uma discussão crítica. Nessa perspectiva, entende-se que uma discussão crítica seja a troca de opiniões que visa determinar a aceitabilidade de uma alegação referente ao assunto em questão. Adicionalmente, a análise das discussões, nessa perspectiva, leva em consideração o contexto histórico-cultural no qual os participantes estão inseridos (BORTOLETTO; CARVALHO, 2009; MENDONÇA, 2011).

A Pragma-dialética considera que o processo argumentativo divide-se em quatro etapas: *o confronto*, nessa fase define-se as diferentes opiniões; *a abertura*, que é o início da discussão; *a argumentação*, que corresponde à troca de argumentos e críticas com o intuito de resolver as diferenças de opinião; e, por fim, *a conclusão*, que determina o resultado da discussão (VAN EEMEREN; GROOTENDORST, 2004). A teoria ainda apresenta dez regras, expressas no Quadro 1, que precisam ser seguidas em todas as fases da discussão para se garantir a qualidade do debate argumentativo.

Quadro 1 - Regras da pragma-dialética para a discussão crítica.

1	Cada uma das partes não deve evitar ou impedir que a outra avance no seu ponto de vista.
2	Uma parte que avança um ponto de vista é obrigada a defendê-lo se a outra parte solicitar.
3	Um ataque de uma parte a um ponto de vista deve estar relacionado ao ponto de vista que realmente está sendo defendido pela outra parte.
4	Uma parte deve defender um ponto de vista somente pelo avanço da argumentação relacionada àquele ponto de vista.
5	Uma parte não deve repudiar uma premissa implícita ou falsamente apresentar alguma coisa como premissa não expressa pela outra parte.
6	Uma parte não pode apresentar falsamente uma premissa como ponto de partida aceito, nem negar uma premissa que representa um ponto de partida aceito.
7	Uma parte não pode dizer que um ponto de vista está conclusivamente defendido se a defesa não teve lugar por meio de esquemas de argumentação apropriados.
8	Uma parte só pode usar argumentos que sejam logicamente válidos ou capazes de ser validados por tornar explícito uma ou mais premissas não expressas.
9	Uma defesa falha de um ponto de vista deve resultar no protagonista retratá-la, enquanto uma defesa conclusiva de um ponto de vista deve resultar do antagonista retratar a dúvida.
10	Uma parte não deve usar formulações que sejam insuficientemente claras ou confusamente ambíguas e uma parte deve interpretar as formulações da outra parte tão cuidadosamente quanto possível.

Fonte: (MENDONÇA, 2011, p. 66)

Segundo Silva (2010), a teoria pragma-dialética indica que cinco aspectos fundamentais para o discurso argumentativo, são: a natureza da diferença de opinião, a distribuição dos papéis entre os participantes, as premissas que compõem argumentos e

conclusões, a estrutura da argumentação e os esquemas de argumentação. Esses encontram-se resumidos no Quadro 2.

Quadro 2 – Síntese Analítica para avaliar o discurso argumentativo.

1. Natureza da diferença de opinião	Simples: se houver apenas uma proposição em questão na discussão.
	Múltiplo: se houver mais de uma proposição.
	Misto: se a outra parte não está apenas duvidando, mas adota um ponto de vista oposto.
	Não misto: se o ponto de vista de uma parte encontrar apenas uma dúvida da outra parte.
2. Distribuição dos papéis entre os participantes	Protagonista: é quem tem a obrigação de defender o ponto de vista em questão.
	Antagonista: é quem tem a obrigação de responder criticamente ao ponto de vista e à defesa do protagonista
3. Premissas que compõem argumentos e conclusões	Explícito: elementos expressos no discurso.
	Implícito: elementos que foram omitidos no discurso.
4. Estrutura da argumentação	Simples: em que há um ponto de vista e um argumento para defendê-lo.
	Múltipla: em que existe um ponto de vista e mais de um argumento para defendê-lo independentemente.
	Coordenativa: consiste de um ponto de vista e mais de um argumento interdependente para defendê-lo.
	Subordinativa: na qual um ponto de vista é defendido por um argumento que é defendido por um sub-argumento, que é defendido por um sub-sub-argumento e assim sucessivamente.
5. Esquemas de argumentação	<p>Argumentação baseada em relação sintomática ou indicativa:</p> <p>Y é verdade de X, Porque: Z é verdade de X, E: Z é indicativo de Y. Questões críticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Há também outro não Y que tem a característica Z? • Há também outro Y que não tem a característica Z?
	<p>Argumentação baseada em relação de analogia:</p> <p>Y é verdade de X, Porque: Y é verdade de Z, E: Z é comparável a X. Questão crítica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Há alguma diferença significativa entre Z e X?

Fonte: (MENDONÇA, 2011, p. 65).

Ao analisar os quatro primeiros aspectos dessa ferramenta metodológica, a autora faz algumas pontuações importantes. Para Silva (2010), classificar a natureza da diferença de opinião, como simples ou mista e múltipla ou não múltipla, permite a análise dos diferentes pontos de vista em questão e suas complexidades. Entretanto, dois fatores devem ser considerados: a complexidade dessa distinção exige bastante atenção do professor ou

pesquisador e a existência de diferentes níveis hierárquicos entre as diferenças de opinião, podendo haver uma que seja principal.

Em relação ao papel exercido pelos participantes, estes podem assumir o caráter de protagonista ou antagonista, os quais podem manifestar diferentes níveis de oposição. Quando um antagonista tem uma opinião formada sobre o assunto em questão, o protagonista terá que apresentar argumentos bem estruturados e mais convincentes para que seu ponto de vista seja aceito. Porém, quando o antagonista não apresenta uma opinião bem formada, expondo apenas suas dúvidas quanto ao que defende o protagonista, o nível de oposição é menor. A autora considera que o professor pode assumir ambos os papéis, e que essa alternância contribui na resolução de diferença de opinião.

No que diz respeito às proposições que formam argumentos e conclusões, estas podem estar implícitas ou explícitas, visto que o conhecimento do contexto possibilita identificar elementos implícitos. No contexto educacional, conhecer os elementos implícitos permite que eles sejam expostos, para que possa haver uma negociação de significados e aprendizagem coletiva (SILVA, 2010). Particularmente, não consideramos a aprendizagem coletiva, visto que o aprender exige um processo interno individual e está diretamente ligado a experiências singulares de cada pessoa.

Ao considerar que a argumentação pode assumir diferentes estruturas, evidencia-se que os argumentos apresentam diferentes graus de complexidade. Já no contexto escolar, há situações em que a estrutura da argumentação simples é suficiente para resolver a diferença de opinião, mas outras situações exigem uma argumentação mais complexa, que necessita utilizar diversos elementos para apoiar o ponto de vista (SILVA, 2010).

Mendonça (2011) em seus estudos constata que os pesquisadores da área de ensino de Ciências não têm se utilizado da teoria pragma-dialética como ferramenta analítica. No contexto brasileiro, apenas Silva (2010) e Bortoletto e Carvalho (2009) utilizaram esse instrumento na análise das argumentações produzidas em suas pesquisas.

Bortoletto e Carvalho (2009) consideram que, implicitamente, essa ferramenta possibilitou resolver a diferença de opinião, porém perceberam também a construção de argumentos falaciosos e incompletos. Os autores observaram também que a decisão a respeito de um ponto de vista não aconteceu de forma colaborativa, mas sim, por meio de apontamentos individuais e estratégicos.

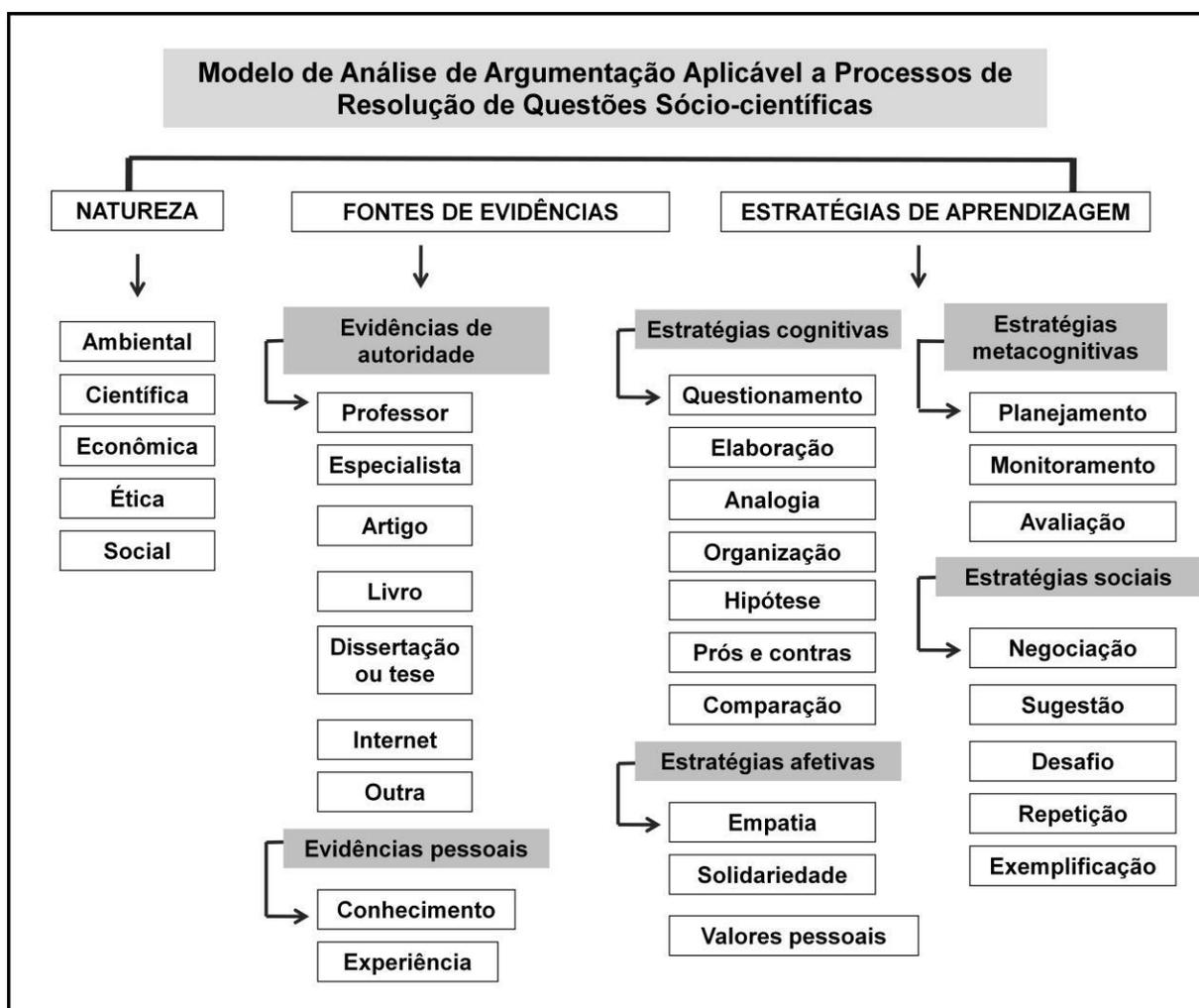
Contudo, de acordo com Silva (2010), a pragma-dialética permite identificar os argumentos implícitos na argumentação dos alunos, além de possibilitar conhecer a maneira que como os estudantes organizam suas ideias, destacando o modo como os indivíduos

interagem para resolver as diferenças de opinião. A autora também constatou em sua pesquisa a existência de uma grande quantidade de elementos implícitos nos discursos. Isso pode ser responsável pela dificuldade de identificar as situações argumentativas, além de explicar o motivo pelo qual algumas pesquisas evidenciam que a argumentação seja inexistente ou pouco complexa, nas salas de aula de ciências.

Porém, para utilização dessa teoria como ferramenta de análise, foi necessário que a autora elaborasse algumas adaptações que permitiram: detalhar o discurso argumentativo produzido em sala de aula; acompanhar o surgimento dos pontos de vista e dos argumentos e a interação do professor, ao longo da discussão; e ampliar sua visão sobre a interação argumentativa. Assim, a autora elaborou três novas formas de representação das situações argumentativas.

Sá (2010), em sua dissertação de doutorado, também elaborou um instrumento de análise discursiva, o Modelo de Análise de Argumentação Aplicável a Processos de Resolução de Questões Sócio-científicas, que foi desenvolvido para analisar argumentações em contextos que envolviam situações de apresentação oral sobre a resolução de casos e debates entre grupos. Esse modelo leva em consideração três perspectivas de análise no processo de resolução de casos, são elas: 1ª) a natureza dos critérios utilizados pelos alunos, que podem ser de caráter social, ambiental, econômico, ético e/ou científico; 2ª) as fontes de evidências usadas na construção dos argumentos para dar confiabilidade às informações apresentadas; e 3ª) as estratégias de aprendizagem para defender os argumentos. A autora apresenta o Modelo em um quadro, explicitado na Figura 2.

Figura 2 – Modelo de Análise de Argumentação Aplicável a Processos de Resolução de Questões Sócio-científicas.



Fonte: (SÁ, 2010, p. 83).

Cada uma das perspectivas de análise do Modelo, representado na Figura 2, com suas respectivas classificações e definições foram descritas pela autora em sua tese de doutorado e encontram-se no Quadro 3.

Como a atividade que analisaremos envolve um debate entre grupos sobre uma questão sociocientífica, disponibilizada por meio de estudo de caso, consideramos que o Modelo de Análise de Argumentação proposto por Sá (2010) será uma ferramenta valiosa para analisarmos a qualidade da argumentação produzida pelos alunos. Também utilizaremos para essa análise, o modelo de Toulmin porque acreditamos que ele facilitará a identificação dos componentes dos argumentos que serão produzidos, e assim, poderá nos conduzir na análise da qualidade dessa argumentação.

Quadro 3 – Descrição do Modelo de Análise de Argumentação Aplicável a processos de resolução de questões sócio-científicas.

Perspectiva de análise	Classificação	Definições
Natureza	Ambiental, Científica, Econômica, Ética ou Social	Natureza dos critérios considerados pelos alunos na resolução do caso.
Fontes de evidências	Evidência de autoridade Professor, Especialista Artigo (de Pesquisa ou de Divulgação científica) Livro, Dissertação ou tese, Internet e Outras	Fontes de pesquisa utilizadas como forma de garantir a confiabilidade às informações fornecidas, ocultar ignorância sobre um determinado assunto ou exemplificação.
	Evidência pessoal Conhecimento prévio Experiência pessoal	Informação proveniente de evidências pessoais do indivíduo
Estratégias Cognitivas	Questionamento	Refutação da validade dos argumentos dos oponentes ou de alguma informação relacionada ao caso.
	Elaborações	Estabelecimento de conexões entre o material novo a ser aprendido e o material antigo e familiar.
	Analogia	Estabelecimento de relação entre fatos que apresentam aspectos em comum.
	Organização	Estruturação do material a ser aprendido, seja pela subdivisão em partes, seja pela identificação de relações.
	Hipótese	Levantamento de hipóteses relacionadas ao problema ou à sua resolução.
	Apresentação de prós e contras	Análise das vantagens e desvantagens das alternativas de solução para o caso.
	Comparação	Análise comparativa entre as possíveis causas para o problema ou às distintas alternativas de solução para o caso.
Estratégias Metacognitivas	Planejamento	Planejamento das ações necessárias para solução do caso.
	Monitoramento	Acompanhamento e controle das ações relacionadas à resolução do caso.
	Avaliação	Avaliação dos efeitos das decisões tomadas a respeito do caso.
Estratégias Afetivas	Empatia	Demonstração de empatia com o problema vivenciado pelo personagem do caso.
	Solidariedade	Solidariedade em relação aos colegas.
	Valores pessoais	Considerações baseadas e valores pessoais.
Estratégias Sociais	Negociação	Negociação entre indivíduos com diferentes ideias na busca de consenso.
	Sugestão	Sugestões de modificações em relação às ideias ou atitudes dos outros.
	Desafio	Provocação em relação às ideias dos opositores.
	Repetição	Repetição de uma informação não compreendida para tornar mais clara a explicação.
	Exemplificação	Apresentação de exemplos de modo a tornar clara uma ideia não compreendida ou mostrar a viabilidade de uma solução em outras situações.

Fonte: (Adaptação: SÁ, 2010, p. 84-85).

Pelo exposto neste capítulo, acreditamos que estratégias que promovam a argumentação nas aulas de Ciências podem tanto melhorar a aprendizagem dos alunos em Ciências, como auxiliá-los nos processos de tomada de decisão em assuntos atuais relacionadas à C&T. Dessa forma, a argumentação apresenta-se como uma importante ferramenta para a promoção do letramento científico. Dentre as questões relacionadas à C&T na sociedade contemporânea que exigem um posicionamento mais crítico dos indivíduos, destacamos a problemática do lixo eletrônico. Consideramos que a abordagem deste tema no contexto educativo possibilita uma reflexão acerca de diversos aspectos: a produção dos equipamentos eletrônicos associada à exploração de metais raros como o nióbio; a obsolescência programada; os hábitos de consumo da sociedade moderna, bem como a falta de gestão para destinação final dos resíduos eletrônicos.

Desse modo, esta temática pode desenvolver nos estudantes uma visão mais crítica ao relacionar os aspectos sociais, políticos e econômicos envolvidos no consumo e no descarte dos equipamentos eletroeletrônicos, além de possibilitar o desenvolvimento de diversos conteúdos científicos, dentre eles os relativos à eletroquímica. Além disso, a discussão deste assunto vai ao encontro das perspectivas da LDB, dos PCNEM e da OCNEM, ao buscar a promoção da cidadania, a interdisciplinaridade e a contextualização.

3 RESÍDUO ELETROELETRÔNICO COMO TEMA SOCIOCIENTÍFICO NO ENSINO DE QUÍMICA

Como exposto no primeiro capítulo, um dos grandes desafios para os professores de Química é fazer a ponte entre o conteúdo ensinado e a vivência dos alunos, visto que, na maioria das escolas o ensino de Química é desenvolvido de forma descontextualizada e dogmática. Então, consideramos que a abordagem temática apresenta-se como uma maneira de contextualizar os conteúdos, tornando-os mais significativos para os estudantes, além de possibilitar a análise das questões sociais intrínsecas aos temas (SANTOS, 2007b). Nesse sentido, no ensino de Ciências com enfoque CTS, o uso de temas sociocientíficos deve conduzir a uma reflexão acerca dos aspectos, históricos, sociais, econômicos e políticos que estão ligados ao conhecimento científico. Ressaltando a importância de que os alunos entendam como a Ciência explica os fenômenos relacionados às temáticas escolhidas, no caso desse trabalho, o lixo eletrônico.

De acordo com os critérios trazidos por Ramsey (1993), o tema lixo eletrônico pode ser considerado um tema social, pois é relativo à Ciência e à Tecnologia e nos permite discutir a dependência, cada vez maior, dos aparelhos eletroeletrônicos e os hábitos de consumo da sociedade moderna. De maneira adicional, essa temática insere pontos de vista controversos. Se de um lado, os equipamentos eletroeletrônicos trazem benefícios incontestáveis à sociedade, de outro, contribuem para a geração de resíduos de difícil gestão, dada sua composição e reatividade. Isso traz consequências para todos de forma indiscriminada, devido às especificidades e quantidades de resíduos gerados, de recursos naturais extraídos e da mão de obra explorada. Além disso, a discussão da gestão desse tipo de resíduo envolve aspectos éticos e morais, que confrontam o modelo de desenvolvimento capitalista, que não tem como pressuposto a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações.

Esse modelo de desenvolvimento passou a dominar o mundo a partir da Revolução Industrial, sendo caracterizado pela propriedade privada do capital e delineado pelos valores do livre comércio, da competição, do individualismo e do Estado mínimo. A promoção de desigualdades tem sido observada como uma característica marcante do capitalismo, visto que as diferenças entre ricos e pobres tem aumentado até mesmo nos países desenvolvidos (SINGER, 2004). Como consequência dessa lógica de desenvolvimento, temos uma grande desigualdade na distribuição de renda mundial, pois, segundo estudo publicado pelo Instituto Mundial de Desenvolvimento e Pesquisa Econômica da Universidade das Nações Unidas, 2% da população adulta mais rica detêm mais de 50% patrimônio mundial, enquanto os 50% de

pessoas mais pobres detêm apenas 1% da riqueza do planeta (DAVIES *et al.*, 2008). Essa desigualdade é exacerbada também quando se compara as nações, isto é, os estudos de Singer (2004) apresentam dados em que o consumo individual de recursos naturais é 10 vezes maior nos países mais desenvolvidos do que nos países menos desenvolvidos.

No modelo capitalista são as empresas que conduzem o desenvolvimento e o fazem de acordo com seus interesses. Elas sempre visam à maximização de seus lucros, o que traz graves implicações para a sociedade, pois desconsideram a maneira com que suas decisões afetam os trabalhadores, os consumidores, outras empresas e até mesmo o planeta, com a possibilidade de exaurimento dos recursos naturais, devido à exploração desenfreada da natureza. As empresas investem progressivamente em pesquisa e desenvolvimento, provocando a mercantilização da atividade científica, que, ao invés de buscar soluções para os problemas sociais, tem trabalhado, muitas vezes, a favor do lucro dos grandes empresários (SINGER, 2004).

Esse modelo atual de desenvolvimento instiga a todos a consumir bens e produtos, voltados para atender uma vontade de acumulação de capital e não mais para suprir as necessidades pessoais. O consumo de vários bens é amplamente incentivado, principalmente os que envolvem inovações tecnológicas (BRUM; HILLIG, 2010; MAGERA, 2013). Acrescenta-se ainda, o fato das novidades tecnológicas fascinarem, de maneira especial, os jovens, que são alvos constantes das campanhas publicitárias, e que correspondem à faixa etária de nossos alunos. Então, temos à disposição dos consumidores uma diversidade de aparelhos eletroeletrônicos com múltiplas funções, por vezes até coincidentes. Isto é, celulares que fazem às vezes de computador, televisão que também tem função de DVD e também acesso a internet, entre outros aparelhos. O grande problema é que essas tecnologias são projetadas para se tornarem obsoletas.

Desse modo, o desenvolvimento científico-tecnológico não gerou apenas novas tecnologias, mas também um novo tipo de lixo, que por sua complexidade e diversidade, não tem sido gerenciado de maneira adequada.

Há que se destacar igualmente, a grande quantidade de recursos naturais empregados na fabricação desses aparelhos. Estudos mostram que a fabricação de um computador com peso médio de 25 kg, consome, pelo menos, 240 kg de combustíveis fósseis, 22 kg de substâncias, e 1.500 kg de água. Podemos constatar que a quantidade de combustíveis fósseis utilizados na fabricação desses computadores, equivale a nove vezes o seu peso real. Essa quantidade é bastante expressiva, especialmente quando comparamos com fabricação de refrigeradores e automóveis, que consomem uma quantidade de combustível fóssil

equivalente a no máximo duas vezes o valor de seus respectivos pesos (KUEHR; WILLIANS, 2003). Tais aspectos não são alvo de discussão pela sociedade, que influenciada pelo marketing das grandes empresas, consome e descarta uma grande quantidade de eletroeletrônicos sem refletir sobre os interesses que se escondem por traz das promessas de “felicidade” e realização pessoal das propagandas.

Considerando a velocidade e a quantidade com que novos equipamentos são lançados, o impacto ambiental tem sido inevitável. A sociedade se depara com o desafio de gerenciar o acúmulo desse tipo específico de resíduos, que não tem sido tratado e destinado adequadamente na mesma velocidade de sua produção, provocando o acúmulo de uma classe específica de resíduos, o chamado e-lixo (MAGERA, 2013). Isso confirma o que citamos no capítulo anterior, sobre o fato da Ciência e da Tecnologia não trabalharem de forma preventiva, antecipando os prováveis impactos de seus produtos.

Segundo Widmer e colaboradores (2005), lixo eletrônico ou e-lixo é um termo genérico abrangendo as diversas formas de equipamentos elétricos e eletrônicos que deixaram de ter qualquer valor para seus proprietários, passando a classe de rejeitos⁶. Mesmo que ainda não se tenha uma definição padrão, de acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE - (2001), o e-lixo é qualquer aparelho que utiliza uma fonte de energia elétrica e que atingiu seu “fim-de-vida”. Uma definição mais abrangente, a qual adotamos nesse trabalho, encontra-se nas diretrizes da Waste Electrical and Electronic Equipment– WEEE, estabelecidas pela União Europeia, que consideram lixo eletrônico como sendo equipamentos eletroeletrônicos e todos os componentes, subconjuntos (fios, cabos, fitas elétricas, fibras ópticas, painéis etc.) e consumíveis, que fazem parte do produto no momento do descarte (EU, 2003).

O e-lixo é composto basicamente por metais e polímeros, apresentando mais de 1000 substâncias diferentes. Mais da metade de sua composição é feita de metais, entre eles, metais preciosos como ouro e platina e metais tóxicos, como chumbo, cádmio e mercúrio. Também estão presentes nesses resíduos, os retardantes de chama bromados e halogenados, que geram dioxinas e furanos quando incinerados, substâncias tóxicas e cancerígenas. Por isso, quando descartados ou reciclados de maneira inadequada, os resíduos eletroeletrônicos trazem sérios danos ao ambiente à saúde das pessoas, além de se tratar de um desperdício de metais nobres, visto que, no e-lixo a porcentagem desses metais muitas vezes é superior à encontrada no próprio minério (GERBASE; OLIVEIRA, 2012; WIDMER *et al.*, 2005).

⁶ “Entende-se por rejeito todo e qualquer resíduo que não apresenta utilidade alguma, pelo menos até o momento, e que, portanto, precisa ser descartado” (AMARAL *et al.*, 2001, p.421).

Segundo o relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA – o e-lixo cresce numa velocidade cerca de três vezes maior que o lixo urbano (PNUMA, 2005). A maneira como avanço científico-tecnológico tem sido conduzido, em consonância com os interesses do sistema capitalista, pode ser considerado um dos fatores responsáveis por esse crescimento, pois estimula o descarte dos equipamentos eletroeletrônicos num curto espaço de tempo, mesmo não tendo alcançado o fim de sua vida útil. Para um computador, de acordo com Robinson (2009), esse tempo útil caiu de seis para apenas dois anos entre 1997 e 2005. Chama-se a isso de *obsolescência programada*, termo surgido pela primeira vez na década de 1930, quando uma grande crise econômica atingiu os Estados Unidos e se dispersou para vários outros países. As pessoas, assustadas com a depressão econômica instaurada, evitavam consumir além de suas necessidades básicas, prolongando o uso de seus equipamentos, mas, isso agravava ainda mais a crise. Como possível solução para o problema, os fabricantes começaram a intervir intencionalmente no tempo útil dos equipamentos, obrigando os consumidores a comprar com maior frequência, aquecendo novamente a economia. As lâmpadas foram o primeiro alvo da obsolescência planejada tendo, em 1924, nos Estados Unidos, sua vida útil reduzida de 3000 para 1000 horas (MAGERA, 2013). Desde então, a obsolescência programada tem sido incorporada pela sociedade internacional como dimensão natural do mercado (BRUM; HILLIG, 2010).

Outro o termo cunhado dentro dessa questão é a *obsolescência percebida*, que está relacionado à influência exercida pelos meios de comunicação sobre a sociedade. A mídia, a serviço das grandes corporações, seduz o consumidor ao apresentar as novidades tecnológicas ou até produtos já conhecidos, mas com novos *designs*. As campanhas publicitárias buscam criar nos indivíduos o desejo de possuir o que existe de mais moderno, como condição de felicidade, inclusão e status social. Os aparelhos deixam de ser, tão somente, ferramentas e passam a ser parte da expressão pessoal. Tanto a *obsolescência percebida*, como a *programada*, tem o objetivo de fomentar o consumo, garantindo dessa forma a perpetuação do modelo de desenvolvimento capitalista (MAGERA, 2013).

Outro fator que contribui para o aumento do lixo eletrônico é o cultural, como relata Magera (2013), a modernidade impôs uma velocidade tão acelerada à vida das pessoas, que elas estão sempre em busca de praticidade, daquilo que seja mais rápido e atenda ao imediatismo de suas demandas. Dessa forma, torna-se muito mais célere comprar um aparelho novo, que concertar o que está quebrado. Além do que, em muitos casos o concerto pode sair mais oneroso.

Adicionalmente, de acordo com o relatório do PNUMA, o crescimento econômico nos países emergentes, gerou uma classe média mais fortalecida e com uma estabilidade econômica que garantiu empréstimos para a compra de eletroeletrônicos, aumentado também, o volume do e-lixo produzido por esses países (PNUMA, 2009).

Levando em consideração o que foi apresentado, um conjunto de fatores tem contribuído para aumentar o volume do lixo eletrônico em todo o mundo. Ainda de acordo com o relatório do PNUMA, são gerados cerca de 40 milhões de toneladas de lixo eletrônico por ano no mundo. Sendo que, a maior parte desse lixo é produzida pelos países desenvolvidos (ROBINSON, 2009). Gerbase e Oliveira (2012) apontam os Estados Unidos como país que mais produz sucata eletrônica no mundo, seguido pela China que ocupa o segundo lugar entre os países que mais produzem e-lixo.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) estima que em 2010, o país tenha descartado 384 milhões de equipamentos eletrônicos, entre eles 152 milhões de dispositivos móveis, como telefones celulares, *palmtops*, *smartphones* e *paggers*. Sendo que esse estudo não considera os periféricos de TV, como videocassetes, aparelhos de DVD, DVRs, cabos/receptores de satélites, caixas conversoras e acessórios de jogos (US, 2011). Outro estudo da EPA relata ainda que o país tenha produzido 3,4 toneladas de e-lixo em 2011 e desse montante apenas 24,1% foram encaminhados para reciclagem (US, 2013). Esses dados nos mostram que a grande maioria desses resíduos é descartada de maneira inadequada.

Apesar de existir um tratado internacional, que proíbe a movimentação interfronteiriça de resíduos sólidos perigosos e de rejeitos - Convenção da Basiléia - muitos países, dentre eles os Estados Unidos, não respeitam essa norma e tem exportado seu lixo eletrônico para países asiáticos ou africanos, que possuem mão-de-obra barata e leis trabalhistas e ambientais muito flexíveis (PUCKET *et al.* 2002).

Os estudos do PNUMA nos mostram também, que entre os países considerados emergentes o Brasil é o que gera o maior volume de lixo eletrônico por pessoa a cada ano, com uma taxa *per capita* de 0,5 kg, a propósito, foi o segundo país emergente que mais descartou computadores em 2005, com 96,8 toneladas métricas de computadores abandonados por ano, ficando atrás somente da China, com 300 mil toneladas anuais. O nosso país também aparece como o segundo colocado no descarte de celulares, com 2,2 toneladas por ano (PNUMA, 2009).

Diante desse contexto, consideramos evidente a relevância da incorporação de conhecimentos científicos, para que os alunos possam enriquecer seus argumentos no que se refere aos aspectos positivos e negativos do consumo e descarte das ferramentas tecnológicas

a sua disposição. A posse desses conhecimentos aliada a uma abordagem relativa às questões sociais, econômicas e políticas que envolvem o e-lixo, pode levar os alunos a refletirem sobre a responsabilidade de suas escolhas para o uso sustentável dos recursos naturais. Porém, estamos cientes de que o termo sustentabilidade tem assumido diferentes significados e sobre isso apresentamos um breve apanhado.

Em seus estudos, Herculano (1992) nos diz que o termo desenvolvimento sustentável tem sido empregado com o intuito de manutenção do sistema de exploração capitalista, cuja função é manter a adesão social a esse sistema. Nesse sentido, a sustentabilidade está relacionada a medidas paliativas, que justificam a expansão do mercado e do lucro. De maneira contrária, a autora nos traz a visão dos ambientalistas, para os quais, o conceito de desenvolvimento sustentável pressupõe uma redução do ritmo da exploração da natureza, de forma a garantir que as futuras gerações possam dela usufruir. Isso requer que a sociedade priorize os interesses sociais coletivos, em detrimento dos interesses individuais. Dessa forma, a ideia de sustentabilidade, com a qual compartilhamos, está relacionada à preservação da diversidade cultural, de igualdade e justiça social. Isso pressupõe uma mudança na relação do homem com a natureza e com o próprio homem, resgatando entre outros valores a solidariedade, a fraternidade, a cooperação e o respeito à diversidade (TOZONI-REIS, 2008).

Segundo Pinheiro, Bazzo e Silveira (2007), as pessoas não conseguem perceber que por trás da volumosa oferta de novidades tecnológicas estão o lucro e os interesses das classes dominantes e não se dão conta de que as estratégias do sistema capitalista os levam a um consumo sem reflexão sobre suas reais necessidades e sobre as possíveis consequências. Nesse sentido, a discussão sobre o e-lixo nas aulas de Química possibilita despertar nos alunos, que também são consumidores, a necessidade de um consumo responsável, ao relacionarmos os conteúdos químicos com o contexto histórico, social e econômico responsáveis pela crescente quantidade de lixo eletrônico produzido no mundo.

Do mesmo modo, a temática do lixo eletrônico possibilita levar para a sala de aula as explicações da Ciência sobre os fenômenos envolvidos, desde a extração da matéria-prima dos eletroeletrônicos, até a decomposição deles quando descartados em locais inadequados. Isso nos permite explorar vários conhecimentos científicos necessários a um posicionamento crítico relativo à temática, como por exemplo: reatividade química dos componentes de equipamentos eletroeletrônicos; persistência no ambiente; toxicidade das substâncias e materiais gerados, contaminação dos meios naturais, cadeias e teias alimentares, fatores que afetam a evolução dos ecossistemas, práticas ecologicamente corretas, saneamento básico,

recursos naturais e o extrativismo, industrialização, globalização, desenvolvimento sustentável, capitalismo comercial, industrial e financeiro.

Portanto, discutir a temática do lixo eletroeletrônico nas aulas de Química, no ensino médio, pode promover o letramento científico, proporcionando aos estudantes uma leitura mais crítica do contexto atual. Mas para que isso seja alcançado, o ensino de Química não pode se limitar aos conteúdos químicos relacionados ao e-lixo. Faz-se necessário uma abordagem interdisciplinar que promova a discussão do contexto histórico, social e político responsável pelo agravamento da problemática em questão, ampliando a visão do aluno. Para que assim, os estudantes possam perceber os interesses existentes por trás dessa intensa oferta de produtos tecnológicos e do descaso no gerenciamento desse tipo de resíduo.

Devemos levar em consideração, no entanto, que existem artigos na literatura, como os de Lima e Marcondes (2005) e Sanjuan *et al.* (2009), que destacam a difícil compreensão, conceitual pelos alunos de conteúdos específicos como: redução, corrente elétrica, condutibilidade elétrica em soluções, representação de reações de oxidorredução e potencial de redução. Igualmente, Freire, Silva Júnior e Silva (2011) apontam a existência de diversas pesquisas que envolvem concepções alternativas e dificuldades de aprendizagem nessa área e resumem as dificuldades dos alunos em um quadro, que apresentamos com adaptações a seguir no Quadro 4.

Quadro 4 - Dificuldades de aprendizagem e/ou concepções alternativas para o conteúdo de eletroquímica.

Conceitos químicos	Dificuldades de aprendizagem e/ou concepções alternativas.
Oxidação-redução	A oxidação e a redução como intercâmbio de oxigênio e não como intercâmbio de elétrons.
	Os processos de oxidação e redução podem ocorrer independentemente.
Pilhas	Identificar o anodo e o catodo.
	Em uma pilha a ponte salina proporciona elétrons para completar o circuito.
Células eletrolíticas	A polaridade dos terminais não tem efeito no anodo e no catodo. Na superfície dos eletrodos inertes não ocorre nenhuma reação.
	Não há relação entre a f.e.m. de uma pilha e a magnitude da voltagem necessária para produzir eletrólise.
	Não há relação entre o potencial da célula e a concentração dos íons.

Fonte (Com adaptações de FREIRE, SILVA JÚNIOR; SILVA, 2011, p.3).

Diante das considerações, esperamos que o desenvolvimento desse trabalho possa conduzir os alunos a uma reflexão sobre os impactos causados pela produção, consumo e descarte dos eletroeletrônicos e, dessa maneira, dotar de significação os conteúdos relativos à eletroquímica.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo, descreveremos os aspectos metodológicos da pesquisa que englobam a caracterização da investigação, o contexto onde ocorre e os instrumentos de coleta de dados utilizados.

4.1 Caracterização da Pesquisa

Optamos por uma investigação qualitativa, pela necessidade de considerar as peculiaridades do contexto educativo, que envolve uma diversidade de fatores como crenças, valores, concepções, atitudes, entre outros, que tornam as investigações nesse ambiente, uma tarefa bastante complexa. Em conformidade com nossa escolha, Erickson (1986) destaca que as abordagens qualitativas são adequadas quando a pesquisa tem como interesse central o significado que as pessoas atribuem a eventos ou objetos, dentro de um contexto social e a elucidação e exposição pelo pesquisador desses significados. Dentre os diversos métodos de pesquisas de caráter qualitativo optamos pelo estudo de caso, pois consideramos o mais adequado para alcançarmos o objetivo central desse trabalho, que busca compreender como uma abordagem CTS no ensino de eletroquímica pode sensibilizar os alunos para os problemas provenientes do aumento do consumo e descarte dos equipamentos eletroeletrônicos.

Yin (2010) define estudo de caso com uma investigação empírica que busca a exploração profunda e contextualizada de um fenômeno atual, especialmente quando não é evidente a determinação das limitações entre o fenômeno e o contexto. De acordo com o autor, esse método é adequado para questões de pesquisas que buscam entender o “como” e o “porquê” dos fatos investigados. Além de ser o método preferido para a análise de fenômenos contemporâneos no qual o investigador tenha pouco ou nenhum controle. Nesse método de pesquisa, o aporte teórico fundamenta a coleta e análise dos dados, e por envolver mais variáveis que dados, essa investigação requer a utilização de várias fontes de evidência.

André (2008) pontua que os estudos de caso são bastante apropriados para investigações no âmbito escolar, possibilitando a reconstrução dos processos e das relações existentes no cotidiano escolar em suas várias dimensões e na sua dinâmica natural. Além disso, permitem a compreensão do desenvolvimento e da evolução dos fenômenos educacionais.

Se o interesse é investigar fenômenos educacionais no contexto natural em que ocorrem, os estudos de caso podem ser instrumentos valiosos, pois o contato direto e prolongado do pesquisador com os eventos e situações investigadas possibilita descrever ações e comportamentos, captar significados, analisar interações, compreender e interpretar linguagens, estudar representações, sem desvinculá-los do contexto e das circunstâncias especiais em que se manifestam. Assim, permitem compreender não só como surgem e se desenvolvem esses fenômenos, mas também como evoluem num dado período de tempo. São, portanto, instrumentos preciosos tanto para desvelar rotinas e inovações quanto para aferir mudanças em comportamentos e práticas ao longo do tempo (p. 1).

Peres e Santos (2005) apontam três pressupostos básicos para uma adequada execução de um estudo de caso. Primeiro, deve-se considerar que o conhecimento está em constante processo de construção, isso implica que o pesquisador esteja atento a outros aspectos relevantes que podem surgir durante o trabalho, mesmo quando estes não estejam presentes em seu referencial teórico. O segundo pressuposto diz respeito às múltiplas dimensões envolvidas no caso em questão, isso requer que o pesquisador faça uso de diversas fontes de informações e técnicas de coleta de dados. Já o terceiro, está relacionado às diferentes visões a cerca da realidade, dessa forma, o pesquisador deve disponibilizar ao leitor as evidências utilizadas em suas análises, inclusive as fontes que contenham opiniões divergentes, para que assim, o leitor possa chegar às suas próprias conclusões. No caso de nosso trabalho, os pressupostos teóricos-metodológicos são compatíveis visto que a abordagem CTS, entremeada pelo uso da argumentação pressupõem o confronto de ideias controversas.

4.2 O Contexto da Pesquisa

No período de aplicação desta pesquisa, eu não estava atuando como professora em nenhuma escola, portanto, foi necessário escolher uma instituição para desenvolvê-la. Optei pela última escola em que trabalhei. A escolha da instituição foi feita tanto pela afinidade com a comunidade escolar, como por ser meu local de trabalho há cinco anos, espaço onde atuei como professora de Química e como coordenadora pedagógica. A escola escolhida apresenta turmas do 6º ao 9º ano do ensino fundamental e turmas do 1º ao 3º ano do Ensino Médio. O contato com a direção e com os coordenadores foi facilitado pelo fato de já nos conhecermos e ambos demonstraram interesse que a proposta apresentada fosse desenvolvida na escola. Contei com a colaboração do professor de Química do turno matutino, que concordou em ceder as aulas de uma das turmas de 3º ano para a aplicação dessa pesquisa.

Portanto, participaram, como sujeitos desta pesquisa, alunos de uma turma do 3º ano do ensino médio, com faixa etária entre 16 e 18 anos, de uma escola pública da Coordenadoria Regional de Ensino de Planaltina, no Distrito Federal. Dois fatores orientaram a nossa escolha: primeiro, o desenvolvimento dos conteúdos de eletroquímica requer alguns conceitos estruturantes de Química e, portanto, seria mais complexa sua aplicação em outra série e, segundo, é no 3º ano do ensino médio que as orientações curriculares preveem o desenvolvimento desses conteúdos. Essa proposta foi aplicada em uma turma composta por 40 alunos, porém, no decorrer do bimestre uma das alunas deixou de frequentar as aulas em virtude de licença maternidade.

O módulo didático concebido para essa pesquisa foi efetivamente aplicado no contexto escolar durante o primeiro bimestre letivo do ano de 2014. A intervenção no ambiente escolar ocorreu duas vezes por semana, em aulas de 45 minutos de duração, sendo que as aulas aconteceram as segundas e quartas-feiras, compondo um total de 20 aulas que equivalem a 15 horas. No primeiro contato com os alunos, foi entregue a eles o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A), para que a pesquisa pudesse ser implementada, sendo que foi solicitado a assinatura dos pais ou responsáveis para os alunos com menos de 18 anos

4.3 A Coleta de Dados

Para desenvolvermos essa pesquisa, escolhemos instrumentos de coleta de dados que pudessem auxiliar-nos na percepção do alcance dessa proposta junto aos alunos, verificando o desenvolvimento do letramento científico, as habilidades argumentativas e a apreensão dos conhecimentos químicos relativos à eletroquímica.

Dentre os instrumentos de coleta de dados escolhidos, usamos o *diário de aula*, onde o professor registra as observações feitas durante as aulas, e que permite ao professor não apenas narrar o cotidiano escolar, mas refletir sobre sua prática, de acordo com Zabalza (2004).

A boa prática, aquela que permite avançar para estágios cada vez mais elevados no desenvolvimento profissional, é a prática reflexiva. Quer dizer, necessita-se voltar atrás, revisar o que se fez, analisar os pontos fortes e fracos de nosso exercício profissional e progredir baseando-nos em reajustes permanentes. Sem olhar para trás, é impossível seguir em frente (p.137).

Outro instrumento de coleta que utilizamos foram os *questionários*, com perguntas abertas e fechadas, respondidas pelos estudantes durante as aulas. Também utilizamos

gravações em vídeo e a transcrição dessas gravações para analisarmos a discussão realizada em sala durante o debate.

4.4 Descrição das Aulas Desenvolvidas na Construção da Proposta

O módulo didático desenvolvido foi constituído por cinco unidades. Para a estruturação dessas unidades foram utilizadas, de acordo com os objetivos educacionais pretendidos, diferentes estratégias e recursos didáticos como: vídeos, experimentação, apresentação de *slides (powerpoint)*, leitura e discussão de textos, debate, trabalhos em grupo, resolução de estudo de caso, questionários e prova.

Destacamos que essa proposta foi estruturada durante o processo de investigação e, por muitas vezes, foi necessário realizar adaptações para acompanhar o ritmo de aprendizagem dos alunos, para nos adequarmos à dinâmica da escola e às necessidades que surgiam durante as aulas. Portanto, tratou-se de uma estruturação aberta e flexível.

As unidades que compõem esse módulo didático estão representadas, em linhas gerais e de forma esquematizada no Quadro 5 abaixo, que traz também os objetivos e a metodologia empregada em cada uma delas.

Quadro 5 – Organização das unidades do módulo didático.

UNIDADE	OBJETIVOS	METODOLOGIA
1. Problemática do lixo eletrônico (3 aulas)	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar os fatores sociais, econômicos, políticos e ambientais relacionados com descarte de equipamentos eletroeletrônicos; - Discutir as consequências da importação do e-lixo para os países em desenvolvimento, articulando fatores sociais e ambientais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Atividade aberta para conhecer as concepções prévias dos alunos acerca do descarte inadequado dos resíduos eletroeletrônicos; - Vídeo: A História dos Eletrônicos; - Vídeo: África Exóticas Tradições – Lixão Eletrônico; - Apresentação de <i>slides (PowerPoint)</i> sobre a produção de e-lixo no Brasil e no mundo; - Atividade 1em grupo sobre o vídeo.
2. Os Metais e os equipamentos eletroeletrônicos (5 aulas)	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender as principais etapas da metalurgia; - Conhecer os impactos provocados pela extração de metais; - Identificar os metais que compõem os aparelhos celulares. - Reconhecer que a obtenção de metais a partir dos minérios, ocorre por um processo oxidação-redução; 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação do minério de Cobre; - Apresentação de slides (PowerPoint) sobre as principais etapas do processo de mineração e de extração do cobre; - Texto: Obtenção de Metais. - Abordagem dos conceitos de radiação ionizante e não ionizante. - Abordagem dos conceitos de número de oxidação.

UNIDADE	OBJETIVOS	METODOLOGIA
<p>3. Perigos do descarte inadequado do lixo eletrônico (4 aulas)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Compreender como ocorrem as reações de oxidorredução, e os conceitos de agente oxidante e agente redutor. - Compreender como o descarte inadequado dos eletrônicos pode tornar seus componentes tóxicos biodisponíveis. - Identificar os processos de corrosão como processos espontâneos de transformação por oxirredução. - Compreender os principais métodos de proteção de metais contra corrosão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experimento para demonstrar o fenômeno da oxirredução (Deposição de Cu na placa de Zn); - Experimento para demonstrar o fenômeno da oxirredução (Corrosão dos pregos de Fe); - Abordagem dos conceitos de oxidação-redução e agente oxidante e agente redutor; - Texto: Corrosão; - Relatório dos experimentos. - Pesquisas sobre os metais que compõem os aparelhos celulares e sobre os impactos causados pela mineração. - Texto: Eletrônicos: Lixo ou matéria-prima?
<p>4. Pilhas e Baterias (5 aulas)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender o princípio de funcionamento das pilhas e identificar os diferentes tipos de pilhas; - Interpretar a reação global de oxidorredução em termos de suas semi-reações; - Compreender o conceito de potencial padrão de redução; -Discutir sobre o descarte de pilhas e baterias, destacando os riscos ambientais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Abordagem dos conceitos químicos de pilhas; - Resolução de atividades relacionadas a esse conteúdo; - Avaliação Bimestral.
<p>5. Como Diminuir os Problemas relacionados aos Resíduos Eletroeletrônicos? (3 aulas)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estimular a argumentação; - Compreender como os hábitos de consumo da sociedade se relacionam com a problemática do e-lixo; - Compreender que a reciclagem dos equipamentos eletrônicos se apresenta com uma alternativa à escassez dos recursos não-renováveis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Resolução em grupo de um estudo de caso; - Debate entre os grupos sobre a resolução do estudo de caso; - Atividade Final.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresentamos os resultados e discussões relativos aos dados obtidos por meio dos instrumentos aplicados, conforme elucidado no capítulo anterior, os quais possibilitaram analisar o desenvolvimento do letramento científico e das habilidades argumentativas dos participantes da pesquisa.

5.1 CONHECIMENTOS PRÉVIOS

A primeira atividade realizada com os alunos buscou identificar suas concepções sobre os problemas relativos ao descarte final dos equipamentos eletroeletrônicos. Solicitei aos alunos que manifestassem sua opinião de acordo com os próprios conhecimentos, ficando à vontade para concordar ou discordar com as afirmativas feitas na pergunta. A intenção era estimulá-los a expor suas ideias acerca do tema, resgatando os conhecimentos espontâneos dos estudantes. Esse resgate objetivou tanto promover a percepção da existência de questões sociocientíficas que envolvem a todos os usuários de equipamentos eletroeletrônicos, quanto provocar uma necessidade de buscar conhecimentos que os auxiliasse a explicar e refletir sobre a problemática em questão. Dessa forma, iniciamos o processo de reflexão, fazendo primeiramente aflorar em cada um deles os próprios saberes, para depois compartilharmos as explicações da Ciência para os conflitos suscitados pela temática.

A pergunta 1 (Apêndice B) foi aplicada no primeiro encontro havendo 33 alunos presentes na sala de aula.

Pergunta 1: Por que podemos dormir abraçados com um computador ou celular e não ser contaminado por seus componentes tóxicos, mas ao descartá-lo ou reciclá-lo de forma inadequada, o ambiente e as pessoas são contaminados com tais componentes?

Examinando as respostas, verificamos que alguns alunos discordam da afirmação que se pode “dormir abraçado com computador ou celular e não ser contaminado...”. Eles acreditam que o simples contato com os equipamentos mencionados pode levar à contaminação por seus “componentes tóxicos”, como se pode observar nos recortes a partir dos textos recolhidos.

(A11) “[...] ao dormirmos com um objeto eletrônico, é tóxico sim, só de termos o contato com ele. [...]”.

(A9) “[...] quando dormimos abraçados com um computador ou celular somos sim contaminados poder causar até mesmo o câncer, [...]”.

Com essas declarações percebemos que esses alunos desconhecem não somente a composição dos aparelhos eletroeletrônicos, mas também não sabem como tais substâncias e materiais podem se tornar biodisponíveis, ou seja, capazes de serem absorvidas pelo organismo e, dessa forma, causar contaminação.

Verificamos também que 12 dos 33 alunos, correspondendo a 36,4%, afirmaram que dormir abraçado com tais eletrônicos pode, de alguma forma, trazer prejuízos à saúde. Na Tabela 1 encontram-se as justificativas dos estudantes para tal afirmação.

Tabela 1 - Respostas dos alunos sobre os motivos pelos quais dormir com os eletrônicos pode ser prejudicial à saúde.

Respostas	Número de alunos	Porcentagem (%)
Liberam radiação	3	9,1
Fones de ouvido causam problemas auditivos	3	9,1
São radioativos	2	6,1
Contato com a bateria	2	6,1
Liberam tóxicos	1	3,0
Presença de bactérias	1	3,0

Dentre as justificativas expostas na tabela 1, a maioria das respostas, está relacionada ao fato de que esses aparelhos liberam “radioatividade” ou “radiação”. Como podemos observar nas respostas abaixo.

(A28) “Bem, dormir com o celular debaixo do travesseiro por exemplo, segundo uma reportagem que vi é prejudicial à saúde, pois, a bateria pode liberar ondas radioativas causando danos às pessoas. [...]”.

(A37) “[...] dormir com o celular perto pode contaminar sim, já vi reportagens falando que faz mal, dormir com o celular muito perto de você por causa da radiação [...]”.

Esses trechos evidenciam que os estudantes ainda não distinguem claramente a natureza das substâncias e materiais componentes dos aparelhos eletrônicos e, também que existe uma lacuna de conhecimento quanto aos conceitos químicos relativos à radiação ionizante e não ionizante. Alguns deles utilizaram o termo “radioatividade” para se referir à radiação eletromagnética não ionizante emitida pelos celulares. Problemas conceituais com relação aos termos radiação e radioatividade já foram investigados por Kelecom e Gouvea (2002) e Dutra (2010). Os primeiros autores concluíram que em se tratando de radioatividade,

estudantes de nível superior não diferem muito do público leigo. Eles também consideraram altamente questionáveis o valor científico e a credibilidade das reportagens sobre o assunto em questão, às quais a maioria das pessoas tem acesso. E relacionam isso com a falta de formação em Ciência dos jornalistas, mesmo dos que escrevem colunas científicas. Adicionalmente, a dissertação de Dutra investigou alunos de ensino médio quanto ao conceito radiação e as considerações são semelhantes às nossas. Ou seja, as diversas reportagens sobre a radiação emitida pelos telefones móveis (celulares) e seus efeitos no organismo, que têm sido constantemente veiculadas pela mídia, não diferenciam os dois tipos de radiação nem suas consequências.

Pode-se igualmente inferir que alguns alunos relacionaram a toxicidade dos componentes dos eletroeletrônicos com a emissão de “radioatividade” e/ou “radiação”. Assim, destacamos a importância da abordagem dos conteúdos químicos relativos à radiação não ionizante e a ionizante (radioatividade) para que os alunos tenham uma maior compreensão sobre conceitos e assuntos correlatos, frequentemente divulgados, principalmente os que dizem respeito às novas tecnologias. Sobre isto, Chassot (2003) ressalta que a compreensão de conteúdos científicos e tecnológicos é indispensável no cotidiano das pessoas, para que elas possam tomar decisões e também perceber tanto o papel da Ciência na melhoria da qualidade de vida, bem como suas limitações e consequências negativas de seu desenvolvimento.

As respostas dos alunos A28 e A37 apresentam outro aspecto importante que merece destaque: o papel dos meios de comunicação na formação dos conhecimentos prévios, visto que algumas das respostas foram baseadas em reportagens que os alunos tiveram acesso. Pelos equívocos apresentados nas respostas desses estudantes, percebemos que, apesar da importância de se fazer leitura de reportagens, estas, por si só, não conduzem à compreensão da problemática apresentada na pergunta 1. Consideramos que isso está relacionado à carência de uma cultura científica. Dessa forma, destacamos a relevância da educação escolar, e mais especificamente, da figura do professor, que pode conduzir o estudante ao mundo das ideias científicas por meio de orientação que promova confronto de ideais e negociação de significados (SCHNETZLER, 2004).

Dando continuidade à análise das respostas, percebemos que 63,6% dos alunos (21) concordaram com o enunciado da pergunta (Apêndice B), afirmando que o ato de dormir abraçado ao celular ou ao computador não possibilita a contaminação com seus componentes

tóxicos. Esse posicionamento encontra-se bem representado nas respostas⁷ dos estudantes A26 e A3.

(A26) “Um eletroeletrônico com substâncias tóxicas possui em volta dessa substância proteções especiais que podem evitar a **liberação** das substâncias. Um exemplo é a bateria de um celular, que é totalmente vedada, pois contém substâncias tóxicas [...]”.

(A3) “[...] o contato exercido através de um toque ou abraço não é capaz de “**ativar**” tal substância [...]”.

Entendemos que, embora esses alunos não tenham clareza sobre a natureza das substâncias e materiais presentes nos equipamentos eletroeletrônicos, suas respostas evidenciam noção em relação à forma como alguns desses componentes podem se tornar potencialmente contaminantes. Tal inferência adveio de nossa interpretação da palavra “liberação”, que é reforçada na frase seguinte do aluno (A26), bem como do vocábulo “ativar” mencionado por (A3), entendido como tornar contaminante.

Na Tabela 2, encontram-se disponibilizadas as explicações dos 21 alunos que concordam com esse ponto de vista. Dessas respostas, a maioria afirma que os componentes tóxicos dos eletroeletrônicos só não provocam contaminação por estarem de certa forma protegidos, impedindo o contato direto com as pessoas. Três respostas, aqui representadas somente pela fala do aluno A7, estão relacionadas ao fato desses equipamentos não estarem expostos às intempéries.

(A7) “[...] quando dormimos abraçados a eles, justamente ocorre o oposto. Não ficam expostos (ao sol e à chuva) e não se misturam com outros materiais [...]”.

Tabela 2 - Respostas dos alunos sobre os motivos pelos quais dormir com os eletrônicos não causa a contaminação por seus componentes tóxicos.

Respostas	Número de alunos	Porcentagem (%)
Não apresentaram justificativas	8	24,2
Componentes tóxicos estão protegidos	5	15,2
Estão protegidos do sol e da chuva	3	9,1
São produzidos para não contaminar	2	6,1
O contato não ativa as substâncias tóxicas	1	3,0
Nível de contaminação muito baixo	1	3,0
Proporciona distração	1	3,0

⁷ Ressaltamos que quando julgarmos relevante uma determinada parte da fala de algum aluno, esta será negritada.

As respostas dos alunos sobre a contaminação causada pelo descarte inadequado de aparelhos eletrônicos no ambiente foram colocadas na Tabela 3. Elas mostram que alguns têm noção em relação à forma como esse tipo de contaminação acontece. Isso porque mesmo sem explicar os processos químicos ocorridos, citaram a deterioração e a decomposição desse tipo de equipamento, quando expostos à água da chuva e ao sol, como destacado nas seguintes respostas:

(A7) “[...] Por que, quando estão descartados, jogados no lixo ficam a exposição do sol, chuva. Se misturam com lixos orgânicos e também eletrônicos. Na minha opinião quando essas substâncias que tem dentro de cada um, se juntam, ajuda a liberar rapidamente as toxinas contidas em cada um[...]”.

(A31) “[...] Por que estando na natureza, em contato com a terra e a água as substâncias tóxicas passam para a terra e a água. [...] Na natureza estes componentes ficam expostos ao sol e a chuva [...]”.

(A36) “[...] se o computador for jogado em um local onde é úmido ou molhado, pode causar danos no computador, como enferrujar e se esse objeto estiver em um lugar onde utilizamos algo como a água, esse objeto que foi enferrujado pode contaminar a água [...]”.

Tabela 3 - Respostas dos alunos sobre os motivos pelos quais o descarte inadequado dos equipamentos eletrônicos causa contaminação.

Respostas	Número de alunos	Porcentagem (%)
Tóxicos se misturam com outras substâncias	9	27,3
Apresentam substâncias radioativas	6	18,2
Deterioram-se	5	15,2
Exposição ao sol e à chuva	4	12,1
Contato com o solo	3	9,1
Contato com a água	3	9,1
Sofrem reações químicas	3	9,1
Entopem as saídas de água	2	6,1
Liberam radiação	1	3,0
Tornam-se radioativos	1	3,0
Enferrujam	1	3,0
Baterias inflamáveis	1	3,0

Somente na resposta do estudante (A36) há um relacionamento explícito do processo de oxidação com a contaminação da água, representado pelo vocábulo “enferrujar”. Presumimos que este aluno já percebe que o metal ao se transformar libera “algo” que provoca contaminação, enquanto os outros dois estudantes sinalizam a contaminação sem mencionar transformações dos componentes dos equipamentos. O aluno (A36) faz uso do “enferrujar” com intuito de expressar o processo de oxidação ocorrido nos metais de uma

maneira geral. A partir dessas respostas, tivemos um indicativo do nível de conhecimento de alguns alunos, o que nos ajudou na estruturação e apresentação do conteúdo de eletroquímica para essa turma.

No entanto, não deixamos de levar em consideração no planejamento das aulas a necessidade de dirimir equívocos conceituais como o uso da palavra “toxina” pelo aluno (A7) e os erros relativos à radioatividade, recorrentes nas falas destacadas abaixo. Seis alunos afirmaram que o descarte inadequado do lixo eletrônico pode causar contaminação devido às substâncias “radioativas” que estes contêm. Sendo que a resposta do estudante (A10) declara que o descarte inadequado pode tornar radioativos os componentes dos eletroeletrônicos.

(A10) *“Quando se joga fora, qualquer produto eletrônico, suas peças podem ser radioativas ou se tornar, entrando em contato com outras substâncias presentes no meio-ambiente, [...]”*.

(A27) *“Quando se descarta de maneira errada determinado equipamento eletrônico, [...] pode aver uma contaminação devido a deteriorização do material causando assim, a liberação de seus componentes tóxicos-radioativos. [...]”*

(A15) *“Quando jogamos fora em lugares inadequados ou não reciclados corretamente alguns componentes existentes em certas partes do computador ou algum outro aparelho eletrônico em contato com outros componentes existentes no local onde foram jogados, ao reagir uns com os outros, podem então emitir radiação, que faz mal à saúde, [...]”*.

Outra observação importante e recorrente relaciona-se ao fato de que grande parte das respostas afirma que a contaminação ocorre pelo descarte inadequado com consequente mistura dos componentes dos equipamentos com outros materiais ou substâncias presentes no lixo. Dentre essas respostas, três especificaram a ocorrência de reações químicas.

No que se refere às consequências do descarte e da reciclagem inadequada desse tipo de material, a maior parte das respostas defende que essa ação provoca a contaminação do solo e da água, e que traz prejuízos à saúde das pessoas, conforme observamos na Tabela 4.

Tabela 4 - Consequências, segundo os alunos, do descarte e da reciclagem de forma inadequada do lixo eletrônico.

Respostas	Número de alunos	Porcentagem (%)
Contamina o solo	10	30,3
Faz mal à saúde	10	30,3
Contamina a água	6	18,2
Contamina as pessoas	5	15,2
Contamina os alimentos	4	12,1
Contamina os animais	2	6,1
Causa doenças as pessoas	1	3,0
Contamina as plantas	1	3,0

Adicionalmente, percebe-se que apesar dos equipamentos eletrônicos, como celulares e computadores, fazerem parte do universo dos alunos, a grande maioria demonstra desconhecer os materiais que os compõem e os processos químicos pelos quais passam quando são descartados e expostos a intempéries. Sendo assim, pode-se afirmar que, para grande parte de nossos alunos, não há clareza sobre como esses processos afetam o meio ambiente e, conseqüentemente, os seres vivos. Portanto, consideramos que a escolha dessa temática foi acertada por possibilitar o acesso ao conhecimento científico, a significação de conceitos das Ciências, a contextualização de conteúdos de Química e Biologia, a promoção de discussões sobre os problemas socioambientais relacionados ao consumo, uso e descarte dos equipamentos eletroeletrônicos, bem como por colaborar com reflexões necessárias para o confronto de valores e a mudança de atitudes. Esses aspectos são significativos dentro de uma abordagem CTS em processos educativos defendida por trabalhos como os de Santos e Mortimer (2002), Aikenhead (2005), Auler (2007) entre outros.

5.2 ARTICULAÇÕES CTS

As atividades analisadas aqui buscaram relacionar as questões sociais, econômicas, políticas e ambientais abarcadas pela temática do lixo eletrônico e identificar como as discussões realizadas durante o desenvolvimento das atividades foram compreendidas pelos alunos. Deste modo, buscamos compreender as inter-relações CTS estabelecidas pelos alunos acerca da temática. A atividade 1 (Apêndice C) foi realizada após os alunos assistirem ao vídeo “A História dos Eletrônicos”⁸. A turma foi dividida em grupos para responderem às questões, a intenção era que os alunos pudessem discutir e trocar opiniões acerca do assunto. Nessa aula, estavam presentes 39 alunos e foram formados oito grupos.

A primeira questão da atividade realizada pelos alunos (Apêndice C) apresentou uma figura retirada do vídeo, representando as cinco etapas referentes ao ciclo de vida dos eletrônicos. Foi solicitado que os alunos identificassem quais das etapas poderiam afetar negativamente o ambiente e a vida das pessoas, sendo necessária a justificativa da resposta. A

⁸ O vídeo intitulado “A História dos Eletrônicos” tem duração de 7min46s e faz parte do projeto The Story of Stuff, de Annie Leonard. A autora mostra como funciona o modo de produção da indústria de alta tecnologia, abordando a questão dos materiais altamente tóxicos utilizados na composição dos eletrônicos e a contaminação que eles provocam. De forma resumida, Barbosa e Fraxe (2013, p. 8) afirmam que o vídeo aborda didaticamente “*as relações entre a extração de recursos naturais, a produção, a distribuição e o consumo das coisas em um sistema capitalista e as suas relações com o social, o ambiental, o político e o econômico.*” Esse vídeo, em sua versão legendada, encontra-se disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BZzxU46DBd8>.

Tabela 5 mostra quais etapas foram consideradas pelos grupos como prejudiciais ao ambiente e às pessoas.

Tabela 5 - Etapas do ciclo de vida dos eletrônicos que os grupos de alunos consideram prejudiciais ao ambiente e às pessoas.

Respostas	Quantidade de grupos	Porcentagem (%)
Extração de recursos naturais	7	87,5
Produção	8	100,0
Distribuição	0	0,0
Consumo	2	25,0
Descarte	8	100,0

Analisando as respostas, verificamos que dos oito grupos, apenas um deles não reconheceu a extração de recursos naturais como uma etapa que prejudica o ambiente e a vida das pessoas, apesar de estar explicitado no vídeo. Dentre as justificativas apresentadas pelos demais grupos, destacamos:

(G1) “[...] Pois através da extração vão acabando com as matérias primas e a cada vez ficam mais escassos. [...]”.

(G2) “[...] Geralmente as fabricas, extraem minerios e minerais do meio ambiente, pois com a extração desses materiais causa um desiquilíbrio na terra, como erosões e o efeito estufa [...]”.

(G3) “[...] Na extração as empresas não pensam em qual seria a maneira correta, tendo como consequência uma extração irregular, danificando o ambiente, e ate mesmo um trabalho fora da legalidade [...]”.

O grupo G2 relaciona o processo de extração com o impacto ambiental e possíveis consequências. Já na resposta do G3, podemos perceber que o grupo deu destaque aos problemas causados pela extração, com a falta de responsabilidade das empresas, que por priorizarem o lucro, retiram esses recursos da natureza sem a devida precaução. Além disso, também relacionaram com questões sociais que envolvem o trabalho ilegal que acontece em diversas áreas em todo o mundo, inclusive na mineração. Percebemos na fala desses alunos a incorporação de aspectos sociais e econômicos trazidos pelo vídeo e pelas discussões realizadas em sala.

Em relação à produção dos aparelhos eletrônicos, todos os grupos reconheceram esta etapa como sendo lesiva ao ambiente e às pessoas. Realçamos a seguir algumas explicações apresentadas.

(G1) “[...] Com a produção, dependendo a indústria, não usam roupas e condições corretas para os trabalhadores e assim podem ser contaminados pela matéria-prima em produção [...]”.

(G2) “[...] Com a produção desses equipamentos, as fábricas produzem resíduos, que geralmente são jogados no meio ambiente, poluindo o ar, terra etc... [...]”.

(G4) “[...] Na produção eles usam bastante elementos químicos, que podem fazer mal para os trabalhadores dentro da fábrica, na produção a fumaça que é liberada já é tóxica e faz mal tanto para os trabalhadores quanto para o meio ambiente e para nós [...]”.

Nas respostas dos grupos G1 e G4 podemos identificar novamente o realce de questões sociais relacionadas às condições de trabalho dos operários da indústria eletrônica, quando manuseiam substâncias e/ou materiais. Entretanto, apesar de o vídeo trazer informações sobre a toxicidade deles e, evidenciar a consequência no que tange à saúde dos trabalhadores quando expostos a determinados materiais, a maior parte dos grupos não fez menção a esse aspecto. Cinco grupos do total de oito justificaram apenas que, nessa etapa do ciclo de vida dos eletrônicos, as fábricas emitem gases poluentes, que prejudicam o ambiente.

No que se refere à etapa de distribuição dos equipamentos eletrônicos, nenhum grupo considerou essa prejudicial ao ambiente e aos indivíduos em geral, talvez porque o vídeo não explore enfaticamente essa questão. Porém, não podemos deixar de considerar que a distribuição envolve a liberação de gases poluentes pelos meios de transporte que utilizam combustíveis fósseis.

Sobre a etapa de consumo, somente dois grupos consideraram que pode trazer consequências negativas para o ambiente e para a vida das pessoas. Destacamos a seguir essas duas respostas.

(G2) “[...] Com a tecnologia, as empresas de eletroeletrônicos lançam equipamentos/aparelhos novos, fazendo assim com que as pessoas descartem seus aparelhos antigos e adquiram os novos [...]”.

(G3) “[...] A 4ª etapa é quando o consumidor entra em contato com o produto, que este por sua vez pode prejudicar a saúde do próprio consumidor [...]”.

Na resposta do G3, os alunos apenas justificaram que a etapa de consumo é prejudicial por causa do contato das pessoas com os equipamentos eletrônicos. Já os estudantes do G2, argumentaram que a intensa oferta de inovações tecnológicas, acaba estimulando o consumo e, conseqüentemente, produz mais lixo. Com isso, percebe-se que somente o Grupo 2 relacionou o consumismo como um dos fatores que gera problemas para o ambiente, entretanto, os outros sete grupos não conseguiram fazer essa relação. Essas

respostas também mostram que não está claro para os alunos que o aumento da produção e o consumo de bens têm gerado desigualdades sociais, econômicas e ambientais. Este fato nos apontou para a necessidade de desenvolver outras estratégias que permitissem aos estudantes estabelecer as relações existentes entre o consumismo e os impactos ambientais e sociais, com o objetivo de desenvolver junto aos alunos valores vinculados aos interesses coletivos, como consciência do compromisso social e respeito ao próximo. Sendo que a discussão de tais valores, numa perspectiva de sobreposição destes aos valores econômicos, é fundamental para o desenvolvimento do letramento científico dos estudantes (SANTOS, 2007b), colaborando para a formação de cidadãos críticos comprometidos com a sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2002).

Por isso, decidimos que essa relação deveria aparecer no estudo de caso (Apêndice D), uma atividade que discutiremos posteriormente. Essa decisão se fortaleceu ao lermos um trecho do artigo de Barbosa e Fraxe (2013, p. 5), o qual destaca que: “*A corresponsabilidade socioambiental dos consumidores é uma realidade que requer informações, conhecimentos e organização social, porque assim a criticidade desenvolve-se com a agudez necessária para o surgimento de consumidores seletivos.*” Nesse artigo, os autores deixam claro que a criticidade deve passar pela compreensão do que é ambiente e o tomam pelas palavras de Leff⁹ (2002, p. 18): “*o ambiente não é a ecologia, mas a complexidade do mundo; é um saber sobre as formas de apropriação do mundo e da natureza através das relações de poder que se inscreveram nas formas dominantes de conhecimento*”.

Passando para a última etapa do ciclo de vida dos eletrônicos, observamos que todos os grupos consideraram o descarte de eletrônicos como sendo prejudicial ao ambiente. Destacamos alguns trechos representativos a seguir.

(G8) “[...] *Com o descarte incorreto, metais pesados causam complicações ao meio ambiente e a saúde humana podendo nos prejudicar com doenças que causam câncer e outros*”.

(G2) “[...] *Por ser altamente complexo e caro o tratamento desses resíduos eletrônicos, as fábricas exportam esses lixos, geralmente como doações para outros países, trazendo assim, uma fonte de renda negativa para os “catadores” pois essas pessoas entram em contato com esses resíduos tóxicos diariamente*”.

Constatamos que, por meio do vídeo e das discussões realizadas em sala, os alunos conseguiram depreender que o descarte inadequado do e-lixo pode trazer consequências danosas ao ambiente e à saúde das pessoas. Das justificativas apresentadas pelos grupos, três

⁹ LEFF, Enrique. *Epistemologia Ambiental*. Tradução de Sandra Valenzuela. São Paulo: Cortez, 2002.

afirmam que esse tipo de lixo libera substâncias tóxicas. Entretanto, apesar do vídeo explorar as questões sociais envolvidas na exportação ilegal do lixo eletrônico para países pobres, apenas um grupo (G2) fez menção a esse fato nas suas explicações.

Passemos agora para a análise da questão 2 (Apêndice C), com a qual buscamos examinar o entendimento dos alunos sobre as razões atribuídas pelo vídeo para a curta vida útil dos equipamentos eletrônicos. Dos oito grupos, cinco marcaram a letra “d”, que dizia que os eletrônicos são intencionalmente projetados para durar pouco, e assim, serem substituídos. Isso mostrou que os alunos entenderam a mensagem trazida pelo vídeo, evidenciada em uma das falas da autora Annie Leonard (“... projetados para o lixo...”), ao se referir à obsolescência programada. Os outros três grupos, G4, G5 e G8, marcaram a letra “e”, e consideraram que os eletrônicos duram cada vez menos porque as pessoas substituem os seus equipamentos velhos pelos mais modernos. Percebemos aqui, que apesar de apenas os Grupos G2 e G3 terem reconhecido na questão anterior o consumo como uma das etapas de vida dos eletrônicos que pode causar danos, os Grupos G4, G5 e G8 deixaram transparecer na resposta da questão 2, que os hábitos de consumo também são responsáveis pelo aumento do lixo eletrônico. Consideramos essa percepção importante para que cada indivíduo identifique que há uma cadeia de corresponsabilidade em relação à problemática explorada. A partir disso, pode-se refletir e discutir sobre as relações entre as dimensões econômica, social, ambiental, cultural, científica, demográfica, tecnológica, ética, estética e política, as quais estão intrinsecamente relacionadas à sustentabilidade ambiental (BARBOSA; FRAXE, 2013).

Dando continuidade a análise da atividade, a questão 3 (Apêndice C) perguntava aos alunos quem mais se favorecia com a diminuição da vida útil dos eletrônicos, e apresentava as seguintes opções: (a) a sociedade, (b) o governo, (c) as grandes indústrias, (d) os empregados das grandes indústrias e (e) os consumidores. Todos os grupos marcaram a letra “c”. Podemos então considerar que o vídeo e as discussões realizadas em sala foram, de certa forma, eficientes para que os estudantes pudessem perceber os interesses econômicos envolvidos no projeto de fabricação dos equipamentos eletrônicos. Visto que, projetados para durar cada vez menos tempo, esses equipamentos precisam ser constantemente substituídos, porque o concerto na maioria das vezes é inviável do ponto de vista econômico (MAGERA, 2013). Esperávamos que alguns grupos marcassem o item (b), por levar em consideração que é a partir da dimensão política, que emanam as tomadas de decisões, inclusive o fomento ao aumento de consumo, que tem como consequência a geração de uma maior arrecadação tributária. Entendemos que é muito difícil para nossos jovens alunos perceberem de imediato

que uma maior arrecadação não necessariamente significa melhores benefícios para população, pois essa é uma conta complexa e exige uma compreensão global de um sistema.

Já a pergunta 4 (Apêndice C) questionava o porquê de alguns países exportarem seu lixo eletrônico. Todos os grupos marcaram a opção “d”, que afirmava que isso se dá porque o tratamento de tais resíduos é muito complexo e caro, sendo mais fácil enviar para países que não possuem leis ambientais rígidas. Tal escolha mostrou que os estudantes compreenderam os interesses escusos por traz da falsa doação de equipamentos eletroeletrônicos. Claramente, há por parte dos países que adotam tal prática um descumprimento da Convenção da Basileia (1989), este tratado internacional visa:

[...] incentivar a minimização da geração de resíduos perigosos, inclusive com mudanças nos próprios processos produtivos e a redução do movimento transfronteiriço desses resíduos. Esse tratado pretende monitorar também o impacto ambiental das operações de depósito, recuperação e reciclagem que se seguem ao movimento transfronteiriço de resíduos perigosos. (GUARNIERE, 2011, p. 225).

A quinta questão (Apêndice C) dessa atividade tinha por objetivo saber a opinião dos alunos sobre a exportação do lixo eletrônico. Todos os grupos se manifestaram contrários a essa prática. Sendo que, seis grupos alegaram que essa exportação traz problemas ambientais e doenças para as populações dos que recebem esses resíduos e dois grupos destacaram que cada país deveria ser responsável pelo tratamento do lixo que produz. Dentre as respostas destacamos alguns trechos a seguir, que representa o discutido nesse parágrafo.

(G1) “[...] Por que cada país deveria reciclar seu próprio lixo de forma adequada e não enviar para países pobres para se livrarem deste problema”.

(G2) “[...] Por que com essa pratica tras prejuízos aos moradores ali presente, que não é compensado com o baixo rendimento financeiro. Enquanto países de primeiro mundo só lucram com isso”.

Como todos os grupos se posicionaram contrários à exportação transfronteiriça de resíduos, consideramos que o vídeo alcançou seu objetivo no tangente às questões éticas sobre esse assunto. Afinal, grande parte dos eletrônicos chega danificada aos países receptores, totalmente sem condições de uso ou recuperação. Além do que, os principais exportadores de e-lixo são os países desenvolvidos, que teoricamente têm condições tecnológicas e financeiras adequadas para tratar esse tipo de resíduo. No entanto, acabam se eximindo de suas responsabilidades por causa do elevado custo dos processos de recuperação e ou reciclagem. Assim, causam grandes prejuízos para essas comunidades pobres, que na busca de retirar

alguma vantagem econômica desse lixo, realizam operações de reciclagem extremamente perigosas e lesivas para a saúde humana.

Ressaltamos, junto aos alunos, que muitos países signatários da Convenção da Basiléia adotam para suas nações programas de educação ambiental rígidos, exigindo dos cidadãos o cumprimento de leis quanto ao descarte de diferentes tipos de resíduos, igualmente impactantes ao ambiente, como os que enviam para países com legislação menos restritiva e mão de obra mais barata (GUARNIERE, 2011). Consideramos muito difícil defender processos de educação ambiental solidária, para o desenvolvimento de posicionamentos mais críticos da população, quando o Estado não se coloca como exemplo. O mesmo raciocínio pode ser aplicado a países não signatários ou ratificadores da Convenção da Basiléia, quando implementam programas de educação ambiental para outras nações em relação a eles sem a devida reciprocidade, promovendo assim o que Pucket e colaboradores (2002) denominam de injustiça em nível global.

A sexta e última pergunta da atividade 1 (Apêndice C), questionava aos alunos se a reciclagem dos eletrônicos praticada nos países pobres, citada pelo vídeo, é uma atividade negativa ou positiva e solicitava justificativa para suas respostas. Todos responderam que nesse sentido a reciclagem é negativa. Dentre as justificativas apresentadas, 7 grupos afirmaram que essa reciclagem contamina o ambiente e as pessoas por causa das substâncias tóxicas presentes nos eletrônicos. Além disso, um grupo afirmou que esse procedimento não pode ser chamado de reciclagem, pois só é retirado o que tem valor econômico. Abaixo estão algumas respostas que consideramos mais representativas à sexta questão.

(G3) “Com certeza negativa porque de todas as formas são atitudes ilegais que prejudicam os recicladores. Tirando o problema de praticamente o mundo inteiro e jogando tudo nos países mais pobres, que já sofrem com outros problemas como a fome, por exemplo. Além dos transtornos que esse “trabalho clandestino” causa ao meio-ambiente”.

(G4) “Negativa, porque de certa forma não é reciclagem eles só estão interessados no que dar lucro e o resto vira entulho”.

Podemos verificar pela resposta de (G3) que os alunos incorporaram questões sociais, evidenciando a falta de responsabilidade ambiental dos gestores políticos no tratamento dos resíduos produzidos, bem como na transferência desse encargo para outros países sem condições de realizar tal tratamento de forma adequada.

A abordagem dos aspectos sociocientíficos também esteve presente na avaliação bimestral da escola, aplicada no 13º encontro com a turma. A elaboração da prova bimestral, como de hábito na Escola, adotou um tema único previamente escolhido pelos de professores,

que no primeiro bimestre de 2014 foi “violência”. A primeira questão da avaliação de Química (Apêndice E) trouxe um pequeno texto falando sobre as contribuições do lixo eletrônico para a violência ambiental. A partir dele, foi solicitado que os alunos explicassem como o descarte de equipamentos eletrônicos e a sua exportação para países pobres podem ser considerados atos de violência. Para elaboração de suas respostas, os alunos deveriam também levar em consideração todas as etapas da vida dos eletrônicos discutidas em sala. Essa prova foi respondida por 39 alunos.

Ao analisarmos essa atividade, percebemos que em 71,8% das respostas os alunos disseram que o lixo eletrônico contamina o ambiente, em 48,7% das respostas eles alegaram que esse tipo de resíduo pode trazer problemas de saúde para a população que o recebe e 46,2% das respostas justificaram essa violência com a contaminação dos catadores que realizam essa reciclagem de forma inadequada.

Apenas 10,3% dos alunos citaram os problemas relacionados às diversas etapas do ciclo de vida dos eletrônicos. Acreditamos que provavelmente esta questão tenha ficado muito extensa e, portanto, a maioria dos alunos se preocupou em relacionar o descarte e exportação do lixo eletrônico com a violência, deixando assim de mencionar a violência envolvida pelos impactos causados em cada etapa do ciclo de vida dos equipamentos eletrônicos. Destacamos algumas respostas que consideramos significantes.

(A6) “Porque quando descartamos qualquer lixo eletrônico em lugares inapropriados, estamos expondo a vida de outros seres humanos em risco, [...] A exportação para países pobres pode ser a fonte de renda das pessoas, mas elas estarão sujeitos a muitas doenças, por causa do contato com metais pesados presentes nesses aparelhos não só nessas duas etapas mas todo o ciclo estará expondo a vida de muitas pessoas em risco, a partir do momento em que o indivíduo está em perigo é uma violência”.

(A11) “Pode sim ser considerado um tipo de violência devido ao fato de que os países não podem simplesmente pegar seu lixo e mandar para outro país, é uma falta de respeito com os habitantes, porque o lixo tóxico produzido por ele, intoxica outras pessoas, que não produziu. E mais, esse lixo é mandado para outro país é de forma ilícita ou seja, fora da lei. Portanto, se não faz bem ao seu país porque mandar para outro?”.

(A19) “Poder ser considerado um tipo de violência porque agride o meio ambiente, poluindo o ar, o solo, agride a saúde dos seres humanos que mechem com esses resíduos por que são tóxicos. Agride toda uma sociedade, porque quando poluem a água dos rios, afeta milhares de pessoas, e as pessoas que trabalham em lixões e mechem com esses resíduos podem ter doenças graves”.

Percebemos nas respostas acima que os alunos utilizam valores como o respeito ao outro, responsabilidade social e reciprocidade para defender que a exportação do e-lixo é uma

atitude de violência. Novamente ressaltamos que, de acordo com Santos e Mortimer (2002), um dos objetivos do ensino CTS é o desenvolvimento de valores vinculados aos interesses coletivos. Destacamos, ainda com base nesses autores, a importância da discussão desses valores para a formação de cidadãos críticos comprometidos com a sociedade.

Os alunos também realizaram um debate que suscitou a discussão acerca de diversas questões de natureza social, ambiental, científica, política e econômica, relacionadas ao consumo e descarte dos eletroeletrônicos. Entretanto, discutiremos todas essas questões juntamente com a análise da argumentação desenvolvida pelos alunos no subitem 6.3, utilizando o Modelo de Toulmin (2001) e o Modelo de Análise de Argumentação Aplicável a Processos de Resolução de Questões Sociocientíficas, proposto por Sá (2010), visto que, esses modelos nos permitem discutir tanto a questão sociocientífica abordada, quanto a argumentação desenvolvida pelos alunos.

Outra atividade que teve por objetivo analisar as inter-relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade percebidas pelos alunos encontra-se no Apêndice F. Identificaremos essa atividade como final, pois foi aplicada no último encontro com a participação de 30 alunos. Eles deveriam responder a 8 questionamentos, sendo que as primeiras quatro questões e a última buscavam analisar a apreensão dos conceitos químicos relacionados à temática. A discussão dessas cinco questões será realizada posteriormente no subitem dedicado aos conhecimentos específicos de eletroquímica. Agora, analisaremos as respostas das questões 5, 6 e 7 da atividade final.

Na questão 5 (Apêndice F), os alunos deveriam falar sobre os benefícios para a sociedade decorrente da adoção de práticas de consumo racional de aparelhos celulares, bem como das vantagens da reciclagem dos eletrônicos. Ao analisarmos as respostas, expressas resumidamente na Tabela 6, observamos que 5 alunos não fizeram referência aos benefícios do “consumo racional” dos aparelhos celulares.

Em relação aos alunos que manifestaram o entendimento sobre o significado do termo consumo racional, 9 (nove) respostas relacionaram o esse consumo com a diminuição do lixo, 5 (cinco) mostraram que tal prática evita a contaminação, 3 (três) que diminui gastos, 2 (duas) revelaram que diminui a extração de recursos naturais, 2 (duas) que promove uma vida mais saudável e também 2 (duas) respostas afirmaram que diminui o impacto ambiental. Consideramos representativas as respostas abaixo.

Tabela 6 – Respostas dos alunos sobre os benefícios do consumo racional dos aparelhos celulares.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Não compreenderam o significado do termo	9	30,0
Diminuição do e-lixo	9	30,0
Não fizeram referência	5	16,7
Evita a contaminação	5	16,7
Diminuição dos gastos	3	10,0
Diminuição da extração de matérias-primas	2	6,7
Vida mais saudável	2	6,7
Menor impacto ambiental	2	6,7
Sem resposta	1	3,3

(A13) “Porque deixando de gastar tanto dinheiro em cada lançamento de tecnologia que há por mês, além desse dinheiro ser investido em outras coisas mais úteis, menos lixo eletrônico seria lançado na natureza [...]”.

(A10) “Primeiro que não vai ser preciso extrair tanta matéria-prima, já que a demanda vai ser menor, e assim não vai ter um descarte irregular que prejudique o ambiente e a nós [...]”.

Consideramos que todas essas respostas sejam condizentes com os propósitos almejados para a formação de cidadãos alfabetizados cientificamente, visto que, segundo Auler (2003), a alfabetização científica deve propiciar uma leitura crítica do mundo contemporâneo, que é amplamente influenciado pelo desenvolvimento científico-tecnológico e, portanto, exige dos indivíduos um posicionamento responsável frente a questões relacionadas à Ciência e à Tecnologia no mundo moderno. Portanto, acreditamos que reconhecer que os hábitos de consumo podem influenciar na qualidade do ambiente e da vida das pessoas é um fator essencial para se alcançar a alfabetização científica de nossos alunos.

Contudo, percebemos que 9 estudantes demonstraram não ter compreendido o significado dessa expressão, mesmo que tenhamos realizado uma explicação inicial até exemplificando. Esses 9 alunos relataram às vantagens individuais auferidas pela posse do aparelho. Exemplos desses relatados podem ser encontrados na Tabela 7 e no recorte das respostas dos alunos (A2) e (A6).

(A2) “Com a tecnologia dos celulares hoje em dia, ele pode ser muito útil para a sociedade, porque em um único aparelho existe vários equipamentos juntos [...]”.

(A6) “Sim. Hoje com um celular de qualidade a pessoa inclui-se na sociedade além de ter acesso as informações mais rápido [...]”.

Apesar das discussões e do debate realizados em sala de aula, percebemos pela fala do aluno (A6) como a cultura consumista está enraizada nesses jovens. Podemos perceber em distintos momentos da aplicação dessa estratégia que alguns alunos parecem desconsiderar a hipótese de que a cultura como produto de uma sociedade pode ser modificada.

Tabela 7 – Respostas dos alunos que mostraram não compreender o significado do termo consumo racional.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Comunicação entre as pessoas	4	13,3
Mais informação	2	6,7
Estar na moda	2	6,7
Um aparelho com várias funções	1	3,3
Inclusão social	1	3,3

Em relação aos benefícios da reciclagem para a sociedade, destacamos que a maior parte das respostas exalta os benefícios da reciclagem, pois está relacionada à diminuição da extração dos recursos naturais (nove), ao reaproveitamento de materiais (sete), à diminuição do impacto ambiental provocada pelos eletrônicos (cinco), a não contaminação causada pelos metais tóxicos (três), entre outros expressos na Tabela 8. Além disso, pode-se verificar manifestações subjetivas representada pelo trecho de A39 destacado:

(A39) “[...] Os benefícios da reciclagem desses aparelhos são a reutilização de metais presentes nos mesmos, reduzindo a extração desses minérios no meio ambiente, e contribuindo para a redução do número de intoxicação dos meios que recebem esses aparelhos”.

Tabela 8 - Respostas dos alunos sobre os benefícios da reciclagem dos equipamentos eletrônicos.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Reduz problemas ambientais	10	33,3
Reduz a extração de recursos naturais	8	26,7
Reaproveitamento de materiais	7	23,3
Evita a contaminação pelos metais	5	16,7
Reduz o e-lixo	3	10,0
Melhora a saúde das pessoas	2	6,7
Bom para a natureza	2	6,7
Não causa malefícios à saúde	2	6,7
Gera empregos	2	6,7
Gera renda	1	3,3
Resposta sem sentido	1	3,3
Não responderam	1	3,3

Temos que ressaltar também algumas respostas que consideramos superficiais, sendo que 2 (dois) estudantes afirmaram que a reciclagem melhora a saúde das pessoas, 2 (dois) alegaram que o processo não causa malefícios à saúde e outros 2 (dois) declararam que a reciclagem é boa para a natureza. Essas respostas não levaram em consideração os aspectos negativos relacionados à reciclagem dos equipamentos eletrônicos. Entre eles, salientamos que nem todas as substâncias e/ou materiais presentes nos eletrônicos podem ser recuperados pelos processos de reciclagem atualmente disponíveis, sendo necessário encaminhá-los para aterros especiais, não disponíveis em quantidade suficiente em nosso país. Além do que muitos dos processos de reciclagem são caros e complexos, demandando uma grande quantidade de energia e tecnologia de ponta, nem sempre de domínio do Brasil. Dentre as respostas, consideramos que o trecho abaixo representa o que discutimos nesse parágrafo.

(A20) “[...] *Melhora a saúde das pessoas, dos animais o ar fica menos poluído entre outros*”.

(A5) “[...] *Se o lixo eletrônico for reciclado de maneira correta não causará malefícios à saúde*”.

(A24) “[...] *A reciclagem dos equipamentos eletrônicos são boas para a natureza*”.

A questão 6 da atividade final (Apêndice F), perguntou aos alunos qual a nossa responsabilidade direta no gerenciamento do lixo eletrônico, e também quais as outras pessoas responsáveis por esse gerenciamento. Apresentamos na Tabela 9 as responsabilidades que os alunos atribuíram aos cidadãos na gestão desse tipo de lixo. A grande maioria dos alunos, 80%, afirmou que a nossa responsabilidade é realizar descarte de forma correta, apenas 5 (cinco) alunos alegaram que o consumo racional seria responsabilidade de todos e, 1 aluno afirmou que exigir dos políticos que tenhamos alternativas para fazer esse descarte também é uma responsabilidade de todos relativa ao gerenciamento do e-lixo.

Tabela 9 – Resposta dada pelos alunos sobre a nossa responsabilidade direta no gerenciamento do lixo eletrônico.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Descartar corretamente	24	80,0
Consumo racional	5	16,7
Respostas sem sentido	3	10,0
Reenvidicar dos políticos alternativas para o descarte	1	3,3

*Alguns alunos citaram mais de uma responsabilidade.

Mais uma vez, percebemos como grande parte dos alunos ignora a importância do consumo racional no gerenciamento dos problemas causados pelo lixo eletrônico. Deprendemos dessas respostas que para esses alunos o descarte correto ratificaria o direito ao consumo sem limites, desconsiderando todos os impactos causados na produção desses equipamentos e os aspectos negativos relacionados à reciclagem dos mesmos. Inferimos que essas respostas remetem a uma visão de sustentabilidade relacionada à manutenção do sistema capitalista, pois consideram que a reciclagem, que na verdade é uma medida paliativa, justifica o consumo desenfreado. De maneira contrária, Herculano (1992) nos traz a visão ambientalista do termo sustentabilidade, que pressupõe uma redução do ritmo da exploração da natureza, de forma a garantir que as futuras gerações possam dela usufruir. Isso requer que a sociedade priorize os interesses sociais coletivos, em detrimento dos interesses individuais.

Entre as outras pessoas responsáveis pelo gerenciamento do e-lixo, a maioria dos estudantes apontou o governo (60%), os fabricantes (43,4%) e uma minoria citou os donos de loja, a escola, o distribuidor, como apresentamos na Tabela 10.

Tabela 10 – Outras pessoas responsáveis pelo gerenciamento do e-lixo, segundo os alunos.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Governo	18	60,0
Fabricantes	13	43,3
Donos de lojas telefônicas	1	3,3
Escola	1	3,3
Distribuidor	1	3,3
Toda a sociedade	1	3,3

A pergunta 7 da atividade final (Apêndice F) pedia que os estudantes citassem três medidas que poderiam ser adotadas para minimizar os problemas causados pelo e-lixo. Na Tabela 11, classificamos essas medidas de acordo com a responsabilidade direta de cada segmento social. Percebe-se que a maioria das medidas citadas pelos alunos se refere a responsabilidades que se pode atribuir ao próprio consumidor. Dentre as mais citadas estão o descarte correto, que aparece em 18 (dezoito) respostas e o consumo racional dos equipamentos eletrônicos, citado por 13 (treze) alunos.

Tabela 11 – Medidas para reduzir os problemas causados pelo e-lixo, de acordo com os alunos.

Respostas	Responsabilidade direta	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Descarte apropriado		18	60,0
Consumo racional		13	43,3
Doação para a caridade		3	10,0
Usar aparelhos com múltiplas funções	Consumidor	1	3,3
Comprar aparelhos com materias reciclados		1	3,3
Buscar o concerto		1	3,3
Buscar informações sobre o descarte correto		1	3,3
Evitar o contato com os metais dos equipamentos		1	3,3
Aumentar as empresas que recebem esse lixo		3	10,0
Acabar com os lixões		1	3,3
Fiscalização para evitar a exportação do e-lixo	Governo	1	3,3
Mais informações sobre os centros de coleta		1	3,3
Punição para o descarte inadequado		1	3,3
Reciclagem	Governo e Fabricante	8	26,7
Coleta específica do e-lixo		5	16,7
Criação de centros de reciclagem		4	13,3
Conscientização sobre os danos do e-lixo	Consumidor, Governo e	6	20,0
Pensar de forma ética	Fabricante	1	3,3
Fabricação de equipamentos mais duráveis	Fabricante	1	3,3

Observamos que apesar das respostas à questão 6, em que apenas 5 alunos citaram o consumo racional como uma responsabilidade de todos no gerenciamento do lixo eletrônico, na questão 7, quase metade dos alunos (43,4%) reconheceram a importância dessa atitude para a redução dos problemas relativos ao e-lixo. Acreditamos que o enunciado da sexta questão não tenha ficado bem estruturado, pois da forma como ela foi apresentada aos alunos, levou-os a priorizar a ação que consideraram mais importante para a situação vivenciada e não a atuação preventiva ideal. Os resultados da questão 7 corroboram nossa inferência, pois mostram que os estudantes continuam escolhendo o descarte adequado em primeira instância e em segundo lugar vem o consumo racional.

Algumas medidas apontadas pelos estudantes podem ser consideradas como sendo de esfera do poder público, como o incentivo para criação de mais empresas que recuperam esses resíduos, punição para os que descartam tais resíduos de maneira errada e a extinção dos lixões. Porém, em poucas respostas os alunos fizeram referência a atitudes que são de responsabilidade exclusiva dos fabricantes, isso porque apenas 1 (um) aluno citou que os aparelhos deveriam ser mais duráveis e nenhuma resposta sugeriu a diminuição ou a substituição das substâncias tóxicas na fabricação dos eletroeletrônicos.

Podemos dizer que as atividades realizadas e discutidas nesse subitem influenciaram positivamente os alunos na construção e incorporação de conhecimentos relacionados às questões CTS imbricadas na temática resíduos eletroeletrônicos, bem como promoveram o desenvolvimento de habilidades e valores necessários à tomada responsável de decisões, que é a tônica da resolução do estudo de caso a ser abordada no próximo subitem. Consideramos que as habilidades desenvolvidas são relativas à percepção dos fatores sociais, econômicos, políticos e ambientais envolvidos na problemática em questão, e os valores são aqueles relacionados ao interesse social, como: respeito ao outro, igualdade, reciprocidade, consciência do compromisso social, entre outros. Os dois aspectos citados são defendidos por Bybee (1987) e Santos e Mortimer (2002) como objetivos das propostas de ensino CTS.

5.3 A ARGUMENTAÇÃO

Uma etapa deste trabalho foi analisar a qualidade da argumentação ocorrida entre alunos durante um debate simulado em sala de aula, o qual ocorreu como fechamento da atividade de resolução de um estudo de caso, que tinha por objetivo estimular a elaboração de argumentos por parte dos alunos.

Esse estudo de caso, disponível no Apêndice D, foi elaborado seguindo as recomendações de Herreid (1998). Trata-se da história de Marina, uma adolescente que expressou à sua mãe o desejo de ganhar um novo aparelho de celular, justificando que para os padrões sociais vigentes, a tecnologia do seu antigo telefone móvel estava ultrapassada. Com o intuito de provocar reflexão pela adolescente, sua mãe a desafiou na busca por informações sobre a disposição final de lixo eletrônico e os possíveis impactos desse descarte.

Após a leitura e discussão sobre o caso de Marina, a turma foi dividida em grupos, respeitando-se a opinião dos alunos em relação à situação delineada no estudo de caso. O Grupo A foi composto por 16 alunos que apoiavam a adolescente em sua solicitação. Já o Grupo B contou com 24 alunos, os quais consideravam que Marina não deveria ganhar um novo celular. Essa atividade teve duas etapas, sendo a primeira, a elaboração de um trabalho escrito. Para essa parte, os dois grandes grupos foram subdivididos, da seguinte forma: do Grupo A formou-se dois subgrupos com oito alunos cada e do B, três subgrupos de oito alunos. Essa divisão teve o propósito de facilitar o desenvolvimento do trabalho escrito, pensado na perspectiva de ajudar os alunos a construir argumentos consistentes que levassem a solucionar o caso de Marina.

Esclarecemos que essa atividade foi proposta no nono encontro com a turma, portanto, uma série de outras atividades já havia sido desenvolvida com o intuito de conduzir os alunos a uma visão mais crítica sobre a problemática em questão. Destacamos que dos 40 alunos presentes no dia em que os grupos foram formados, 24 deles, ou seja, 60% se posicionaram contra Marina ganhar de sua mãe um novo celular. Inferimos desses dados, que as atividades até aqui desenvolvidas colaboraram com esse posicionamento mais responsável da maioria dos alunos quanto ao consumo de eletrônicos. Isso vem ao encontro com um dos principais objetivos do ensino Ciências com enfoque CTS, que é a tomada de decisão responsável sobre questões que envolvam C&T na sociedade, como apontam diversos estudiosos, dentre eles Aikenhead (2005), Auler (2003), Santos e Mortimer (2002).

Os alunos tiveram um prazo de três semanas para a elaboração do trabalho escrito e durante essa elaboração, contaram com a minha orientação, em horários contrários à aula, sendo que para cada grupo foram disponibilizados dois encontros. Em princípio, esses encontros no contra turno das aulas geraram uma insatisfação nos alunos, pois a maioria deles faz estágio remunerado em órgãos públicos e empresas. Buscando solucionar o problema, decidimos que pelo menos dois integrantes dos grupos estariam presentes nos encontros e que uma dessas reuniões seria realizada no período de aula, após o término das provas, visto que na semana de avaliação os alunos são dispensados mais cedo de suas atividades escolares. Apesar dessas concessões, um dos dois subgrupos do Grupo A não compareceu a nenhum dos encontros, não apresentou justificativa, não entregou a tarefa e nem participou do debate, apesar de estarem presentes na sala de aula.

Na segunda etapa dessa atividade, foi realizado um debate entre o Grupo A e o Grupo B, em que os grupos deveriam justificar e defender sua opinião sobre a resolução do caso de Marina, ou seja, se ela deveria ou não ganhar um novo celular. A dinâmica do debate foi combinada com os grupos no início da atividade, seguindo os passos: 1º - o grupo opositor apresentava um argumento que defendia seu ponto de vista; 2º - o grupo proponente tinha um tempo para contestar o argumento apresentado e, por fim, 3º - o grupo opositor poderia incorporar novos elementos em sua defesa. Porém, no decorrer da atividade, percebemos a necessidade de adicionar mais uma etapa, em que o grupo proponente novamente pudesse contestar os novos elementos apresentados pelo grupo opositor. Com a concordância de todos, o tempo disponível permitiu que cada grupo tivesse dois momentos para expor seus argumentos e assim, defenderem sua opinião sobre o desfecho do estudo de caso. O debate ocorreu no décimo sexto encontro e estavam presentes 37 alunos, sendo 22 do Grupo A e 15 do Grupo B.

Todo o debate foi acompanhado por um grupo de 3 professores, representando ali um corpo de jurado. Para tal, foram convidadas duas professoras, uma delas atualmente é a vice-diretora da escola e a outra, a orientadora dessa dissertação. Ao final do debate, a participação dos alunos foi discutida entre as professoras e decidiu-se qual dos grupos apresentou argumentos mais convincentes. Entre os fatores analisados pelas professoras, destacamos: a estrutura dos argumentos apresentados, a diversidade na natureza desses argumentos (científicos, social, ética, econômicos e ambientais) e os diferentes tipos de evidências usadas na elaboração das opiniões (SÁ, 2010).

Como utilizaremos em nosso trabalho o esquema de Toulmin, cabe lembrar os significados de seus componentes: (D) Dado; J (Justificativa); B (*backing*); R (refutação) e; Q (qualificador modal). No entanto, novamente ressaltamos as limitações desse modelo apontados por Driver *et al.* (2000). Os autores consideram que tal modelo não conduz ao julgamento da veracidade ou da adequação dos argumentos e não considera o contexto em que este é produzido. Além do que, não contempla a construção coletiva do argumento. Entretanto, devemos considerar as situações onde a construção do argumento acontece de forma coletiva, e que, nessas situações, nem sempre os argumentos aparecem de maneira ordenada, muitas vezes as justificativas estão implícitas e algumas falas dos alunos são complementares. Assim, buscamos observar as ligações existentes entre as alegações complementares citadas por diferentes integrantes dos grupos, para dessa forma, evitar uma análise inflexível e descontextualizada dessa atividade.

Para verificarmos se as habilidades argumentativas dos alunos foram desenvolvidas, analisaremos a qualidade dos argumentos por eles produzidos, bem como a capacidade de avaliação e refutação de argumentos contrários.

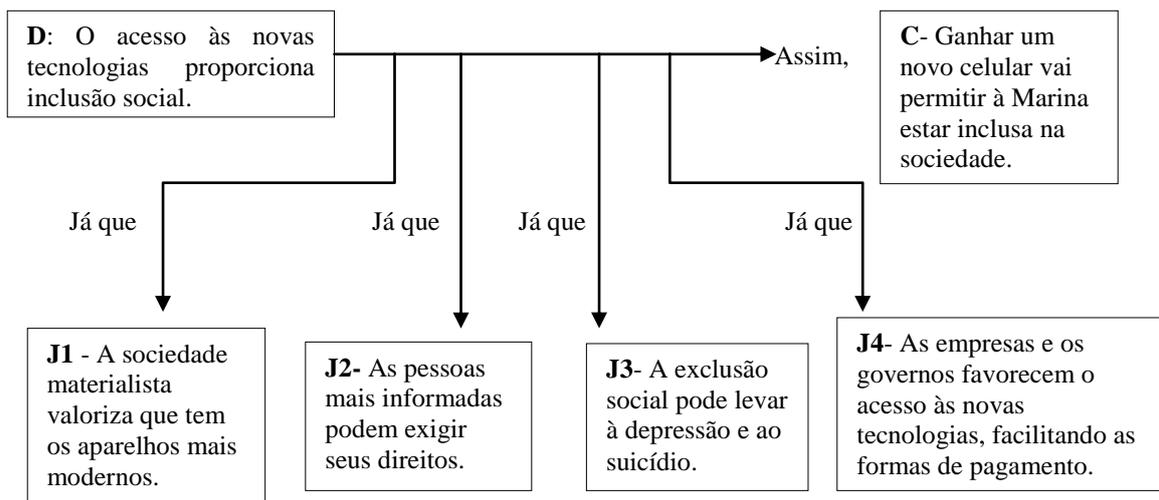
Utilizamos o modelo de Toulmin (2001) para identificar os componentes dos argumentos produzidos pelos alunos e adotamos a metodologia proposta por Osborne, Erduran e Simon (2002) para analisarmos a qualidade desses argumentos, que será avaliada a partir da combinação dos componentes dos argumentos, conforme o modelo de Toulmin. De forma complementar também utilizamos o modelo de Sá (2010) para realizarmos a análise da natureza dos argumentos produzidos, bem como as fontes de evidências utilizadas pelos grupos.

Ressaltamos que a discussão apresentada a seguir foi possível devido ao conjunto metodológico adotado, a saber: a gravação em vídeo do debate, a transcrição dessa gravação e as anotações realizadas pelas professoras. Salientamos algumas dificuldades encontradas durante essa análise, a saber: 1) Dada a participação entusiasmada dos alunos e o grau de

agitação, foi difícil manter uma organização das falas, pois eles acabavam desrespeitando a ordem de pronunciamento, o que gerou muito barulho de fundo na filmagem e atrapalhou a compreensão do áudio no momento da análise e; 2) Em função de ser uma experiência nova tanto para os alunos como para mim, a professora, em alguns momentos, foi necessário intervir, pedindo ordem e objetividade, pois os alunos, ao invés de focarem na situação posta pelo grupo opositor, acabavam trazendo assuntos correlatos, o que dificultou muito a identificação dos componentes dos argumentos. Apresentamos a seguir nossa análise baseada no modelo de Toulmin.

O grupo A durante o debate defendeu a ideia de que Marina deveria ganhar um celular novo. A seguir, encontram-se no Esquema 1 trechos da discussão em sala de aula, ilustrando os componentes do primeiro argumento defendido pelo grupo A.

Esquema 1 – Argumento 1 apresentado pelo grupo A para resolução do caso de Marina.



O grupo A argumentou que a posse de um novo celular permitiria a Marina ser incluída na sociedade, como demonstrado nos trechos do Quadro 6, a seguir.

Percebemos nas falas explicitadas no Quadro 6, que os alunos se identificaram com a história de Marina, pois muitas vezes eles se referem a si mesmos, como se pode ver nos trechos em negrito. Isso evidencia a adequação do estudo de caso a um dos aspectos referidos por Herreid (1998). Segundo o autor, entre outros fatores, um “bom caso” deve gerar empatia de quem irá resolvê-lo com os personagens principais.

Em relação à estrutura do argumento apresentado também, verificamos a presença do dado, de quatro justificativas e da conclusão, porém o grupo em nenhum momento fez uso de *backing*, qualificadores ou refutações.

Quadro 6 – Turnos de fala dos alunos do Grupo A na apresentação do Argumento 1.

Turno	Falas
2	<i>A2: Ter a consciência que o lixo eletrônico prejudica a natureza e aos seres humanos, mas e que isso tem a ver com o que... ela ganhar o celular, isso tem haver por que ela ganhar o celular é um meio dela se incluir, é uma inclusão dela numa realidade que está tendo, é uma nova realidade pra gente, um celular touchscreen, que tem bluetooth, wifi, um monte de apetrechos, um monte de coisinhas, isso é uma realidade nossa, então ela tem o direito de se incluir, dela usufruir, por que ninguém vai viver do passado pra sempre, ninguém vai viver com um celularzinho que não tem nada pro resto da vida, sendo que tem um monte de celular novo. Quem é que não quer conhecer uma nova tecnologia?</i>
3	<i>A3: Até porque a tecnologia, ela veio para incluir a todos, e aqueles que não estão inclusos na tecnologia, são meios que... é... excluídos da sociedade.</i>
158	<i>A1: [...] Ela não é obrigada a comprar um celular de dois mil reais, e mesmo se ela fosse comprar, hoje tem benefícios, ela pode parcelar em doze vezes sem juros.</i>

O grupo B, entretanto, contestou o argumento acima, considerando que no caso em questão, Marina tinha acesso à internet pelo computador de sua casa, portanto, ela não estaria excluída do acesso à informação e às redes sociais, como demonstrado no Quadro 7.

Quadro 7 - Turnos de fala dos alunos do Grupo B na refutação do Argumento 1.

Turno	Falas
6	<i>A4: Elas disseram que de certa forma ela tá excluída, mas no texto a própria mãe da Marina fala que ela já tem computador e a câmera fotográfica, será que essas redes sociais, esses aplicativos que têm no celular, já não tem no computador, ela não pode acessar de qualquer jeito? Ela está, não está excluída, digamos, o tempo todo, no computador ela não está excluída, ela tem tudo. Você não acha, não?</i>
7	<i>A5: E... uma coisa que eu gostaria de ressaltar, elas usaram o termo: ela precisa desse celular para entrar na sociedade, para se incluir na sociedade... Ela não necessita, se fosse uma coisa que ela realmente necessitasse, tipo... ou eu tenho esse celular para eu entrar na sociedade ou eu não vou fazer parte da sociedade de maneira nenhuma. Ela não necessita, ela precisa, porque ela pode fazer parte da sociedade utilizando a internet, ela pode tirar foto através da máquina fotográfica. Então, ela não necessita, ela precisa.</i>
168	<i>A8: Então gente, já que a questão dela, ela quer tanto se socializar, ela só pode se socializar no meio tecnológico? Por isso que o mundo não tá indo pra frente. Calma, calma, calma, então, ela quer se socializar, mas temos mais que socializar pessoalmente é... Tá faltando amor, tá faltando as pessoas terem mais convivência uma com a outra, estão utilizando muito de meio tecnológico e estão deixando mas a questão de afetividade de lado.</i>

Nas respostas à contestação do grupo B, manifestadas nos turnos 16 e 18 mostrados no quadro 8, abaixo, percebemos a valorização dos bens de consumo na fala dos componentes do grupo A, pois este considera que inclusão social pela tecnologia se dá pela posse de aparelhos mais modernos e não pela função que estes desempenham. Essa defesa do grupo A expõe um caráter materialista, que valoriza os bens por seu *status* ou significado relacionados à

aparência. Para Chaplin e John¹⁰ (2007) citado por Solomon (2011), os valores materialistas estão ligados a auto-estima mais baixa, até mais fortes nos pré-adolescentes do que nas crianças e nos adolescentes. Para os alunos do grupo A, só estariam incluídos socialmente aqueles que acompanham as inovações tecnológicas.

Outro aspecto observado nessas respostas, é a pressão social exercida em determinados contextos, que influencia os hábitos de vida das pessoas. Percebemos que estes alunos valorizam sobremaneira esses produtos, porque esperam deles um *feedback* para concretização de suas metas (SOLOMON, 2011). Pode-se dizer também que eles expõem necessidade de associação, há que se impressionar os amigos para amenizar o medo da solidão ou de não serem aceitos nas tribos. Esses indivíduos precisam agir de acordo com o grupo que almejam se inserir.

Quadro 8 – Turnos de falas do Grupo A - resposta à refutação feita pelo Grupo B.

Turno	Falas
16	<i>A3: Também tem a questão da participação social, todos nós que temos um... Todos nós não, o que tem um celular bom, todo mundo já fica: Oh! Aquele celular, fulano tá “ostentando”. Você já começa a ganhar o respeito dentro da sociedade, que é muito materialista, a nossa sociedade.</i>
17	Interferência do Grupo B: <i>A4: Mas quem impõe esse respeito?</i>
18	<i>A5: A própria sociedade. A própria pessoa pode se excluir pelo fato dela não ter um celular tão adequado á geração dela. Ela pode tá... Além dela se excluir, a própria sociedade pode também excluí-la. Ela pode ficar com depressão até que, como caso mais grave, até mesmo o suicídio.</i>

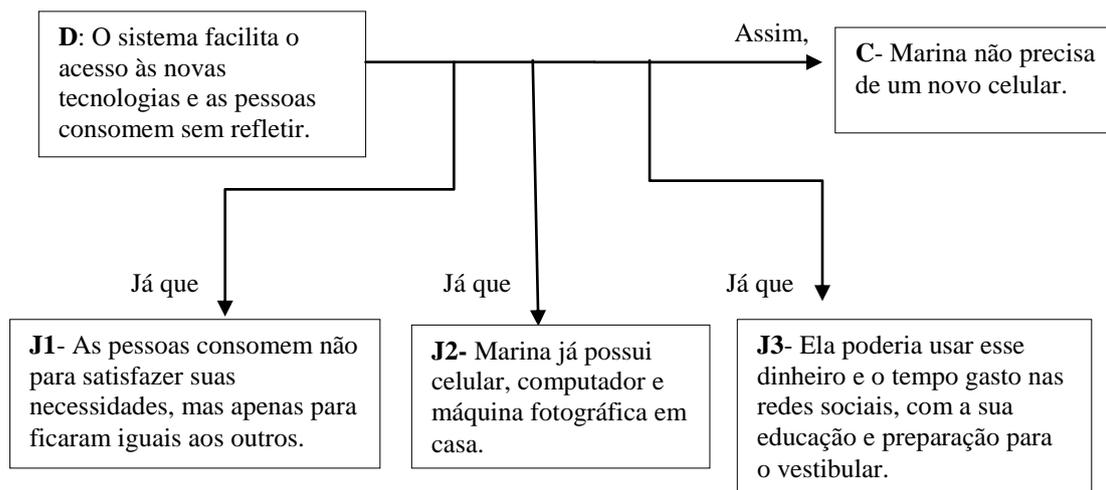
Podemos notar nessas falas, a essência da cultura capitalista que é dominante na sociedade do consumo. Como defende Bauman (2008), todos precisam, devem, e têm que consumir se quiserem “ter a capacidade de alcançar e manter a posição social que desejam, desempenhar suas obrigações sociais e proteger a sua autoestima”. Nesse sentido, as pessoas consomem não mais para satisfazerem suas necessidades, mas sim para alcançar um *status* social. Essa lógica imposta pelo sistema capitalista conduz ao consumo desenfreado e irracional, pois desconsidera todas as implicações ambientais decorrentes do consumismo, que serão colocadas em contraposição pelos alunos do grupo B.

O primeiro argumento defendido pelo grupo B, encontra-se ilustrado no Esquema 2 abaixo. O grupo defende a ideia de que Marina não precisa de um novo celular, isso porque ela já tem três equipamentos que desempenham as mesmas funções presentes nos celulares modernos. O grupo justifica dizendo que o sistema capitalista induz as pessoas a consumirem

¹⁰ CHAPLIN, L. N.; JOHN, D. R. Growing up in a material world: age differences in materialism in children and adolescent. *Journal on Consumer Research*, n. 34, p. 480-493, December 2007.

sem refletir sobre suas reais necessidades. Cabe destacar que para despertar nos indivíduos essas necessidades o sistema econômico utiliza a publicidade, trazendo pontos de vistas para suscitar no espectador a predisposição para avaliar um objeto. De acordo com Solomon (2011), cabe aos profissionais do *marketing* reconhecer as necessidades dos consumidores, bem como seu grau de envolvimento com os produtos e suas atitudes com relação ao produto. Assim, a mídia, a serviço dos interesses capitalistas, divulga a todo instante, anúncios que buscam associar o consumo com a ideia de felicidade instantânea e de realização pessoal. Costa e Mendes (2012) defendem que o consumismo não existiria sem a publicidade, e que é por meio desta que se desenvolvem novos padrões de consumo, surgem novos estilos de vida, e conseqüentemente, surgem novas necessidades, não somente físicas e psicológicas, mas principalmente sociais.

Esquema 2 – Argumento 2 apresentado pelo grupo B para resolução do caso de Marina.



Quanto à estrutura deste primeiro argumento defendido pelo Grupo B, o mesmo apresenta o dado, três justificativas e a conclusão, estando ausentes *backing*, qualificadores e refutações. A seguir apresentamos no Quadro 9 trechos do primeiro argumento defendido pelo Grupo.

Quadro 9 – Turnos de fala do Grupo B na apresentação do argumento 2.

Turno	Falas
24	<i>A4: Vamos falar em relação ao capitalismo, né? No texto a Marina mesmo fala que, é muito fácil comprar um celular, tanto que ela pede para comprar e dividir em 12 vezes pra ficar mais barato. Isso mostra que os capitalistas estão barateando, barateando, não, deixando mais acessível é,... Comprar esses aparelhos.</i>
25	<i>A5: E as pessoas cada vez mais se sentem alienadas, por quê? É fácil chegar até aquilo, e se é fácil porque eu não posso ter? Entendeu? E assim é certo que é fácil</i>

	<i>chega ... a gente tem aqui um celular e tal, meio desatualizado em termo de tecnologia, aí porque certos amigos e colegas meus tem um mais atualizado, whatsapp, facebook, os aplicativos em geral, é... Eu quero também ter um daquele por que, eu quero é... Se o meu não tem android, eu não vou poder ter whatsapp.</i>
26	<i>A6: Porém entre a questão, de que esses aplicativos que tem no celular tecnológico, o principal objetivo deles é a comunicação da mesma forma que um celular que não, é... Por exemplo, o que ela tem é um normalzinho, não tem bluetooth, não tem sistema android, e provavelmente não tem aplicativos de, whatsapp, facebook. Porém, com esse telefone ela pode ligar, fazer uma ligação, e é o mesmo objetivo do que os outros aplicativos, que é se comunicar, entendeu?</i>
28	<i>A6: E também a questão, por exemplo, o celular, o normalzinho dela, não teria a câmara fotográfica, é... não tiraria a foto, porém existe a câmara fotográfica também que é uma material portátil, como elas falaram, o negócio da evolução, é que elas não precisariam, o que elas falaram aquela questão da pessoa ir em casa para poder se comunicar, com relação ao negócio da foto a máquina também é uma coisa portátil, ela poderia, né? Usar as duas coisas, sem precisar de tá... Porque isso também... é, colabora para o consumismo, não é verdade? Coisas que você não precisa, é porque é uma coisa nem necessária, sendo que você já tem aquilo, né verdade?</i>

Ao contestar o argumento exposto pelo grupo B, os alunos de A apresentaram uma refutação que consideramos inconsistente, pois defenderam, como podemos observar no Quadro 10, que Marina tem três aparelhos eletrônicos, quando ela poderia ter apenas um com as três funções. Entretanto, o grupo desconsidera que ela já possui esses três aparelhos, então, não justificaria ela descartar três equipamentos ainda em bom estado, para comprar um novo com diversas funções. Outra incoerência está relacionada com a informação dada pelo grupo de que os eletrônicos mais antigos são mais duráveis porque apresentam mais metais do que os equipamentos modernos. Talvez, a associação feita pelo aluno ao manifestar tal opinião, seja que os mais antigos possuem mais metais, já que são mais pesados. No entanto, essa diferença no peso pode se relacionar às mudanças de *design* e materiais usados nos aparelhos mais novos que são mais leves que os antigos.

Quadro 10 – Turnos de fala do Grupo A na contestação feita ao argumento 2.

Turno	Falas
41	<i>A2: Vocês falaram bem assim: que um celular ela não precisa ter porque ela tem o computador e tem a câmara e o celular, então ela tem três, então são três lixos eletrônicos, sendo que ela pode ter um lixo eletrônico, e outra os aparelhos de antigamente, eles contêm mais metais, mais lixo eletrônico do que os que são produzidos agora, por que como eles são feitos para durar, eles têm muito metal, não é pouquinho metal [...]. Mas ele vai ter as três funções, em um só e vai ser então, são menos três desgaste na natureza, por que ela... num computador, olha o tanto de metal que vai ter num computador, o chumbo, o cádmio e vários outros, o ferro e o alumínio, e vários outros, e no celular ela vai...e ... na câmara também vai ter vários desses outros, e no tablet, a aí ela tendo isso, essas informações todinhas, o computador, a câmara e o celular para fazer as ligações. No celular, em um só, olha... vai reduzir bastante, num vai?</i>

109	<i>A2: Se os aparelhos de antigamente duram mais, por que nem é todo mundo que tem uma televisão de antigamente, um computador de antigamente, ou então em casa tudo de antigamente, se eles duram mais, porque tá tudo mundo com novas tecnologias?</i>
-----	--

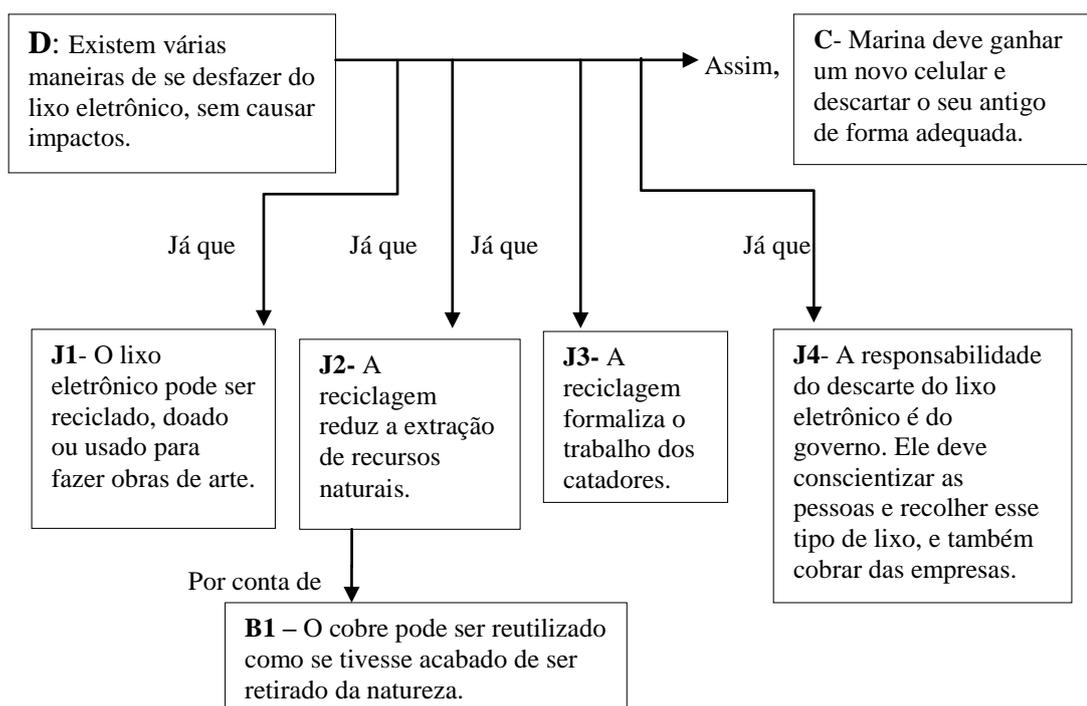
Em outro momento do debate, o grupo B reconhece uma dessas incoerências na fala do seu opositor, e como destaca Leitão (2011) a avaliação de argumentos é uma das habilidades desenvolvidas pelo exercício da argumentação, como podemos verificar no Quadro 11 a seguir:

Quadro 11 – Turno de fala do Grupo B: resposta à contestação feita pelo Grupo A.

Turno	Falas
112	<i>A4: Eu me surpreendi, já que pra Marina ganhar um celular, ela tem que descartar todos os aparelhos que ela tem em casa, eu me surpreendi com vocês que defendem isso, mas não sabem nem um centro de descarte de lixo. Vocês deviam pesquisar.</i>

O segundo argumento defendido pelo grupo A encontra-se representado pelo Esquema 3. Este argumento apresenta dado, conclusão, quatro justificativas e um *backing*. Aqui, os alunos defendem que existem várias formas de dispor os equipamentos eletrônicos inservíveis sem causar impactos ao ambiente e às pessoas, e por isso, Marina deve ganhar um celular novo.

Esquema 3 – Argumento 3 apresentado pelo grupo A para resolução do caso de Marina.



Percebe-se novamente aqui uma contradição em relação às ideias defendidas pelo grupo A. No início de sua exposição oral, o grupo atribui a responsabilidade de descarte do lixo eletrônico a três atores sociais: o consumidor, o fabricante e o governo. Os alunos atribuíram aos fabricantes a responsabilidade pelo recolhimento dos equipamentos após sua vida útil, no entanto, não se referiram à melhoria da qualidade dos produtos que poderiam ter um maior tempo de duração e nem sobre a redução das substâncias tóxicas presentes nesses produtos. No que se refere ao poder público, os estudantes salientaram a responsabilidade na conscientização da população para descartar esses resíduos corretamente e também o seu papel de exigir, pelos meios legais, que os fabricantes recolham e deem o tratamento adequado aos eletrônicos. Para eles, o consumidor não deve jogar tais equipamentos no lixo comum. O que podemos observar no Quadro 12 a seguir:

Quadro 12 – Turno de fala do Grupo A.

Turno	Falas
1	<i>AI: Quem é responsável por todos esses produtos que não queremos mais? Então... Quem são? São as possíveis respostas: os próprios consumidores, os fabricantes ou o poder público? [...] Todos nós possuímos uma parcela de responsabilidade [...].</i>

Porém, ao discursar sobre o seu segundo argumento, o mesmo grupo foi contraditório, atribuindo essa responsabilidade apenas ao governo, como mostra o Quadro 13 abaixo.

Quadro 13 – Turnos de fala do Grupo A na apresentação do argumento 3.

Turno	Falas
91	<i>A3: A Marina não estará sendo egoísta, por que a mãe dela propôs: ela, fazer uma utilização, utilizar bem aquele lixo, aquelas baterias, celulares velhos, carregadores, para que ela possa ganhar o celular. Ela fazendo isso ela vai estar se conscientizando, ah é, também a parte da responsabilidade do governo, eu também concordo que a responsabilidade é do governo porque a nossa própria cultura traz que a gente pode fazer qualquer coisa praticamente, e o governo tem que conscientizar primeiro, e depois da conscientização vem a nossa parte de participar e depois a do governo de recolher. E a questão da locomoção, você acha que a Marina não se conscientizando, o governo não conscientizando todo mundo, tal e coisa... Vai continuar a mesma coisa, vai chegar navios de toneladas e toneladas de lixo eletrônico se deslocando até o outro lado do mundo pra deixar lixo lá, pra trabalhadores que trabalham irregularizadamente se contaminar, e depois ele vai ter que voltar, fazer o trajeto de novo, de novo e de novo. [...] a durabilidade do celular também tem... Os celulares que são mais duráveis são os antigos, claramente, mas só que o... A própria economia tá querendo descartá-los, você não acha mais a pechinha de um aparelho velho porque o governo, a economia quer que você já jogue ele fora e consuma outro, que como você diz: vai durar menos, vai estragar e se você não tiver conscientização que o governo te dá... você vai causar... prejudicando fazendo isso... trajeto até o outro lado do mundo, contaminando pessoas, fazendo pessoas morrer, contaminando os lençóis freáticos e enfim.</i>

Apesar de confusa a manifestação da aluna A3, ela deixa evidente que o grupo atribui a responsabilidade do gerenciamento do lixo apenas ao poder público, desconsiderando a importância da participação das pessoas na sociedade. Desconsidera também, que os governantes são seus representantes e que todos têm o dever de exigir que eles trabalhem a favor dos interesses da sociedade.

Outro aspecto importante a ser considerado nesta atividade, é que os alunos não estão habituados a exercer a argumentação em sala de aula. Acreditamos que essa falta de exercício do discurso argumentativo tenha dificultado a percepção dos interlocutores sobre suas afirmações contraditórias, bem como tenha influenciado no uso de um discurso autoritário, quando confrontados. Entendemos como discurso autoritário ou argumento de autoridade aquele que não possui uma sustentação lógica. Leitão (2011) destaca que apesar de a argumentação estar presente em diversas esferas da vida diária, se trata de uma atividade que demanda competências cognitivo-discursivas particulares e, por isso, essas precisam ser adquiridas e desenvolvidas por meio de práticas educacionais específicas. Apesar dessas observações, devemos considerar que as justificativas 1, 2 e 3 (J1, J2 e J3) apresentadas pelo grupo são coerentes e permitem relacionar o dado à conclusão.

Na contestação feita pelo o Grupo B, os componentes discordam principalmente das justificativas J1 e J3, que tratam do descarte correto do lixo eletrônico e da responsabilidade no gerenciamento desse lixo, como podemos ver no Quadro 14 abaixo.

Quadro 14 – Turnos de fala do Grupo B na contestação feita ao argumento 3.

Turno	Falas
75	<i>A5: E será que todos da população irá procurar, de fato, um centro especializado? Por que pelo que eu entendi, pessoas falavam que em geral iriam, mas de fato nem todos irão procurar um centro especializado...</i>
88	<i>A9: Sem falar que isso é culpa nossa sim, nós sempre estamos querendo novas tecnologias e os celulares que são produzidos estão com o tempo de vida útil cada vez mais reduzido e a tecnologia em constante andamento, lança um celular esse mês agora, mês que vem lança outro e você vai querer comprar, e aí vai gerando mais e mais lixo eletrônico [...].</i>
152	<i>A6: Eles falaram que até hoje eles não sabia, nunca viram uma propaganda, nem nada falando a respeito de onde que se deve jogar o lixo eletrônico, mas nos próprios eletrônicos vem dizendo que não se pode jogar os eletrônicos no lixo comum.</i>
154	<i>A4: Eles falaram que a culpa é do governo, mas quem compra o aparelho? Foi o governo?</i>
176	<i>A4: [...] Outra coisa, vocês falaram que o governo facilita, agora a gente vive numa sociedade socialista? Onde o governo que comanda? É uma sociedade socialista? [...].</i>
182	<i>A6: Eles falaram que a culpa do governo, porém, a partir do momento que a gente aceita o sistema que o governo, entre aspas, impõe, a gente também tá participando... (desse sistema) ué, né verdade?</i>
183	<i>A7: Porque cada um tem aquele negócio de livre arbítrio, você aceita o que você quiser. A culpa não é só do governo, se você tá aceitando isso, a culpa também é sua.</i>

Os estudantes contestam que o dever de gerenciar os resíduos eletrônicos não pode ser atribuído apenas ao governo. Observamos na fala desses alunos uma noção de compromisso social, pois os mesmos se incluem no sistema, ao afirmar que se as pessoas aceitam as atitudes do governo, elas também estão colaborando para a manutenção desse sistema e, portanto, tem sim parcela de responsabilidade. Percebemos mais uma vez que os alunos se referiam a valores de interesse coletivo, que é um dos requisitos necessários para o desenvolvimento do letramento científico dos indivíduos.

Além disso, o grupo destaca que o ato de consumir é uma decisão pessoal, portanto, cada pessoa tem sua parcela de responsabilidade sobre a produção e descarte dos equipamentos eletrônicos. O grupo afirmou também que, apesar dos próprios aparelhos trazerem instruções de que não podem ser depositados no lixo comum, normalmente, as pessoas realizam esse descarte de forma inapropriada.

Ao responder a contestação feita pelo oponente, o grupo A insiste que a responsabilidade seja do governo. Nesse momento, o grupo até considera a participação das pessoas na gestão do lixo eletrônico, mas condiciona essa participação à conscientização feita pelo poder público e também responsabiliza este pela desinformação da população. No turno 184, percebemos mais uma vez uma incoerência nas afirmações deste grupo, ao dizer que as pessoas têm que participar exigindo das autoridades, em contradição com a ideia anteriormente defendida de que as pessoas só participam quando o governo as conscientizam. Apesar das contestações feitas pelo grupo oponente, o Grupo A mantém seu ponto de vista, o que pode ser observado no Quadro 15.

Quadro 15 – Turnos de fala do Grupo A – resposta à contestação feita pelo Grupo B.

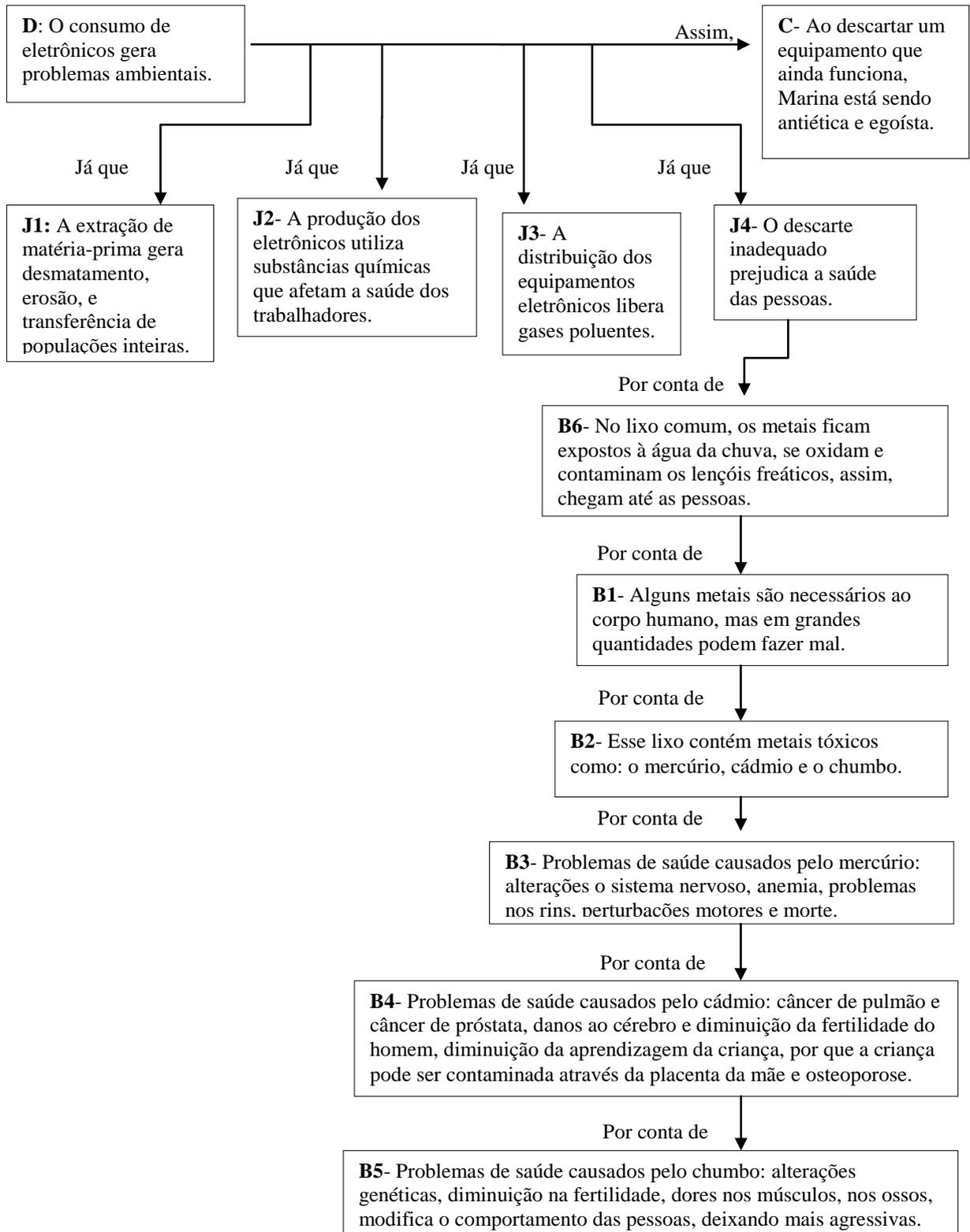
Turno	Falas
125	<i>A3: [...] Vocês estão pegando muito no pé da gente nesse ponto de descarte, eu já disse, que a responsabilidade é do governo, por que ele conscientiza, a gente participa e ele recolhe. Só que, ele não está fazendo as campanhas de conscientização. Ninguém vê aqui, caminhão de lixo vai passar em tal rua recolhendo lixo eletrônico, tal e coisa, ninguém viu isso. Sinceramente, eu nunca passei na frente do SLU, eu nunca vi uma propaganda do SLU, nenhum cartaz perto de um prédio do governo do SLU, eu nunca, eu não sabia, não, eu já tinha ouvido falar do SLU, mas eu não sabia qual o significado do S L U.</i>
129	<i>Jurada 2: Eu vou fazer uma pergunta aqui, pra completar isso aqui: o celular, eu não sei nome de todo mundo, mas a aluna que está lá no fundo, isso mesmo, Érika, pra que, que é mesmo que servem os aparelhos eletroeletrônicos que você defendeu lá no início?</i>
130	<i>Interferência do Grupo B: A6: Pra se comunicar.</i>
131	<i>Jurada 2: Ok, então, comunicação. Um novo celular traria mais informação e mais rápido pra mim? Se um novo celular traz informação, mais rápido, como que a gente não sabe essa questão do SLU?</i>

132	<i>A3: Pela falta de informação do próprio governo.</i>
133	<i>A1: Por que ninguém procura informar a sociedade. Por isso que a gente não tá sabendo de tudo isso.</i>
134	<i>A3: Ninguém pega o celular aqui e pesquisa, onde é que fica o SLU em Planaltina. Eu nunca ouvi ninguém falar isso.</i>
135	<i>Jurada 2: Vocês vão ter que defender isso que ela acabou de falar. A informação é obrigação do governo.</i>
136	<i>A3: Não, a informação nós podemos buscar, mas o governo também tem que dar informação.</i>
137	<i>A1: É, e conscientizar a sociedade disso.</i>
185	<i>A3: Isso tudo que foi falado, é questão de informação. Não vivemos em um mundo socialista, mas pela falta de informação que temos, por que a informação muitas vezes se concentra em polos, e ao redor deles fica sem informação, e acabamos aceitando mesmo o que nos impõe, por que não temos tanta participação e pela falta de informação.</i>
186	<i>A2: E como a gente viu, a gente tem que começar a participar, começar a influir, exigir do governo uma maneira adequada pra gente descartar o nosso lixo eletrônico, reutilizá-lo.</i>

O segundo e último argumento defendido pelo Grupo B considera que descartar equipamentos eletrônicos que ainda funcionam seja uma prática antiética e egoísta, devido a todos os problemas ambientais gerados por esses equipamentos. Podemos observar a estrutura desse argumento no Esquema 4. Trata-se de um argumento mais completo, visto que, além do dado, cinco justificativas e da conclusão, apresenta oito *backings* que visam apoiar as justificativas.

Para dar suporte ao seu ponto de vista, o grupo fez uso dos conhecimentos químicos relativos aos metais tóxicos que compõem os eletrônicos. Durante a exposição de suas ideias, os integrantes apresentaram slides com informações obtidas na internet, sobre a origem (minérios) e toxicidade dos metais: mercúrio, cádmio e chumbo. Além dessas informações, eles fizeram referência ao processo de oxidação pelo qual passam os metais quando expostos à chuva e explicaram também como esses metais chegam até às pessoas causando problemas de saúde.

Esquema 4 – Argumento 4 apresentado pelo grupo B para resolução do caso de Marina.



Nesse argumento, que pode ser observado no Quadro 16, percebemos que os alunos incorporaram os conhecimentos químicos discutidos em sala para sustentar o ponto de vista

defendido. Outra observação em relação a esse argumento é que os alunos estabeleceram relações entre o modelo de desenvolvimento capitalista e os problemas ambientais causados pela exploração dos recursos naturais.

Quadro 16 – Turnos de fala do Grupo B na apresentação do argumento 4.

Turno	Falas
30	<i>A4: (Apresentação de slides) Voltando aqui, ao que eu comecei a falar do capitalismo, é, eles vão prejudicar bastante o ambiente, seja na extração, eu coloquei um exemplo, o mercúrio. O sulfeto de mercúrio conhecido como cinábrio, é uma das principais formas de se conseguir o mercúrio que é usado em baterias e no termômetro, geralmente ele é líquido, tá ali. Na hora de extrair num vai causar um impacto, lá na terra, na rocha onde foi extraído? Na hora que tiver que reduzir ele, não vai liberar certo gás, certo... Alguma substância tóxica? Tá, aí, prepara o produto, não vai ter que usar um isolante, sei lá? Tá, aí, chega fabrica o celular e descarta, não vai jogar no lixo?</i>
31	<i>Interferência do Grupo A: A3: Isso ele sendo mal descartado. (Grupo A)</i>
32	<i>A4: Sim, eu tô falando nesse caso aí. Hoje choveu, poderia ter mercúrio que se oxidou e acabou sendo é, absorvido e chegou aos lençóis freáticos, não vai poluir a água? Você não pode abrir a sua torneira e o mercúrio que caiu nesses lençóis tá lá, na sua água? E agora o que ... que o mercúrio pode causar no corpo humano: alterar o sistema nervoso, causar perturbações motores, ou seja, você já não vai mais conseguir pegar algo direito, tremores, demência. E eles são encontrados mais em televisores, nas baterias do celular.</i>
33	<i>A5: E ele pode causar também anemia, problemas nos rins, e problemas no sistema nervoso, e assim, o mercúrio pode causar 2, 3 tipos de intoxicação no corpo humano, a aguda a subaguda e crônica. A mais grave, assim, pelo o que eu percebi, não a mais grave, eu falo que é a mais grave, em termos de dias pra pessoa morrer, é a aguda por que demora de 1 a 2 dias pra ela morrer, e isso você pode se contaminar através dos alimentos e da água da torneira que você vai utilizar.</i>
34	<i>A4: Agora outro metal. Passa aí (o slide), por favor. O cádmio é, o cádmio geralmente ele é extraído junto com o zinco, a mesma coisa, ele vai ser produzido em alguma coisa, vai chegar lá no ambiente e tal. O que ele pode dar: câncer de pulmão e câncer de próstata. Tem mais alguma coisa aí?</i>
35	<i>A5: Danos ao cérebro e diminuição da fertilidade do homem, através do esperma.</i>
36	<i>A6: Oh aí! Já pensou? Toda a água do mundo tá contaminada, o que seria da raça humana?</i>
37	<i>A5: E causa também uma diminuição da aprendizagem da criança, porque a criança pode ser contaminada através da placenta da mãe, e assim, ela pode... Pode causar vários danos ao sistema nervoso dela e ao cérebro, por isso que ela pode ter dificuldade na aprendizagem.</i>
38	<i>A4: Além da osteoporose, que o acúmulo, pode acumular tanto cádmio, cálcio que os ossos não vão absorver.</i>
40	<i>A4: O chumbo ele é, o chumbo ele pode ser extraído da galena. Eu coloquei ali um exemplo de esferas de chumbo, né? O que ele pode alterar: alterações genéticas, se uma criança nascer com certa deformidade, talvez seja porque o pai ou a mãe ingeriu chumbo, que modificou alguma coisa, o sistema nervoso, a pessoa ficar meia doida. Dores nos músculos, nos ossos, a pessoa do nada começa a sentir dores e não sabe por quê. A mesma coisa, diminuição na fertilidade, o que q seria da raça humana, beber água e chegar a um ponto de não ter mais filho, e pode deixar, modificar o comportamento das pessoas, deixando elas mais agressivas. Eu sei que tem alguns metais que é preciso o corpo humano ter, mas em grande quantidade, ele pode fazer mal.</i>

O grupo A contestou esse argumento dizendo que o lixo eletrônico só irá causar impactos se descartado de forma inadequada. O grupo tornou a falar que existem maneiras de se desfazer desses equipamentos sem contaminar o meio ambiente e as pessoas, pois eles podem ser reciclados, doados ou usados para fazer obras de arte. No entanto, esqueceram-se dos impactos causados nas outras etapas do ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos apontados pelo Grupo B. Sobre a reciclagem o grupo destacou, ainda, que esta gera uma economia, pois os materiais deixam de ser extraídos da natureza, diminuindo assim, os impactos provocados pela extração de matérias primas. Destacamos no Quadro 17 as falas referentes a essa contestação.

Quadro 17 – Turnos de fala do Grupo A na contestação ao argumento 4.

Turno	Falas
46	<i>A3: Outro ponto também, é que como a Marina se conscientizou pela proposta da mãe dela, ela não vai descartar essas coisas, mas ela vai reutilizar aquilo, que pode fazer com certos, esses metais parem de ser procurados na natureza evitando o desgaste natural, é...</i>
47	<i>A2: Gerando uma economia também.</i>
50	<i>A2: [...] o cobre, ele pode ser reutilizado normalmente como se ele tivesse acabado de ser retirado da natureza, isso já é um benefício para natureza e pra nós, porque ele vai ser retirado dos lixões, não vai precisar ir pra lixão, pra ser retirado, é só o governo recolher aquele lixo, tirou o cobre, tirou os outros materiais que podem ser recicláveis e reciclá-los. E aí vai gerar uma economia, uma redução num desmatamento de uma natureza, na abertura de crateras, pra fazer aquele recolhimento todo, não vai precisar fazer oxidação, redução, passar materiais pra coisar, sendo que ele já tá pronto ali, é só ele souber manusear.</i>
51	<i>A1: A A3 esqueceu o pendrive com as imagens, mas a gente preparou umas imagens com obras e essas coisas que muitas pessoas fizeram com celulares, com teclado do computador. Fizeram robôs, fizeram uma obra com a Leide Gaga, com o Nelson Mandela, tipo tudo isso usando celulares, teclados, entre outros. Também pode usar o computador, computador velho que tem em casa, o monitor, tipo, teve uma pessoa que pintou o computador, fez como porta-retrato, aquário, pra fazer um design na sua mesa, onde você trabalha, entre outras coisas.</i>
79	<i>A1: Mas aí, vai da consciência dela não jogar em local inadequado.</i>
165	<i>A2: [...] Porque o lixo eletrônico, ele não precisa ser jogado só no meio ambiente, não precisa ser descartado só no lixo comum, tem, a gente... Como a gente viu, tanto nos argumentos deles, tanto o do nosso, a gente viu que tem sim empresas, que já tão se criando empresas [...].* O celular dela, pode que, ela não vai mais utilizar, ela pode vender, ela pode dar pra mãe dela, pra ela ter uma comunicação com a mãe dela.</i>
168	<i>A3: Pelo fato desse descarte correto, é... Aproveitamento de peças preciosas que pode ser revertido pra fazer outras peças, se dá também a informação que foi obtida a partir de pesquisas avançadas, que foram obtidos também por materiais avançados, que permitiram fazer aquilo, o reaproveitamento.</i>
169	<i>A2: E também assim, tudo num vai ficar só na destruição, já se tem naquela história dos lixos eletrônicos, já se fala da criação de empresas, já pra...</i>
170	<i>A3: Tem ONGs que cada vez faz o descarte, ainda não tão grande, mas querem mais espaço, conscientizando, que o governo muitas vezes não faz.</i>

*trecho não compreendido.

No turno 168, entendemos que o aluno tenha tentado expressar a ideia de que, o conhecimento científico atual permite recuperar as substâncias que compõem os eletrônicos com a agregação de valor econômico. Isso foi usado para mais uma vez justificar que a reciclagem é a solução ideal para a disposição dos aparelhos eletrônicos inservíveis. No entanto, o grupo não levou em consideração que esse processo de reciclagem, apesar de recuperar grande parte das substâncias presentes nesses equipamentos, é caro, demandando uma grande quantidade de energia e envolve uma tecnologia complexa. Por essas razões é que o Brasil não consegue recuperar todas as partes dos eletrônicos, como por exemplo, as placas de circuito impresso, que só podem ser recicladas em poucos países no mundo, como exemplo, na Alemanha e no Japão. Nessas placas concentram-se metais preciosos e metais tóxicos.

O Grupo A em nenhum momento relacionou o consumo com os problemas ambientais causados pelo e-lixo. Percebemos que os alunos consideram que a reciclagem é a solução para todos os problemas relativos ao lixo eletrônico, de forma que os hábitos de consumo das pessoas não precisam ser modificados.

Na resposta à contestação feita pelo grupo adversário, que podemos observar no Quadro 18, o Grupo B questiona se os integrantes conheciam algum ponto de descarte de equipamentos eletrônicos, como mostra os trechos abaixo.

Quadro 18 – Turnos de fala do Grupo B: resposta à contestação feita pelo Grupo A.

Turno	Falas
83	<i>A4: [...] Tá, sobre essa parte que vocês falaram sobre o centro de descarte, me cite um aqui no DF.</i>
84	<i>A1: Não, aqui no DF não tem. (Grupo A)</i>
85	<i>A4: será?</i>
86	<i>A1: No DF não tem. (Grupo A)</i>
87	<i>A4: o SLU, Sistema Urbano de... Sistema de limpeza Urbana, tem 13 aqui no DF. Você tem certeza que não tem?</i>
112	<i>A4: [...]Eu me surpreendi com vocês que defendem isso, mas não sabem nem um centro de descarte de lixo. Vocês deviam pesquisar.</i>

Os componentes do Grupo A demonstraram desconhecer tais pontos no Distrito Federal e mais uma vez responsabilizam o governo pela falta de informação das pessoas em relação ao descarte dos eletrônicos. Para finalizar, os integrantes escreveram no quadro a seguinte frase: “Tudo tem seus pontos positivos e negativos” e disseram que essa frase resumia tudo, fazendo referência aos aspectos positivos e negativos da evolução da tecnologia.

Com o intuito de analisar a qualidade da argumentação empregada pelos alunos durante o debate, utilizamos também o Modelo de Análise de Argumentação Aplicável a Processos de Resolução de Questões Sociocientíficas, proposto por Sá (2010). Esse modelo contempla três dimensões de análise. A primeira é relativa à natureza dos critérios considerados na elaboração dos argumentos, que podem ser classificados de acordo com sua natureza social, ambiental, econômica, ética e/ou científica. A segunda, diz respeito aos diferentes tipos de fontes de evidências usados na elaboração do argumento, que podem ser: evidências de autoridade como um artigo ou livro, ou evidências pessoais, quando se tratar de conhecimentos prévios ou experiência pessoal. A terceira dimensão dessa análise está relacionada às estratégias de aprendizagem empregadas na defesa dos argumentos, que podem ser classificadas em: estratégias cognitivas, metacognitivas, afetivas ou estratégias sociais.

Quanto à natureza dos argumentos apresentados pelo Grupo A, classificamos de acordo com o Quadro 19 a seguir.

Quadro 19 – Análise dos argumentos de acordo com a natureza dos critérios considerados pelo Grupo A durante o debate.

GRUPO A	
Natureza	<i>(Trecho): Falas</i>
Ambiental	<i>(50) A2: É só o governo recolher aquele lixo, tirou o cobre, tirou os outros materiais que podem ser recicláveis e reciclá-los. E aí, vai gerar uma economia, uma redução num desmatamento de uma natureza, na abertura de crateras, pra fazer aquele recolhimento todo, não vai precisar fazer oxidação, redução, passar materiais pra coisar, sendo que ele já tá pronto ali, é só ele souber manusear.</i>
Científica	<i>(50) A2: ...Deixa eu ver, não, é o cobre. Ele pode ser reutilizado normalmente como se ele tivesse acabado de ser retirado da natureza...</i>
Econômica	<i>(50) A2: ...É só o governo recolher aquele lixo, tirou o cobre, tirou os outros materiais que podem ser recicláveis e reciclá-los. E aí, vai gerar uma economia... (158) A1: [...] Ela não é obrigada a comprar um celular de dois mil reais, e mesmo se ela fosse comprar, hoje tem benefícios, ela pode parcelar em doze vezes sem juros.</i>
Ética	<i>(1) A1: [...] Daí vem a ética, porque a gente sabe que é falta de ética você pegar um lixo eletrônico e jogar tipo, com o lixo orgânico, com o papel, muita falta de ética, daí parte que nós que devemos....</i>
Social	<i>(3) A3: Até porque a tecnologia, ela veio para incluir a todos, e aqueles que não estão inclusos na tecnologia, são meios que... é... excluídos da sociedade. (16) A3: Também tem a questão da participação social, todos nós que temos um, todos nós não, o que tem um celular bom, todo mundo já fica: Oh! Aquele celular, fulano tá "ostentando", você já começa a ganhar o respeito dentro da sociedade, que é muito materialista, a nossa sociedade. (49) A3: A economia, pois, como vimos no próprio vídeo que a professora Daniela passou, as pessoas trabalham irregularmente. Se o governo começar a investir nisso, se conscientizar a população, ela vai começar a retirar da sua casa e dar pro governo e fazer com que pessoas tenham carteira assinada, benefícios, e tal e coisa.</i>
Outra	<i>(52) A3: Outra questão que eu também queria destacar é a questão política. Hoje em dia, nós vivemos em uma sociedade onde a informação é muito importante,</i>

	<p><i>Marina se ela não tiver o celular dela, se... Ela poderia entrar no computador, como vocês mesmos citaram, ela poderia, ela pode influenciar na política da sua região, porque ela vai ter mais informações e cobrando do seu governo.</i></p> <p><i>(45) A2: [...] Essa responsabilidade do descarte pra não causar prejudicação a nossa saúde, não é nossa, é do governo, e a gente tem que cobrar dele, se a gente hoje tem passado por tudo que a gente passa não é nossa culpa, a gente tem o direito de comprar, a gente tem direito com tudo. Então, se o governo em um recolhimento adequado pro chumbo, pro cádmio, pros outros.</i></p>
--	---

Como verificamos no Quadro 19, todos os aspectos foram considerados pelos alunos no processo de resolução do caso. Argumentos de natureza social e política foram bastante ressaltados por esse grupo, como a inclusão social por meio da tecnologia, a formalização do trabalho dos catadores de lixo, propiciado pela reciclagem dos eletroeletrônicos e a responsabilidade do governo no processo de conscientização das pessoas e em recolher e destinar corretamente esse tipo de resíduo.

A análise também sugere que o caso estimulou a produção de um argumento de natureza ambiental, pois os alunos consideraram que a reciclagem diminui a extração de recursos naturais e, por isso, reduz o impacto ambiental. Apenas em um momento o grupo apresenta argumentos de natureza científica, quando fala sobre a capacidade de recuperação do cobre, e também apenas um argumento de natureza ética pôde ser identificado, quando o grupo fala que descartar o lixo eletrônico de forma inadequada é antiético. Sobre o argumento de natureza econômica, o grupo considera que a reciclagem também gera uma economia.

Quanto à natureza dos argumentos apresentas pelo Grupo B, classificamos de acordo com o Quadro 20 a seguir.

Quadro 20 – Análise dos argumentos de acordo com a natureza dos critérios considerados pelo Grupo B durante o debate.

GRUPO B	
Natureza	<i>(Trecho): Falas</i>
Ambiental	<p><i>(30) A4: (Apresentação de slides) Voltando aqui, ao que eu comecei a falar do capitalismo, é, eles vão prejudicar bastante o ambiente, seja na extração, eu coloquei um exemplo o mercúrio. O sulfeto de mercúrio conhecido como cinábrio, é uma das principais formas de se conseguir o mercúrio que é usado em baterias e no termômetro, geralmente ele é líquido, tá ali. Na hora de extrair num vai causar um impacto, lá na terra na rocha onde foi extraído? Na hora que tiver que reduzir ele, não vai liberar certo gás, certo, alguma substância tóxica? Tá, aí, prepara o produto, não vai ter que usar um isolante, sei lá? Tá, aí, chega fabrica o celular e descarta, não vai jogar no lixão?</i></p> <p><i>(88) (A9): [...] Isso vai refletir desde lá, a extração para se fazer esse material, vão desmatar, vai gerar erosão [...].</i></p> <p><i>(88) (A9): [...] E aí vai pra distribuição, que são utilizados meios de locomoção, que vai utilizar caminhão, carro, vai gerar fumaça, vai agredir o meio ambiente, o ar, vai gerar monóxido de carbono [...].</i></p>
Científica	<i>(32) A4: Sim, eu tô falando nesse caso aí. Hoje choveu, poderia ter mercúrio que</i>

	<p><i>se oxidou e acabou sendo, é...absorvido e chegou aos lençóis freáticos, não vai poluir a água?? E agora o que é que o mercúrio pode causar no corpo humano: alterar o sistema nervoso, causar perturbações motores, ou seja, você já não vai mais conseguir pegar algo direito, tremores, demência. E eles são encontrados mais em televisores, nas baterias do celular.</i></p> <p><i>(33) A5: E ele pode causar também anemia, problemas nos rins, e problemas no sistema nervoso, e assim, o mercúrio pode causar 2, 3 tipos de intoxicação no corpo humano, a aguda a subaguda e crônica. A mais grave, assim, pelo o que eu percebi, não a mais grave, eu falo que é a mais grave, em termos de dias pra pessoa morrer, é a aguda por que demora de 1 a 2 dias pra ela morrer, e isso você pode se contaminar através dos alimentos e da água da torneira que você vai utilizar.</i></p> <p><i>(34) A4: Agora outro metal. Passa aí (o slide), por favor. O cádmio é, o cádmio geralmente ele é extraído junto com o zinco, a mesma coisa, ele vai ser produzido em alguma coisa, vai chegar lá no ambiente e tal. O que ele pode dar: câncer de pulmão e câncer de próstata. Tem mais alguma coisa aí?</i></p> <p><i>(35) A5: Danos ao cérebro e diminuição da fertilidade do homem, através do esperma.</i></p> <p><i>(37) A5: E causa também uma diminuição da aprendizagem da criança, por que a criança pode ser contaminada através da placenta da mãe, e assim, ela pode... pode causar vários danos ao sistema nervoso dela e ao cérebro, por isso q ela pode ter dificuldade na aprendizagem.</i></p> <p><i>(38) A4: Além da osteoporose, que o acúmulo, pode acumular tanto cádmio, cálcio que os ossos não vão absorver.</i></p> <p><i>(40) A4: O chumbo ele é, o chumbo ele pode ser extraído da galena. Eu coloquei ali um exemplo de esferas de chumbo, né? O que ele pode alterar: alterações genéticas, se uma criança nascer com certa deformidade, talvez seja por que o pai ou a mãe ingeriu chumbo, que modificou alguma coisa, o sistema nervoso, a pessoa ficar meia doida... Dores nos músculos, nos ossos, a pessoa do nada começa a sentir dores e não sabe porque. A mesma coisa, diminuição na fertilidade, o que é que seria da raça humana, beber água e chegar a um ponto de não ter mais filho, e pode deixar, modificar o comportamento das pessoas, deixando elas mais agressivas [...].</i></p> <p><i>(40) A4: [...] Eu sei que tem alguns metais que é preciso o corpo humano ter, mas em grande quantidade, ele pode fazer mal.</i></p>
Econômica	<p><i>(156) A4: [...] Vamos dizer que um celular custe, o mais atualizado...(custe em torno de dois mil reais..., vamos dizer que ela esteja no ensino médio)**...ou até no terceiro ano como nós, e o que vem nesse ano? vestibular! Ela não poderia usar num curso para se especializar melhor, numa profissão, pensar no futuro. Além do tempo que ela perderia usando as redes sociais do celular, ela poderia usar esse tempo estudando.</i></p>
Ética	<p><i>(74) A7: [...] o celular é muito bom, só que vai gerar um ciclo, não é só para você, mas para um todo, e com esse todo, vai pra sua família, vai pra sua comunidade, pra população.</i></p> <p><i>(75) A5: E será que todos da população irá procurar de fato um centro especializado? Por que pelo que eu entendi, pessoas falavam que em geral iriam, mas de fato nem todos irão procurar um centro especializado.</i></p> <p><i>(88) A9: [...] Então, a Marina ela está sendo antiética e muito egoísta, porque ela não está pensando nos outros. O que ela fez ali vai gerar consequências para toda uma sociedade.</i></p>
Social	<p><i>(24) A4: Vamos falar em relação ao capitalismo, né? No texto, a Marina mesmo fala que é muito fácil comprar um celular, tanto que ela pede pra comprar e dividir em 12 vezes pra ficar mais barato. Isso mostra que os capitalistas estão barateando, barateando não, deixando mais acessível é, comprar esses aparelhos.</i></p> <p><i>(25) A5: E as pessoas cada vez mais se sentem alienadas, por quê? É fácil chegar</i></p>

	<p><i>até aquilo, e se é fácil porque eu não posso ter? Entendeu? E assim, é certo que é fácil chegar, a gente tem aqui um celular e tal, meio desatualizado em termo de tecnologia, aí porque certos amigos e colegas meus tem um mais atualizado, whatsapp, facebook, os aplicativos em geral, é, eu quero também ter um daquele porque, eu quero é... Se o meu não tem android, eu não vou poder ter whatsapp.</i></p> <p><i>(88) A9: [...] E vai por descarte, que muitas vezes, é... Vários lixos eletrônicos são descartados em países pobres e vai tá lá aquelas pessoas entrando em contato com vários químicos tóxicos, prejudicar a saúde.</i></p> <p><i>(158) A7: Porque isso pode incluir, eu vou falar um argumento que eu acho que vocês poderiam ter (focado)*, que através do celular ela podia fazer cursos pelo celular, mas será que pelo celular seria a mesma coisa que presencial? Ela não quer se incluir tanto numa sociedade, ela fazendo um curso presencial com outras pessoas, ela faria outros amigos, já tava se incluindo, teria mais atenção aprendia e ao mesmo tempo interagia com as outras pessoas?</i></p> <p><i>(172) A8: Então gente, já que a questão dela, ela quer tanto se socializar, ela só pode se socializar no meio tecnológico? [...] Então, ela quer se socializar, mas temos mais que socializar pessoalmente é... Tá faltando amor, tá faltando as pessoas terem mais convivência uma com a outra, estão utilizando muito de meio tecnológico e estão deixando mas a questão de afetividade de lado.</i></p>
Política	<p><i>(78) A8: [...] Se a pessoa tá falando que é responsabilidade do governo, como é que ela vai procurar o descarte correto? Se ela tá jogando toda a responsabilidade em cima do governo. Tudo não é culpa do governo, não. O todo tem a sua parcela de culpa, todas as pessoas.</i></p> <p><i>(88) A9: Sem falar que isso é culpa nossa sim. Nós sempre estamos queremos novas tecnologias e os celulares que são produzidos estão com o tempo de vida útil cada vez mais reduzido e a tecnologia em constante andamento. Lança um celular esse mês agora, mês que vem lança outro e você vai querer comprar, e aí vai gerando mais e mais lixo eletrônico.</i></p>

* Trecho não compreendido

Ao analisarmos a natureza dos argumentos apresentados pelo grupo B, percebemos a predominância daqueles de natureza ambiental, científica e social. Em relação à natureza ambiental dos argumentos apresentados por esse grupo, os alunos consideraram o impacto causado ao ambiente nos diversos estágios da vida de um eletrônico, a começar pela extração de recursos naturais, seguido pela produção dos equipamentos, distribuição e descarte.

Quanto ao resultado do debate, após a finalização, as juradas se reuniram e decidiram que o Grupo B foi o vencedor, pois foi mais convincente na defesa de suas ideias, apresentando argumentos de diferentes naturezas, agregando diversos conhecimentos científicos para reforçar seus posicionamentos, além de expressarem suas ideias de maneira mais coerente.

Outra perspectiva de análise baseada em Sá (2010), diz respeito aos diferentes tipos de fontes das evidências empregadas pelos grupos de alunos. A maioria das fontes pesquisadas teve origem em sítios da internet. O material foi trazido nos encontros com a professora e o que tinha caráter duvidoso foi solicitado que desconsiderassem. Entretanto, nem todas as informações que os alunos apresentaram durante o debate passou por essa análise prévia.

Também se pode perceber que os alunos se utilizaram de conhecimento pessoal e das estratégias desenvolvidas em sala de aula quando da discussão dos aspectos sociocientíficos dos resíduos eletrônicos. Os conceitos de eletroquímica trabalhados em sala de aula foram considerados somente pelo Grupo B no debate.

Mesmo que o debate não tenha objetivo de inserir estratégias formais de aprendizagem, temos que reconhecer que ao preparar sua apresentação, o grupo B teve maior cuidado com a organização dos argumentos sequenciando-os logicamente. O mesmo não foi observado com o grupo A, que usou argumentos de autoridade baseados no conhecimento prévio dos alunos e na experiência de vida dos seus membros. Aqui cabe uma ressalva, lembrando que o Grupo A ficou restrito a participação de apenas oito alunos, pois um dos dois subgrupos não colaborou em nenhuma das etapas, fragilizando o resultado do debate. No discurso do grupo B, os alunos deixaram transparecer alguns valores pessoais e de solidariedade, quando optaram por defender o não consumo e, consideraram a minimização do impacto ambiental e social, independente de seus desejos de possuir um bem material. O fato de terem colocado a toxicidade dos metais mostra que a saúde coletiva é um bem que deve ser considerada por todos e, não somente pelo governo. Obviamente, que a inserção de mais termos da ciência como biodisponibilidade, oxidação, redução entre outros reforçariam ou enfraqueceriam pontos de vista.

5.4 OS CONHECIMENTOS QUÍMICOS

As atividades discutidas neste tópico buscaram explorar a compreensão dos alunos quanto aos conceitos químicos desenvolvidos durante a aplicação do módulo didático. Em primeiro lugar, analisaremos a prova bimestral (Apêndice E), que foi aplicada na semana de avaliações, juntamente com a prova de Física. Essa atividade foi composta por cinco questões, a primeira delas, já discutida nos aspectos sociocientíficos, relacionava o descarte do lixo eletrônico e a violência. As demais perguntas buscaram identificar o entendimento dos alunos acerca dos conceitos de eletroquímica desenvolvidos concomitantemente no bimestre. Vale ressaltar que foi exigência da Escola, pela primeira vez, que todas as questões da avaliação fossem subjetivas.

A questão 2 (Apêndice E) trazia dados de quatro amostras de água poluída, cada uma delas com a predominância de uma espécie nitrogenada e informava aos alunos que quanto mais oxidado estivesse o nitrogênio presente no composto, maior seria o grau de decomposição da matéria orgânica. Para responder esta questão, os alunos deveriam

determinar o número de oxidação (nox) do nitrogênio (N) em cada espécie e interpretar as informações contidas no enunciado. Uma observação importante em relação a essa questão foi que, por um problema de digitação, a espécie química NO_3^- que correspondia a amostra IV, não apresentou o sinal negativo de sua carga, portanto, os alunos fizeram o cálculo considerando a espécie como NO_3 e obtiveram o resultado do nox +6 para o N. Como isso só foi percebido na correção das provas, consideramos correta a resposta que seguiu todos os passos para a determinação do número de oxidação e, posteriormente, explicamos aos alunos o erro cometido e que o nox correto do N em tal espécie seria +5.

Como podemos verificar na Tabela 12, em relação à determinação do nox, sete dos 39 alunos resolveram corretamente todos os compostos, o que representa 17,9%. O nox do nitrogênio na espécie N_2 foi determinado corretamente por 17 alunos, apresentando o maior número de acertos; 11 alunos acertaram o número de oxidação no NH_4^+ e do NO_3^- ; nove estudantes conseguiram determinar o nox do NO_2^- , e somente quatro alunos não acertaram o nox do nitrogênio em nenhuma das espécies. Uma observação importante é que, dos 39 alunos que fizeram a avaliação, 16 não responderam a essa questão.

Tabela 12 - Respostas dos alunos sobre o nox do nitrogênio nas amostras de água poluída.

Respostas	Número de alunos (total 39)	Porcentagem (%)
Acertaram N_2	17	43,6
Não fizeram	16	41,0
Acertaram NH_4^+	11	28,2
Acertaram NO_3^-	11	28,2
Acertaram NO_2^-	9	23,1
Acertaram todas	7	17,9
Erram todas	4	10,3

Percebemos que dentre as quatro espécies químicas, a que apresentou uma maior quantidade de acertos foi a N_2 , acreditamos que esse fator esteja relacionado ao fato de que esta era a única espécie que não precisa de nenhum cálculo matemático para se estabelecer o nox do N. Durante as aulas e a resolução de exercícios em sala, pude perceber a grande deficiência de muitos alunos em relação a conceitos básicos de Matemática, como: a resolução das quatro operações básicas e a resolução de equação de primeiro grau com uma variável. Isso tem um grande impacto no desenvolvimento do conteúdo de eletroquímica, pois mesmo quando os alunos entendiam o processo de determinação do nox, erravam nos cálculos

matemáticos. Tal fato pode ser visto nos trechos das avaliações escaneadas a seguir e apresentados nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7.

Figura 3 – Cálculos matemáticos do aluno A6 para resolução da questão 2.

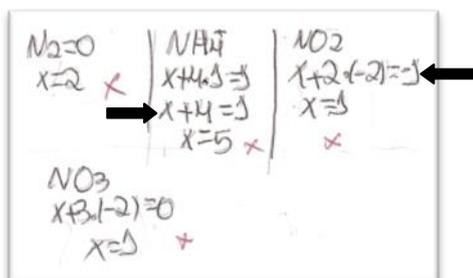


Figura 4 – Cálculos matemáticos do aluno A22 para resolução da questão 2.

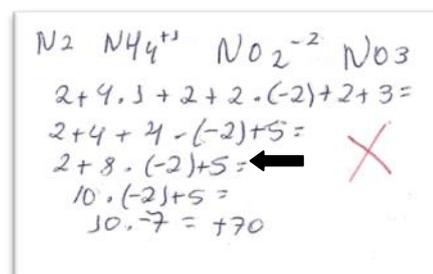


Figura 5 - Cálculos matemáticos do aluno A 34 para resolução da questão 2.

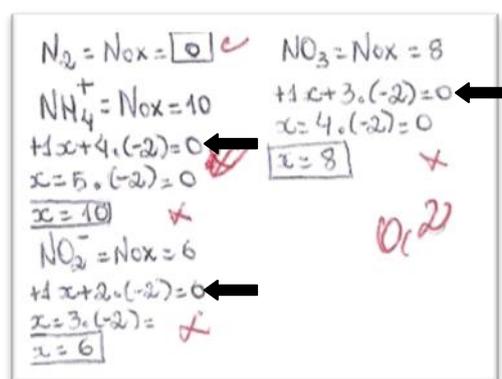


Figura 6 - Cálculos matemáticos do aluno A35 para resolução da questão 2.

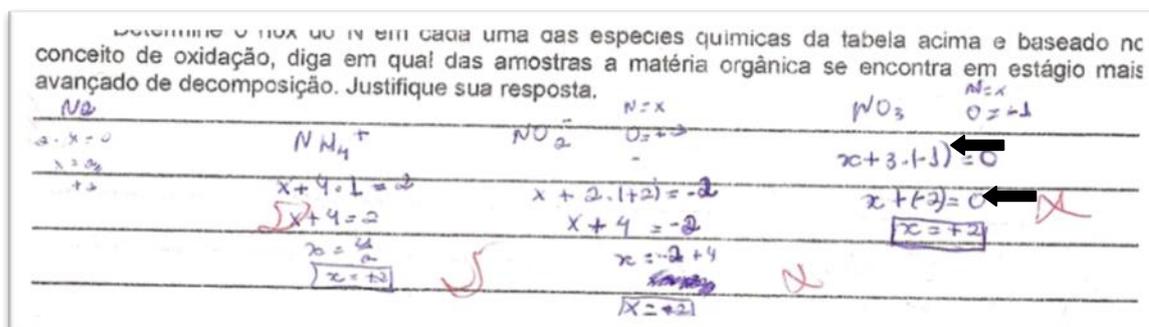
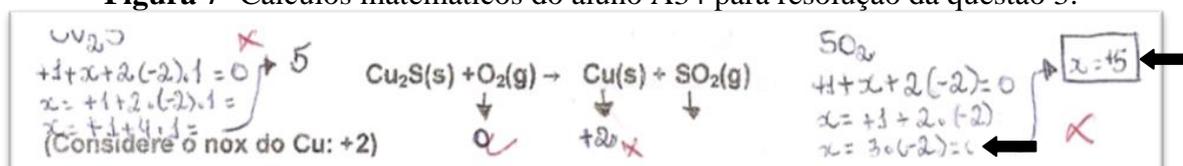


Figura 7- Cálculos matemáticos do aluno A34 para resolução da questão 3.



Sobre a interpretação do enunciado desta questão, apesar de sete alunos terem conseguido determinar o nox do nitrogênio em todas as espécies, apenas seis responderam corretamente toda a questão. Isso porque um desses alunos, apesar de ter demonstrado entendimento sobre como se calcula o nox, não conseguiu estabelecer a relação entre este e o grau de decomposição da matéria orgânica, trazida no enunciado. Trata-se, portanto, de uma questão de interpretação de texto, deficiência muito observada em nossa Escola, destacada na Figura 8.

Figura 8 – Resposta do Aluno A10 para a questão 2.

Amostra de água	Espécie nitrogenada predominante
I	N_2
II	NH_4^+
III	NO_2^-
IV	NO_3^-

Determine o nox do N em cada uma das espécies químicas da tabela acima e baseado no conceito de oxidação, diga em qual das amostras a matéria orgânica se encontra em estágio mais avançado de decomposição. Justifique sua resposta.

As amostras **II** e **III** estão em um estágio de maior decomposição, pois estão praticamente dissolvidas, isso dá para saber olhando os sinais de "+" e "-" nas fórmulas, o que mostra que elas não são...

Handwritten notes and calculations:
 NO_3^- : $x + 3(-2) = 0$, $x - 6 = 0$, $x = 6$
 NH_4^+ : $x + 1 \cdot 4 = 1$, $x + 4 = 1$, $x = 1 - 4$, $x = -3$
 NO_2^- : $x + 2 \cdot (-2) = -1$, $x - 4 = -1$, $x = -1 + 4$, $x = 3$
 N_2 : nox 0, pois é substância simples
 $N = x$, $H = 1$, $N = x$, $O = -2$

Outros dez alunos, mesmo não calculando o nox de todas as espécies corretamente acertaram a resposta e outros 19 não responderam esse quesito.

Na terceira questão (Apêndice E) tinha um pequeno texto falando sobre os minérios de cobre e trazia a reação de obtenção desse metal. Os alunos deveriam determinar: o nox de todas as espécies químicas envolvidas na reação, e informar quais espécies oxidavam e reduziam, bem como tinham que identificar o agente oxidante e o agente redutor, além de explicar porque se tratava de uma reação de oxidorredução.

Sobre a determinação do nox, apenas um (1) aluno acertou o nox de todas as espécies, nove (9) alunos acertaram o nox do CuS_2 , 6 acertaram o nox do O_2 , 5 acertaram o nox do SO_2 e 3 alunos acertaram o nox do Cu . Novamente, uma grande quantidade de alunos, 61,5%, não respondeu esta questão, como podemos observar na Tabela 13.

Tabela 13 - Respostas dos alunos sobre o nox das espécies químicas da questão 3.

Respostas	Número de alunos (total 39)	Porcentagem (%)
Não fizeram	24	61,5
Acertaram CuS ₂	9	23,1
Acertaram O ₂	6	15,4
Acertaram SO ₂	5	12,8
Acertaram Cu	3	7,7
Acertaram todos	1	2,6
Erram todos	1	2,6

Em relação ao reconhecimento de qual espécie oxida e qual reduz, a reação apresentou duas espécies que reduzem: o Cu e O, e assim, o Cu₂S e O₂ são os agentes oxidantes, portanto consideramos a resposta correta mesmo que o aluno tenha identificado apenas uma dessas espécies. Conforme nos mostra a Tabela 14, treze alunos identificaram corretamente que o cobre ou o oxigênio reduzem e seis apontaram que o enxofre oxida.

No que diz respeito aos conceitos de agente oxidante e agente redutor, 2 (dois) alunos reconheceram corretamente o CuS₂ como agente redutor, enquanto 4 (quatro) afirmaram que o agente redutor seria o enxofre (S). Em relação ao agente oxidante, quatro reconheceram corretamente que seriam o Cu₂S ou O₂ e outros oito alunos consideraram as espécies Cu ou O. Sendo que 19 alunos não responderam essa questão.

Tabela 14 - Respostas dos alunos sobre quem oxida e quem reduz, o agente oxidante e o agente redutor da questão 3.

Respostas	Número de alunos (total 39)	Porcentagem (%)
Não responderam	19	48,7
O Cu ou O reduzem	13	33,3
O Cu ou O agentes oxidantes	8	20,5
O S oxida	6	15,4
O CuS ₂ ou O ₂ agentes oxidantes	4	10,3
O S agente redutor	4	10,3
CuS ₂ agente redutor	2	5,1
SO ₂ agente redutor	2	5,1

Sobre o porquê de a reação da questão 3 representar uma oxidorredução, 11 (onze) alunos justificaram corretamente, ressaltando o processo de transferência de elétrons entre as espécies químicas. Destacamos representativas as respostas a seguir:

(A1) “Por que uma está reduzindo ou seja ganhando elétrons e o outro esta oxidando ou seja esta doando seu elétrons”.

(A28) “É uma reação de oxidorredução, pois uma espécie química está sofrendo oxidação e fazendo a outra se reduzir, e uma espécie química está sofrendo redução e fazendo a outra oxidar [...]”.

Porém, quatro alunos não conseguiram estabelecer essa relação. Mais uma vez, uma grande quantidade de alunos, 24 que representam 48,7%, não respondeu a este quesito.

A questão 4 (Apêndice E) tratava das pilhas, trazendo um pequeno texto e a reação de uma pilha recarregável de níquel e cádmio. Os alunos deveriam determinar os agentes oxidante e redutor, o ânodo e o cátodo, além de explicar o significado do E° das pilhas. Os resultados encontram-se na Tabela 15.

Tabela 15 - Respostas corretas dos alunos sobre quem oxida e quem reduz, o agente oxidante e o agente redutor da questão 3.

Respostas	Número de alunos (total 39)	Porcentagem (%)
Não responderam	19	48,7
Agente oxidante	5	12,8
Agente redutor	4	10,3
Ânodo	3	7,7
Cátodo	2	5,1

Percebemos que houve uma grande dificuldade dos alunos em reconhecer o ânodo e o cátodo da pilha em questão, além do que 48,7% dos alunos deixaram de responder a este item. Sendo que apenas 3 (três) alunos identificaram corretamente o ânodo, e 2 (dois) o cátodo. Em relação ao agente oxidante e redutor, apenas 5 (cinco) estudantes identificaram corretamente o oxidante e 4 (quatro) identificaram o redutor. Sobre o significado do E° , 26 (vinte e seis) estudantes não responderam, 5 (cinco) não responderam corretamente e 8 (oito) conseguiram expressar a resposta correta. Como podemos ver em alguns trechos a seguir:

(A10) “[...] Significa o potencial elétrico que essa pilha possui”.

(A15) “Força elétrica das pilhas”.

Refletindo sobre o processo de avaliação, consideramos que o elevado índice de erros pode ser justificado pelo grau de dificuldade das duas equações (representantes do processo de oxirredução) escolhidas. Na equação da questão 3, uma mesma espécie é concomitantemente agente oxidante e agente redutor. Já a questão 4 apresentava uma equação que exigia dos alunos o domínio do nox de grupos funcionais, como a hidroxila (OH).

Contudo, também deve ser levado em consideração o fato de ser a primeira vez que a prova bimestral foi elaborada unicamente com questões subjetivas. Essa foi uma decisão do grupo de professores para promover o exercício da escrita e interpretação textual pelos alunos. Sendo assim, os resultados dessa avaliação podem ter sido influenciados pelo fato da prova ser composta somente de questões subjetivas, além da prova de Química ter sido realizada juntamente com a de Física. Essas disciplinas são sabidamente consideradas difíceis pela maioria dos estudantes. Outro fator que merece destaque, é que a maioria dos alunos não realizaram as atividades que deveriam ter sido resolvidas em casa, como o relatório dos experimentos e a lista de exercícios e, portanto, não exercitaram os conhecimentos ensinados. Consideramos que isso também influenciou de forma significativa os resultados obtidos nessa avaliação.

A quinta e última questão desta atividade (Apêndice E), trazia um texto sobre a origem das pilhas e pedia que os alunos representassem todos os detalhes da pilha de Daniell e explicassem como se dá a produção de corrente elétrica. Apenas 20 (vinte) dos alunos tentaram fazer essa representação. Desses alunos, 15 (quinze) representaram corretamente a ponte salina, 11 (onze) determinaram corretamente o ânodo e o cátodo e 7 (sete) conseguiram indicar a correta direção dos elétrons. Em relação à explicação de como a energia elétrica é produzida, 26 (vinte e seis) alunos não responderam, 4 (quatro) alunos responderam de forma incorreta, 3 (três) respostas estavam sem sentido e 6 (seis) conseguiram justificar corretamente a produção de energia elétrica. Como mostramos nos trechos a seguir:

(A1) *“Ela produz corrente elétrica na transferência de elétrons do zinco para o cobre”.*

(A8) *“Ela produz corrente elétrica com a passagem de elétrons”.*

Dentre as respostas incorretas, destacamos as seguintes:

(A13) *“Os elétrons vai em direção à pilha de carga positiva, passando pela ponte salina e assim produzindo a corrente elétrica”.*

(A28) *“O que produz corrente elétrica é a movimentação dos íons”.*

(A36) *“Produz corrente elétrica por causa dos sais que são liberados da ponte salina, se não tivesse a ponte salina não haveria eletricidade”.*

Podemos perceber que nas duas últimas respostas, os estudantes atribuíram à ponte salina a função de produzir eletricidade.

Analisaremos agora a atividade final (Apêndice F) que foi aplicada no último dia de aplicação do módulo. Após o resultado da prova bimestral, constatei que seria necessária uma

revisão sobre os conteúdos de eletroquímica, tendo em vista o baixo desempenho dos alunos nesta atividade. Portanto, dediquei algumas aulas para a correção de todos os itens da prova e realizei uma revisão de todo o conteúdo. Essa atividade foi aplicada no último encontro, estando presentes 30 alunos.

A primeira questão da atividade final (Apêndice F) perguntava como os metais são encontrados na natureza. Essas respostas estão apresentadas na Tabela 16. Consideramos que a maioria dos alunos respondeu de forma correta, pois citaram que os metais são encontrados nos minérios, minerais, rochas, ou solo.

Tabela 16 - Respostas dos alunos sobre como os metais são encontrados na natureza.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Minérios	14	46,7
Misturados	4	13,3
Rochas	3	10,0
Extração	3	10,0
Minerais	2	6,7
Minas	1	3,3
Forma composta	1	3,3
Solo	1	3,3
Sem resposta	1	3,3

Acreditamos que o aluno que respondeu que os metais encontram-se na sua forma composta, se referiu ao fato de que muitos metais são encontrados na natureza na forma de substância composta, e dessa forma, essa resposta também pode ser considerada correta.

Na segunda questão (Apêndice F) os alunos deveriam dizer qual a reação química considerada importante no processo de obtenção dos metais. Podemos verificar, conforme apresentado na Tabela 17, que a maioria das respostas condiz com o processo químico de obtenção dos metais, pois se refere às reações de redução (15 respostas), ou oxidorredução (4 respostas). Porém, 7 (sete) alunos não responderam, 2 (dois) afirmaram ser a oxidação, 1 (um) aluno respondeu extração e outro, mineração, e portanto, esses últimos não fizeram referência às reações químicas, mas sim ao processo de retirada dos minérios.

Tabela 17 - Respostas dos alunos sobre a reação química considerada importante no processo de obtenção dos metais.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Redução	15	50,0
Sem resposta	7	23,3
Oxirredução	4	13,3
Oxidação	2	6,7
Extração	1	3,3
Mineração	1	3,3

A terceira questão (Apêndice F) perguntava sobre a principal característica dessa reação de redução dos metais. Como podemos observar na Tabela 18, mesmo que a maioria dos alunos tenha identificado corretamente o nome da reação na questão anterior, somente alguns conseguiram expressar corretamente a principal característica dessa reação. Isso porque 3 (três) alunos afirmaram que ocorre ganho de elétrons, e 3 (três) que ocorre a diminuição do nox, outros 2 (dois) alunos afirmaram ocorrer passagem de elétrons.

Tabela 18 - Respostas dos alunos sobre a característica da principal reação química ocorrida no processo de obtenção de metais.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Sem resposta	9	30,0
Doação de elétrons	5	16,7
Respostas sem sentido	4	13,3
Ganho de elétrons	3	10,0
Diminuição do nox	3	10,0
Passagem de elétrons	2	6,7
Oxidação das impurezas	1	3,3
Separação de minérios	1	3,3
Aumento do nox	1	3,3
Troca de elétrons entre os metais	1	3,3

A questão 4 (Apêndice F) pediu que os alunos explicassem os processos químicos referentes os metais presentes nos aparelhos eletrônicos quando descartados em lixões, e também as consequências desse descarte para o ambiente e para os seres vivos. Analisando essas respostas apresentadas na Tabela 19, podemos depreender que a maior parte dos alunos conseguiu expressar corretamente esses processos químicos, pois 11 (onze) alunos responderam que quando os eletrônicos são descartados nos lixões, ocorre a oxidação dos metais que os compõem, 3 (três) responderam que ocorre a corrosão dos metais, 2 (dois) alegaram que ocorre processos de oxidorredução, 1 (um) aluno mencionou a ionização dos

metais e outro a liberação de metais perigosos. Além disso, 9 (nove) alunos mencionaram que nos lixões os equipamentos ficam expostos à chuva e ao sol, e a partir desses dados podemos inferir que os estudantes conseguiram estabelecer a relação entre tais processos químicos e o contato desses metais com a água e o ar, como destacamos nos trechos a seguir.

(A8) “[...] quando descartados a natureza os metais presentes sofrem um processo de oxidorredução, por causa das ações climáticas. Com o tempo alguns metais tóxicos que estão em sua forma reduzida (metálica) passam para sua forma iônica, através do contato com a água e do ar [...]”.

(A12) “Com o descarte inadequado, os metais entram em contato com a água que faz com que ocorra a corrosão [...]”

(A13) “Os aparelhos eletrônicos, mais especificamente os metais contidos nestes, quando são expostos à água, ao ar tende a sofrer oxidação [...]”.

Tabela 19 - Respostas dos alunos sobre os processos químicos relacionados com metais presentes nos eletrônicos quando são descartados nos lixões.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Oxidação dos metais	11	36,7
Corrosão	3	10,0
Não fizeram referência	3	10,0
Ferrugem	3	10,0
Deteriorizam	3	10,0
Processos de oxidorredução	2	6,7
Misturam-se com outros lixos	2	6,7
Passagem para o estado líquido	1	3,3
Ionização dos metais	1	3,3
Liberação de metais perigosos	1	3,3

A oitava e última questão (Apêndice F) desta atividade, trazia a reação de obtenção do ferro a partir da hematita (óxido de ferro), e se dividia em três itens. No item a, os alunos deviam determinar o nox de todas as espécies químicas presentes nessa reação, sendo que a questão já trazia o nox do oxigênio. A Tabela 20 nos mostra as respostas dos alunos para esse item. Podemos verificar que 13 (treze) alunos determinaram corretamente o nox do Ferro no composto FeO_3 , 9 (nove) acertaram o nox do C no CO , 6 (seis) acertaram o nox do Fe e do C no CO_2 . Dentre esses alunos, 4 (quatro) conseguiram determinar corretamente o nox de todas as espécies da reação. Entretanto 18 (dezoito) alunos não responderam esse item. Gostaríamos de destacar que essa atividade foi aplicada no mesmo dia que os alunos fizeram a avaliação da proposta de ensino, ou seja, os alunos tiveram 45 minutos para responder as duas atividades, e

talvez por isso, nem todos os alunos tenham conseguido completar a atividade final (Apêndice F).

Tabela 20 - Respostas corretas dos alunos sobre os nox das espécies químicas da questão 8.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Não responderam	18	60,0
FeO ₃	13	43,3
CO	9	30,0
Fe	6	20,0
CO ₂	6	20,0
Acertaram todas	4	13,3

O item b pedia que os alunos justificassem porque tal reação representa uma reação de oxidorredução. Dos 30 alunos presentes, apenas 16 responderam esse item. Dentre essas respostas, 14 explicaram corretamente o motivo pelo qual aquela reação representa uma oxidorredução, relacionando essa reação com a transferência de elétrons ou com os processos simultâneos de oxidação e redução, e apenas 2 alunos não responderam de forma correta, sendo que desses alunos, um justificou que era uma reação de oxidorredução porque ocorria uma redução, então consideramos esta resposta incompleta e o outro justificou que o carbono reduz e o ferro oxida, quando na verdade, é o contrário, o carbono oxida e o ferro reduz.

E por fim, o item c pedia que os estudantes determinassem quem oxida, quem reduz, o agente redutor e o agente oxidante. Analisando as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 21, percebemos novamente que 14 (quatorze) alunos deixaram de responder a esse item. Dentre os que responderam, 10 (dez) identificaram corretamente que o ferro reduz, e 5 (sete) identificaram a espécie Fe como agente oxidante e apenas 2 identificaram corretamente como sendo o FeO₃ o agente oxidante, e 7 (sete) alunos apontaram corretamente que quem oxida é o carbono, porém, 3 indicaram como agente redutor a espécie C e 2 identificaram corretamente substância CO₂ como agente redutor.

Tabela 21 - Respostas corretas dos alunos sobre quem oxida e quem reduz, agente oxidante e agente redutor.

Respostas	Número de alunos (total 30)	Porcentagem (%)
Não responderam	14	46,7
Ferro reduz	10	33,3
Carbono oxida	7	23,3
Fe agente oxidante	5	16,7
C agente redutor	3	10,0
Fe ₂ O ₃ agente oxidante	2	6,7
CO agente redutor	2	6,7

5.5 ANÁLISE DA PROPOSTA PEDAGÓGICA PELOS ALUNOS

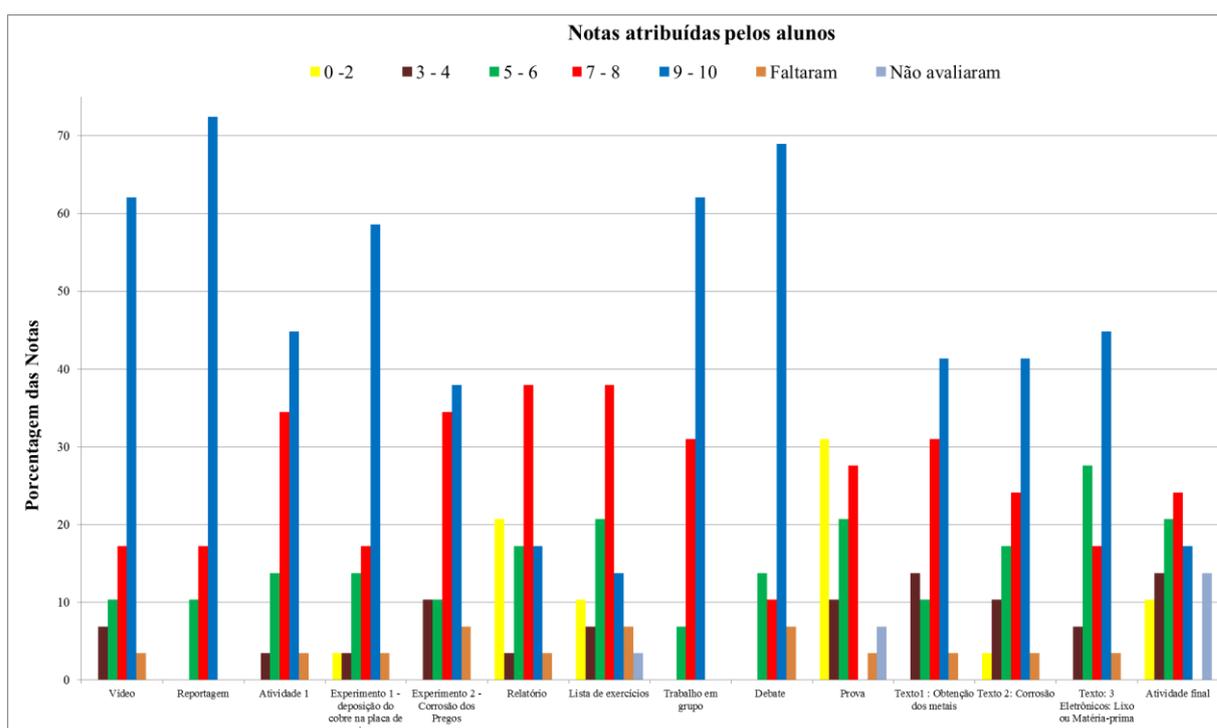
Ao final da aplicação do módulo didático, os alunos avaliaram as atividades realizadas durante o bimestre. Nessa avaliação (Apêndice G), os alunos atribuíram notas de 0 a 10 para cada atividade e responderam a duas questões, uma que perguntava sobre os pontos positivos e negativos do debate realizado em sala e a outra pedia que os alunos citassem aspectos positivos e negativos de outras atividades que desejassem citar. No dia em que esta avaliação foi aplicada, estavam presentes 30 alunos, porém, apenas 29 alunos entregaram o questionário, que foi respondido de forma anônima.

Durante a intervenção pedagógica, os alunos mostraram-se motivados a realizar as discussões e a apresentar suas ideias, participando ativamente das atividades proposta. Porém, muitos deixaram de fazer as atividades que envolviam os conteúdos de eletroquímica, como a lista de exercícios e o relatório dos experimentos, principalmente os exercícios que deviam ter sido respondidos em casa.

Em relação à avaliação feita pelos alunos, percebemos, de acordo com a Tabela 22 e a Figura 9, que as atividades que eles avaliaram com as maiores notas foram: o trabalho em grupo, o debate, o vídeo – A história dos Eletrônicos, a reportagem sobre o lixo eletrônico na África, e o experimento 1. Acreditamos que os alunos tenham gostado dessas atividades porque elas fugiram à rotina das aulas expositivas.

Tabela 22 – Avaliação dos alunos sobre as atividades desenvolvidas.

Atividade	Notas					Faltou (%)	Não marcou (%)
	0 - 2 (%)	3 e 4 (%)	5 e 6 (%)	7 e 8 (%)	9 e 10 (%)		
Vídeo	0	7	10	17	62	3	0
Reportagem	0	0	10	17	72	0	0
Atividade 1	0	3	14	34	45	3	0
Experimento 1 - deposição do cobre na placa de zinco	3	3	14	17	59	3	0
Experimento 2 - Corrosão dos Pregos	0	10	10	34	38	7	0
Relatório	21	3	17	38	17	3	0
Lista de exercícios	10	7	21	38	14	7	3
Trabalho em grupo	0	0	7	31	62	0	0
Debate	0	0	14	10	69	7	0
Prova	31	10	21	28	0	3	7
Texto1 : Obtenção dos metais	0	14	10	31	41	3	0
Texto 2: Corrosão	3	10	17	24	41	3	0
Texto: 3 Eletrônicos: Lixo ou Matéria-prima	0	7	28	17	45	3	0
Atividade final	10	14	21	24	17	0	14

Figura 9 - Avaliação dos alunos sobre as atividades desenvolvidas

Entretanto, algumas atividades receberam uma pontuação menor, entre elas a prova, o relatório dos experimentos, a lista de exercícios e a atividade final. Inferimos que essa pontuação menor esteja relacionada ao fato de que nessas atividades predominou a exigência de conhecimentos dos conceitos relacionados à eletroquímica. Dentre os textos, podemos verificar que os alunos avaliaram com melhores notas o Texto 3: Eletrônicos: Lixo ou Matéria-prima?

Uma das questões dessa avaliação (Apêndice G) pedia que os alunos apontassem os aspectos positivos e negativos do debate realizado em sala. Sobre os aspectos positivos apresentados na Tabela 23, a grande maioria dos alunos afirmou que essa atividade incentivou a busca de informações, propiciou a expressão das ideias, e ainda possibilitou o aprendizado sobre o lixo eletrônico.

Tabela 23 – Pontos positivos do debate, de acordo com os alunos.

Respostas	Número de alunos (total 29)	Porcentagem (%)
Incentivou a busca de informações	10	34,5
Propiciou a expressão de ideias	6	20,7
Aprendizado sobre o e-lixo	6	20,7
Interação entre a turma	2	6,9
Participação de todos	2	6,9
Argumentos bem feitos	2	6,9
Aprender sobre debates	1	3,4
Disputa entre os grupos	1	3,4
Conteúdo ficou mais claro	1	3,4
Aula agradável	1	3,4
Debate coerente	1	3,4

No que diz respeito aos pontos negativos, alguns consideraram que faltou organização, tempo e objetividade, entre outros pontos que destacamos na Tabela 24. Acreditamos que tanto para docentes como para discentes, acostumados à rigidez de tempos, espaços e papéis no contexto escolar, construir uma “organização” para aulas diferenciadas do convencional é um desafio, já que se trata de outra lógica de organização que professores e alunos não estão habituados. Assim, consideramos somente pela prática dessas atividades diferenciadas podemos aprimorar essa organização.

Analisando essas respostas, ressaltamos que alguns alunos perceberam os problemas relativos à falta de prática do discurso argumentativo, pois entre os pontos negativos, foram apontados: produção de argumentos contraditórios, dificuldade para expressar ideias, poucos

argumentos e falta de objetividade. Destacamos ainda que dos alunos que responderam a essa questão, 6 (seis) só citaram os aspectos positivos.

Tabela 24 – Pontos negativos do debate, de acordo com os alunos.

Respostas	Número de alunos (total 29)	Porcentagem (%)
Desorganização	3	10,3
Argumentos contraditórios	1	3,4
Alguns levaram para o lado pessoal	1	3,4
Dificuldade para expressar as ideias	1	3,4
Não sabíamos nos comportar	1	3,4
Alguns alunos não participaram	1	3,4
Pouco tempo	1	3,4
Deveria ser mais objetivo	1	3,4
Poucos argumentos	1	3,4
Não houve pontos negativos	1	3,4
Os alunos poderiam ter se dedicado mais	1	3,4

O último item dessa avaliação (Apêndice F) pedia que os alunos citassem aspectos positivos e negativos de outras atividades, se eles desejassem. Poucos alunos responderam a esse item, como podemos observar nas Tabelas 25 e 26.

Tabela 25 – Pontos positivos das atividades aplicadas, de acordo com os alunos.

Respostas	Número de alunos (total 29)	Porcentagem (%)
Atividades interessantes	2	6,9
Atividades bem planejadas	1	3,4
Trabalho em grupo - conciliação de ideias	1	3,4
Atividades diversificadas	1	3,4

Tabela 26 – Pontos negativos das atividades aplicadas, de acordo com os alunos.

Respostas	Número de alunos (total 29)	Porcentagem (%)
Prova - confusão nas ideias	1	3,4
Prova - muito conteúdo em poucas aulas	2	6,9
Atividades difíceis	1	3,4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A razão para a idealização deste trabalho foi nossa preocupação constante com os resultados do processo ensino-aprendizagem e com o desinteresse dos jovens em aprender Química vivenciadas nos últimos nove anos de dedicação à docência. Isso nos levou ao mestrado profissional, por entendermos que nele faríamos leituras, discussões e aprofundamentos *a partir da e para uma* prática docente mais amadurecida.

Nesses dois últimos anos do mestrado, conhecemos inúmeras estratégias e caminhos para o desenvolvimento de um processo ensino-aprendizagem mais dinâmico, como: o ensino de Ciências com enfoque CTS, os processos de avaliação formativa, a experimentação investigativa e a argumentação. Dessas, nos identificamos com o ensino com ênfase nas relações CTS porque acreditamos que a dinâmica da sociedade moderna exige dos indivíduos um posicionamento crítico acerca das questões que envolvem a Ciência e a Tecnologia (C&T) e também, que a abordagem de temas sociocientíficos proporciona um maior envolvimento dos alunos nas aulas de Ciências. Portanto, consideramos que esse caminho possa colaborar com a formação de cidadãos críticos capazes de tomarem decisões responsáveis frente às questões sociocientíficas. Essas abordagens, quando conduzidas adequadamente, promovem de forma ampliada o estabelecimento de relações entre o conhecimento científico e contextos sociais. Outra estratégia com a qual nos identificamos é a abordagem argumentativa, visto que para se posicionar de maneira crítica, o indivíduo precisa desenvolver habilidades referentes à defesa e refutação de pontos de vista, estratégia também defendida pelas propostas de ensino CTS.

Por isso, nesta dissertação buscamos analisar como uma abordagem CTS sobre as questões emergentes da disposição inadequada de resíduos/rejeitos eletroeletrônicos pode sensibilizar alunos do Ensino Médio de uma escola pública de Planaltina-DF. Para discutir tais aspectos consideramos necessário apreender conceitos de eletroquímica na perspectiva de entender processos de interação de certas partes dos eletroeletrônicos quando expostos às intempéries. O objetivo maior passou a ser o desenvolvimento do letramento científico e das habilidades argumentativas de nossos alunos. Nessa perspectiva, desenvolvemos uma proposição didática embasada nos pressupostos do ensino CTS, que propiciou a discussão da temática do resíduo eletroeletrônico, relacionando os aspectos sociais, econômicos, políticos, ambientais, éticos e científicos envolvidos neste assunto.

Procuramos adotar estratégias que se coadunassem com o referencial teórico, com o intuito de despertar o interesse do aluno e conduzi-lo a uma aprendizagem mais significativa e

a uma reflexão sobre os impactos da C&T na sociedade. Dentre as diversas estratégias aplicadas, utilizamos vídeos, reportagens, experimentos, leitura e interpretação de textos, estudo de caso e debate.

Durante a realização das atividades cuidadosamente elaboradas, pude observar que a abordagem CTS no ensino de Química propiciou o envolvimento dos alunos em diversas atividades, principalmente nas discussões realizadas em sala e no debate entre os grupos. Eles demonstraram isso pela participação nas discussões, no empenho na realização do trabalho em grupo e na defesa dos pontos de vista durante a realização do debate. No decorrer dessa última atividade, muitas vezes tivemos que intervir e organizar a ordem das falas, pois muitos estudantes queriam se expressar ao mesmo tempo, apesar disso ter gerado certo tumulto, também demonstrou um grande comprometimento com a atividade desenvolvida.

No decorrer do desenvolvimento da proposta, o que mais me surpreendeu foi o desempenho dos alunos durante o debate. Essa atividade permitiu a integração da maioria dos estudantes, possibilitando até mesmo participação daqueles que sempre se mostravam tímidos ou apáticos. Tal fato me fez refletir sobre a necessidade de se levar para sala de aula estratégias de ensino-aprendizagem diversificadas para estimular as diferentes capacidades existentes numa mesma turma. Perceber que cada aluno é um indivíduo singular deve ser uma motivação para o professor, estimulando-o a buscar ferramentas didáticas que sejam capazes de alcançar verdadeiramente a todos.

Percebemos o alcance da temática resíduo eletroeletrônico junto aos alunos, pela diversidade na natureza dos argumentos expressos durante o debate. Isso porque, os dois grupos apresentaram argumentos de natureza social, política, econômica, ambiental, científica e ética na defesa de seus pontos de vista, sendo que, um desses grupos apresentou ainda um argumento de natureza afetiva, ao relacionar o uso excessivo da tecnologia e falta de afetividade entre as pessoas, como demonstrado na fala da aluna A9:

(A9) “[...] Tá faltando amor, tá faltando as pessoas terem mais convivência uma com a outra, estão utilizando muito de meio tecnológico e estão deixando mas a questão de afetividade de lado”.

Em relação à nossa pergunta de pesquisa, acreditamos que a abordagem CTS de ensino, possibilitou aos estudantes estabelecerem relações entre os diversos aspectos envolvidos com a produção e o descarte dos equipamentos eletrônicos, e permitiu também a incorporação desses aspectos no posicionamento dos alunos, o que pode ser evidenciado na resolução do estudo de caso e no debate. Portanto, acreditamos que a aplicação da proposta

didática contribuiu para o desenvolvimento do letramento científico, na medida em que possibilitou aos alunos ampliarem suas percepções em relação à temática, e ao mesmo tempo incorporar os conceitos químicos em seus argumentos, como foi evidenciado nos resultados das atividades e na fala de muitos alunos durante o debate e nas discussões vivenciadas em sala.

Entretanto, temos a consciência de que a formação de indivíduos cientificamente letrados envolve tanto o entendimento dos princípios básicos dos fenômenos, como a capacidade de tomar decisões responsáveis, pessoais ou públicas, em questões relativas à C&T. Além disso, pressupõem o desenvolvimento de valores vinculados aos interesses coletivos, como solidariedade e consciência do compromisso social (SANTOS, 2007a). Portanto, o letramento científico de um indivíduo não é algo que se consegue em poucas aulas, mas exige um trabalho sistemático e contínuo. Nessa perspectiva, destacamos o papel do professor em apresentar aos alunos situações com diferentes possibilidades de solução, mostrar pontos positivos e negativos e promover neles autonomia para escolherem o caminho a ser seguido de forma mais consciente.

No que diz respeito às habilidades argumentativas, consideramos que o tema resíduo eletroeletrônico motivou os alunos a refletirem e se posicionarem, buscando informações que os auxiliassem na produção e defesa de argumentos e na refutação de pontos de vista contrários. Contudo, as falhas percebidas durante a argumentação ocorrida no debate, como as contradições e a produção de argumentos incoerentes, nos mostraram que a habilidade argumentativa precisa ser explicitamente ensinada e estimulada no Ensino Médio, pois constitui-se uma importante ferramenta para a autonomia e o engajamento social, indispensável para o exercício da cidadania, corroborando assim, com os objetivos presentes nos documentos oficiais que norteiam a educação em nosso país.

Quanto aos objetivos almejados, consideramos que as atividades propostas nos permitiram identificar as concepções prévias dos alunos sobre a natureza das substâncias presentes nos eletroeletrônicos e como essas se tornam contaminantes. Assim, esses dados nos forneceram subsídios para a estruturação da proposta didática apresentada. Percebemos que a temática escolhida permitiu aos estudantes relacionarem os aspectos sociais, econômicos, políticos, ambientais e científicos relacionados com a problemática. Adicionalmente, o tema resíduo eletroeletrônico favoreceu o engajamento dos alunos em uma discussão argumentativa, produzindo, refutando e avaliando argumentos e ao menos tempo contribuiu para a incorporação dos conhecimentos escolares desenvolvidos na produção desses argumentos. Quanto à análise dos argumentos produzidos durante o debate, constatamos a

importância do direcionamento do professor na qualidade da argumentação produzida pelos alunos e a necessidade de estimular os educandos a exercerem a o discurso argumentativo.

Este trabalho me possibilitou uma avaliação mais crítica de minha atuação profissional, pois me levou a refletir sobre todas as dimensões da minha prática docente. Com relação às estratégias adotadas, percebi a importância de dar voz aos alunos, pois dessa forma eles se tornam protagonistas no processo de construção do conhecimento ao invés de meros observadores. Com este trabalho aprendi a ouvir mais os alunos e as contribuições que eles têm para oferecer. Com o desenvolvimento das aulas participativas entendi o quanto a postura do professor frente ao conteúdo programático pode influenciar no aprendizado e na predisposição em aprender. No que diz respeito ao processo avaliativo, compreendi que muitas vezes é necessário repensar o caminho percorrido, mudando estratégias e diminuindo a velocidade das aulas, para dessa forma, assegurar que o aluno aprenda de forma mais significativa. Compreendi também que mais importante do que quantidade de conteúdos desenvolvidos é a qualidade da aprendizagem desses conteúdos, portanto, a preocupação central do professor não pode ser o cumprimento do currículo programático, que é composto por uma grande quantidade de conhecimentos, mas sim, a aprendizagem efetiva desses conhecimentos, pois somente assim os estudantes terão condições de utilizar tais conhecimentos para se posicionarem frente às questões relacionadas à C&T no contexto de suas vidas.

Para o desenvolvimento desse trabalho também enfrentei dificuldades, que me fizeram perceber de forma mais crítica o cotidiano da escola. Uma delas foi o tempo, isso porque a discussão de uma temática sociocientífica e a sua associação com os conteúdos a serem desenvolvidos demandaram a utilização de diversas estratégias didáticas, exigindo mais aulas do que o previsto inicialmente. O que nos leva a considerar que a reduzida carga horária dispensada para a disciplina de Química no Ensino médio, também se apresenta com um problema para o ensino dessa disciplina.

Outra dificuldade encontrada diz respeito às deficiências dos alunos com relação à Língua Portuguesa e à Matemática. As transcrições das respostas e falas dos alunos evidenciam que muitos têm sérias lacunas quanto aos requisitos básicos dessas duas disciplinas estruturantes, apesar desses alunos estarem no último ano do Ensino Médio. Acreditamos que isso dificulta a compreensão de conteúdos de Química, especialmente os relativos à eletroquímica, que exigem habilidades de interpretação, cálculos matemáticos e ainda, certo grau de maturidade e abstração dos alunos. Esse fator também influenciou no aumento de aulas previstas, pois tivemos que rever algumas estratégias e dedicar mais aulas

para o desenvolvimento de alguns conteúdos, especialmente os que envolviam cálculos matemáticos simples, como equações de primeiro grau para a determinação do número de oxidação das espécies químicas.

Por fim, acreditamos que uma grande contribuição deste trabalho foi apresentar aos alunos diversos aspectos relacionados com o conhecimento científico e a produção tecnológica contemporânea, possibilitando a eles uma visão mais ampla e crítica sobre o mundo a sua volta. Contudo, atribuímos à realização deste, um despertar no desejo de estar em constante processo de reflexão e aperfeiçoamento, por isso, consideramos que o crescimento pessoal e profissional do docente tenha sido a contribuição mais expressiva do trabalho desenvolvido.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Eds.). STS education: international perspectives on reform. New York: Teachers College Press, p. 47-59, 1994.

_____. Research into STS Science Education. Published in *Educación Química*, 16, 384-397, 2005.

AMARAL, S. T.; MACHADO, P. F. L.; PERALBA, M. C. R.; CÂMARA, M. R.; SANTOS, T.; BERLEZE, A. L.; FALCÃO, H. L.; MARTINELLI, M.; GONÇALVES, R. S.; OLIVEIRA, E. R.; BRASIL, J. L.; ARAÚJO, M. A. e BORGES, A. C. A. Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Química Nova*, v. 24, n. 4, p. 419-423, 2001.

ANDRÉ, M. Pesquisa em Síntese: Avaliação revela impacto de um programa de formação de professores. *Ensaio: aval. pol. públ. Educ.*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 58, p. 149-168, jan./mar., 2008.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, v. 1, número especial, novembro de 2007.

_____. Alfabetização Científico-Tecnológica: Um novo “paradigma”? *Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n.1, março de 2003.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, v.7, n.1, p.1- 13, 2001.

ALTARUGIO, M. H., DINIZ, M. L.; LOCATELLI, S. W. O debate como estratégia em aulas de química. *Química Nova na Escola*, v.32, n.1, p. 26-30, 2010.

BARBOSA, E. B.; FRAXE, T. J. P. Coisas: produção, distribuição, consumo e sustentabilidade, *Contribuciones a la Economía*, marzo 2013. Disponível em: www.eumed.net/ce/2013/producao-distribui-zao-consumo-sustentabilidade.html. Consultado em: 15 de março de 2014.

BAKER, M. Argumentative Interactions and the Social Construction of Knowledge. In: MIRZA, N. M. e PERRET-CLERMONT, A.N. (Ed.). *Argumentation and Education: Theoretical Foundations and Practices*. Dordrecht, Springer, p.127-144, 2009.

BAUMAN, Z. *Vida Para o Consumo: a Transformação das Pessoas em Mercadoria*. Tradução Carlos Alberto Medeiros, Rio de Janeiro, Zahar, 2008.

BORTOLETTO, A.; CARVALHO, W. L. P. Temas sócio-científicos: análise dos processos argumentativos num contexto escolar. Artigo apresentado no VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, nov. 2009.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro. Lei das Diretrizes de Bases da Educação Nacional. Sítio eletrônico: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm, 1996.

_____. Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica– Semtec. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília: MEC/Semtec, 2000.

_____. Ministério da Educação/Secretaria de Educação Básica. Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias, v. 2, Brasília, MEC/SEB, 2006.

BRETON, P. A Argumentação na Comunicação. Bauru, EDUSC, 1999.

BRICKER, L. A.; BELL, P. Conceptualizations of Argumentation From Science Studies and the Learning Sciences and Their Implications for the Practices of Science Education, *Science Education*, v. 92, n. 3, p. 474-498, 2008.

BRITO, J. Q. A; SÁ, L. P. Estratégias Promotoras de Argumentação sobre Questões Sócio-científicas com Alunos do Ensino Médio. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*. v.9, n. 3, p 505-529, 2010.

BRUM, A. B. N.; HILLIG, C. Repensando o Consumismo: uma Reflexão sobre a necessidade de um Consumo Responsável. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, REGET-CT/UFSM, v.1, n.1, p. 115-128, 2010.

BYBEE, R. W. Science education and the science-technology-society (STS) theme. *Science Education*, v. 71, n. 5, p.667-683. 1987.

CARVALHO, A. M. P. Habilidades de Professores Para Promover a Enculturação Científica. *Contexto & Educação*, v. 22, p. 25-49, 2007.

CARVALHO, A. M. P. Introduzindo os alunos no universo das ciências. In: *Ensino de Ciências e Desenvolvimento: O que Pensam os Cientistas*. WERTHEIN, J.; CUNHA, C. (Orgs.), 2.ed., Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P.; SILVA, D. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. *Pesquisa em educação em Ciências*, v. 2, n. 2, 2002.

CEREZO, J. A. L. Ciência, Tecnología y Sociedad: el estado de lacuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 18, p. 1-25, septiembre-diciembre, 1998.

CHAPLIN, L. N.; JOHN, D. R. Growing up in a material world: age differences in materialism in children and adolescent. *Journal on Consumer Research*, n. 34, p. 480-493, December, 2007 apud

SOLOMON, M. R. O comportamento do consumidor: comprando, possuindo e sendo. Tradução: Luiz Cláudio de Queiroz Faria. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, Cap. 4, 2011.

CHASSOT, Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. Revista Brasileira de Educação, ANPEd, n. 26, p. 89-100, 2003.

COSTA, M. I., MENDES, M. A publicidade como ferramenta de consumo: uma reflexão sobre a produção de necessidades, 2012. Disponível em: <http://www.bocc.ubi.pt/listas/tematica.php?codtema=10>. Acesso em 20 Mai. 2013.

DAVIES, J. B. Davies, SANDSTRÖM, S., SHORROCKS, A., WOLFF, E. N. The World Distribution of Household Wealth, United Nations University, World Institute for Development Economics Research, Discussion Paper No. 2008/03, feb. 2008. Disponível em: <<http://www.wider.unu.edu/publications/working-papers/discussion-papers/2008/>> Acesso em: 20 setembro 2013.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo o Conhecimento Científico na Sala de Aula. Química Nova na Escola, n. 9, maio, 1999.

DRIVER, R.; NEWTON P. The place of argumentation in the pedagogy of school science. Science Education, v. 21, n. 5, p 553– 576, 1999.

DRIVER, R.; NEWTON, P., OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Science Education, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.

DUTRA, P, M. B. F. Percepção de estudantes do ensino médio sobre o tema “radiação” e tecnologias relacionadas: ideias informais e categorias conceituais. Dissertação de Mestrado... Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte-MG, 124 p. 2010.

ERICKSON, F. Qualitative methods in research on teaching. In: Wittrock, M.C. (Ed.), Handbook of research on teaching. (3rd. ed.): Macmillan Publishing Co. New York 1986. Disponível em: http://courses.education.illinois.edu/ci550/course_materials/Frederick_Erickson_Article.pdf. Acesso em: out. 2013.

EUROPEAN UNION - EU, Directive 2002/96/EC of the European parliament and of the council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) — joint declaration of the European parliament, the council and the commission relating to article 9. OfficialJournalL037:0024-39, 2003. Disponível em <[http:// europa.eu.int/eur-lex/en/](http://europa.eu.int/eur-lex/en/)> Acesso em: 09 setembro 2013.

FATARELI E. F.; FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Argumentação no ensino de química a partir do debate de questões sociocientíficas. Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC, Campinas –SP, 2011.

FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências? Investigações em Ensino de Ciências. v. 8, n. 2, p.109-123, 2003.

FREIRE, M. S.; SILVA JÚNIOR, C. N.; SILVA, M. G. L. Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química. Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC, Campinas –SP, 2011.

GERBASE, A. E.; OLIVEIRA, C. R. Reciclagem do lixo de Informática: Uma oportunidade para a Química. Química Nova, v. 35, n. 7, p. 1486-1492, 2012.

GIERE, R. N. A new framework for teaching scientific reasoning. *Argumentation*, v. 15, p. 21-33, 2001.

GUARNIERE, P. *Política Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental*. 1 ed. Recife: Editora Clube de Autores. 307 p. 2011.

HERCULANO, S. Do desenvolvimento (in)suportável à sociedade feliz. In: *Ecologia, Ciência e Política*, Goldenberg, M. (coord.), Editora Revan, Rio de Janeiro p 9-48, 1992.

HERREID, C. F. What makes a good case? *Journal of College Science Teaching*, v.27, n.3, p. 163-169, 1998.

JIMÉNEZ, M. P. A. *Diseño Curricular: Indagación y Razonamiento com el Lenguaje de las Ciencias*. *Enseñanza de Las Ciencias*, v.16 n.2, p.203-216, 1998.

JIMÉNEZ, M. P. A.; BUSTAMANTE, J. D. Discurso de aula y Argumentación em la clase de Ciencias: Cuestiones Teóricas y Metodológicas. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, v. 21 n.3, p.359–370, 2003.

JIMÉNEZ, M.P. A.; PÉREZ, V. A.; CASTRO, C.R. Argumentación em el laboratorio de Física. *Atas do VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - EPEF*, Florianópolis-SC, 1998 apud

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. A argumentação e o Ensino de Ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.8, n.3, p. 187-209, 2003.

KELECOM, A. GOUVEA, R. C. S. A Percepção da Radioatividade por Estudantes de Nível Superior. *Mundo & Vida*. v. 3, n. 2, 2002.

KUEHR, R.; WILLIAMS, E. *Computer and the Environment: Understanding and Managing Their Impacts*. *Eco-Efficiency in Industry and Science Series*, UNITED NATIONS UNIVERSITY. Kluwer, Amsterdam: 2003.

LEFF, Enrique. *Epistemologia Ambiental*. Tradução de Sandra Valenzuela. São Paulo: Cortez, 2002 apud

BARBOSA, E. B.; FRAXE, T. J. P. Coisas: produção, distribuição, consumo e sustentabilidade, *Contribuciones a la Economía*, marzo 2013. Disponível em: www.eumed.net/ce/2013/produzao-distribuzao-consumo-sustentabilidade.html. Consultado em: 15 de março de 2014.

LEITÃO, S. O Lugar da Argumentação na Construção do Conhecimento em Sala de Aula. In: *Argumentação na Escola, O Conhecimento em Construção*. Leitão, S.; Dallianovic, M. C.(Orgs), Pontes Editores, São Paulo, 2011.

LIMA, V.A. e MARCONDES, M.E.R. Atividades experimentais no ensino de química. Reflexões de um grupo de professores a partir do tema Eletroquímica. *Enseñanza de las Ciencias*, volume extra, p.1-4, 2005.

LINSINGEN, I. V. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. *Ciência & Ensino*, v. 1, número especial, novembro de 2007.

LOPES, A.R. C. Conhecimento Escolar em Química – Processo de Mediação Didática da Ciência. *Química Nova*, v. 20 n. 5, p. 568–563, 1997.

MAGERA, M. *Os Caminhos do Lixo*. Editora Átomo, 2013.

MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. *Revista Brasileira de Educação*, Anped, n. 26, p. 95-108, 2004.

MARTINS, I. P.; PAIXÃO, M. F. Perspectivas atuais Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino e na investigação em educação em Ciência. In: SANTOS, W. L. P. dos; e AULER, D.(Org.) *CTS e Educação Científica: Desafios, Tendências e Resultados de Pesquisas*. Brasília: Editora UnB, 2011.

MENDONÇA, P. C. C. Influência de Atividades de Modelagem na Qualidade dos Argumentos de Estudantes de Química do Ensino Médio. Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTIS, R. S. Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.13, n.1, 2013.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, Mudança conceitual e Ensino de Ciências: Para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. n.1. p.20-39, 1996.

MORTIMER, E. F.; P. SCOTT, Atividade Discursiva nas Salas de Aula de Ciências: Uma Ferramenta Sociocultural para Analisar e Planejar o Ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.7, n.3, p. 283-306, 2002.

NASCIMENTO S. S.; VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v.8 n. 2, 2008.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. *Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments*. Paris, 2001.

OLIVEIRA, R. S.; GOMES, E. S.; AFONSO, J. C. O Lixo Eletroeletrônico: Uma Abordagem para o Ensino Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*, v.32, n. 4 p. 240-248, 2010.

OSBORNE, J. Hacia una pedagogía más social en la educación científica: el papel de la Argumentación. *Educación Química*, v.20, n.2, 156-165, 2009.

OSBORNE, J. F.; ERDURAN, S.; SIMON, S; MONK, M. Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, v.82, n. 301, p. 63-70, June, 2001.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, EUA, April, 2002.

PERES, R. S.; SANTOS, M. A. Considerações gerais e orientações práticas acerca do emprego de estudos de caso na pesquisa científica em psicologia. *Interações*, v 10, n. 20, p. 109-126, 2005.

PINHEIRO, N. A. M.; BAZZO, W. A; SILVEIRA, R. M. C. F. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE - PNUMA. E-waste, the hidden side of IT equipment's manufacturing and use. In: *Early warning on emerging environmental threats*, chapter 5, 2005. Disponível em:

http://www.grid.unep.ch/products/3_Reports/ew_ewaste.en.pdf. Acesso em: set. 2013.

_____. Recycling – From e-waste to resources. Relatório elaborado pela ONU, 2009.

Disponível em: http://www.unep.org/PDF/PressReleases/Ewaste_publication_screen_FINAL_VERSION-sml.pdf. Acesso em: set. 2013.

PUCKETT J.; BYSTER L.; WESTERVELT S.; GUTIERREZ, R., DAVIS S.; HUSSAIN A.; DUTTA M. Exporting Harm, The High-Tech Trashing of Asia. Seattel, WA; Basel Action Network and Silicon Valley Toxics Coalition, February 25, 2002.

RAMSEY, J. The science education reform movement: implications for social responsibility. *Science Education*, v. 77, n. 2, p.235-258, 1993.

ROBINSON, B. H. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts, *Science of the Total Environment* n. 408 p. 183–191, 2009.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Estudos de Casos no Ensino de Química. Campinas, SP. Editora Átomo, 2010.

SÁ, L. P. Estudos de caso na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no Ensino Superior de Química. Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP, 2010.

SANJUAN, M. E. C.; DOS SANTOS, C. V.; MAIA, J. O.; DA SILVA, A. F. A.; WARTHA, E. J. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, 2009.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação* v. 12 n. 36 set./dez., 2007a.

_____. Contextualização no Ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Revista Ciência & Ensino*, v. 01, número especial, nov., 2007b.

_____. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.1, n.1, p. 109-131, mar., 2008.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v.7, n.1, p.95-111, 2001.

_____. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS no contexto da educação brasileira. Ensaio – pesquisa em educação em ciências, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2002.

_____. A Abordagem de Temas Sociocientíficos em Aulas de Ciências: Possibilidades e Limitações. Revista Investigações em Ensino de Ciências. v. 14 n.2, p. 191-218, 2009.

SANTOS, W. P.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H.; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v.1, n.140, 2001.

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

SANTOS, W. L. P.; GALIAZZI, M. C., PINHEIRO, J. E. M., SOUZA, M. L., PORTUGAL, S. O Enfoque CTS e a Educação Ambiental: Possibilidade de “ambientalização” da sala de aula de Ciências. In: SANTOS, W. L. P. dos; MALDANER, O. A. (Org.) (Coleção em Química). Ensino de Química em Foco. Ijuí: Unijuí, 2010.

SCHNETZLER, R.P. A Pesquisa no ensino de Química: A Importância da Química Nova na escola. Química Nova na Escola, n. 20, p. 49-54, 2004.

SCHROEDER, E. Conceitos espontâneos e Conceitos Científicos: O Processo da Construção Conceitual em Vygotsky. Atos de Pesquisa em Educação, Universidade Regional de Blumenau, PPGE/ME FURB, v. 2, nº 2, p. 293-318, maio/ago. 2007.

SCHROEDER, E.; FERRARI, N.; MAESTRELLI, S. R. P. A construção do Conhecimento Científico em Aulas de Ciências: Contribuições da Teoria Histórico-Cultural do Desenvolvimento. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (Enpec), Florianópolis, nov. 2009.

SILVA, A. P. S. Situações argumentativas no ensino de Ciências da Natureza: Um estudo de práticas de um professor em formação inicial em uma sala de aula de Educação de Jovens e Adultos. Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W.L.P.; MALDANER, L. O. (Org.) Ensino de Química em Foco. Ijuí: Editora da Unijuí, Cap. 9, 2010.

SINGER, P. Desenvolvimento capitalista e desenvolvimento solidário. Estudos avançados, vol.18 n.51, São Paulo, Mai/Ago, 2004.

SOLOMON, M. R. O comportamento do consumidor: comprando, possuindo e sendo. Tradução: Luiz Cláudio de Queiroz Faria. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Cap. 4

TOULMIN, S. Os usos do argumento. Tradução Reinaldo Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

TOZONI-REIS, M. F. C. Educação Ambiental: Natureza, Razão e História. 2ª edição, Autores Associados, Coleção Educação Contemporânea, Campinas, SP, 2008.

TUNES, E.; TACCA, M. C. V. R.; BARTHOLO JÚNIOR, R. S. O professor e o Ato de Ensinar. *Cadernos de Pesquisa*, v. 35, n. 126, p. 689-698, set./dez., 2005.

UNITED STATES - US, Environmental Protection Agency- EPA. "Electronics Waste Management in the United States Through 2009," EPA 530-R-11-002, May 2011. Disponível em: <http://www.epa.gov/wastes/conserva/materials/ecycling/docs/fullbaselinereport2011.pdf>. Acesso em: set 2013.

_____. "Municipal Solid Waste in the United States: 2011 Facts and Figures," US EPA, pages 67-72, May 2013. Disponível em: http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/MSWcharacterization_fnl_060713_2_rpt.pdf. Acesso em: set. 2013.

VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST., R.; HENKEMANS, A. F. S. *Argumentation: Analysis, Evaluation, Presentation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2002

VAN EEMEREN, F. H., GROOTENDORST, R. *A Systematic Theory of Argumentation: The Pragma-dialectical Approach*, Cambridge University Press, 2004.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. Uma proposta de critérios marcadores para identificação de situações argumentativas em salas de aula de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 1, p. 81-102, 2009.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. *Argumentação no Ensino de Ciências: Tendências, Práticas e Metodologia de Análise*. São Paulo, Editora Appris, 1ª edição, 2013.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. A argumentação e o Ensino de Ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.8, n.3, p. 187-209, 2003.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. 3ª edição, São Paulo, Editora: Martins Fontes, 2005.

WALKS, L. *Educación em Ciencia, Tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafios intelectuales*. In: MEDINA, M.; SANMARTIN, J. (Orgs.). *Ciencia, tecnología y sociedad, estudios interdisciplinarios em la universidad, em la educación y em la gestión pública*. Barcelona: Anthropos, p. 42-75, 1990 apud PINHEIRO, N. A. M.; BAZZO, W. A.; SILVEIRA, R. M. C. F. *Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio*. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

WIDMER, R.; OSWALD-KRAPF, H.; SINHA-KHETRIWAL, D.; SCHNELLMANN, M.; BOENI, H. Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment. Review* n. 25, p. 436 e 458, 2005.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Porto alegre, Bookman, 4ª edição, 2010.

ZABALZA, M. A. *Diários de aula: um instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional*. Porto Alegre: Artmed, 2004.

APÊNDICES

Apêndice A – Autorização e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido por parte dos alunos.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Autorização e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, _____, RG _____, residente à _____, legalmente responsável pelo(a) aluno(a) _____, matriculado(a) na 3ª série, do Ensino Médio, no turno _____, da Escola _____, declaro que autorizo e concordo com a participação de _____ (nome do aluno) como colaborador(a) voluntário nas atividades de pesquisa desenvolvidas no projeto de mestrado de Daniela Cavalcante de Abreu, aluna no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) da Universidade de Brasília (UnB) e coordenado pela professora Drª. Patrícia Fernandes Lootens Machado. Declaro que fui satisfatoriamente esclarecido(a) sobre o fato de que: a) as informações colhidas durante a elaboração desta pesquisa de mestrado serão divulgadas em publicações da área de Educação, preservado o total anonimato dos estudantes; b) posso consultar a autora do projeto durante a execução desse, para solucionar qualquer dúvida sobre o desenvolvimento de suas atividades; c) não terei direitos autorais sobre os resultados decorrentes desta pesquisa.

E, por estar de acordo, firmo o presente.

_____, _____ de _____ de 2014.

Voluntário(a) ou responsável legal

Daniela Cavalcante de Abreu (PPGEC/UnB)

Patrícia F. L. Machado (PPGEC/UnB)

- 2) De acordo com o vídeo, qual o motivo dos eletrônicos durarem cada vez menos?
- a) O uso incorreto dos equipamentos.
 - b) O conhecimento científico-tecnológico disponível não permite fazer equipamentos mais duráveis.
 - c) O transporte inadequado.
 - d) Eles são intencionalmente projetados para durar pouco, e assim, serem substituídos.
 - e) Outros: _____

- 3) Quem mais se favorece com a diminuição da vida útil dos equipamentos eletrônicos, segundo o vídeo?

- a) A sociedade, pois os equipamentos mais modernos facilitam a vida das pessoas.
- b) O ambiente, pois as novas tecnologias são cada vez menos poluentes.
- c) As grandes indústrias que lucram cada vez mais com as vendas dos equipamentos.
- d) Os empregados do setor industrial, pois assim sempre terão emprego garantido.
- e) Os consumidores, pois assim, sempre estarão comprando aparelhos cada vez mais eficientes.

- 4) Por que alguns países exportam seu lixo eletrônico para outros países?

- a) Eles não têm condições financeiras para reciclar os eletrônicos.
- b) Eles não têm a tecnologia necessária para reciclar esse lixo.
- c) Para ajudar os países mais pobres.
- d) Porque o tratamento de tais resíduos é muito complexo e caro, por isso é mais fácil enviar para países que não possuem leis ambientais rígidas.

- 5) Vocês concordam com essa prática? Por quê?

- 6) Com relação à reciclagem dos eletrônicos, citada no vídeo, praticada na China, Índia e Nigéria, podemos dizer que ela é negativa ou positiva? Por quê?

Apêndice D – Estudo de caso.

TRABALHO EM GRUPO

Marina, uma adolescente de 16 anos, estudante do ensino médio, chegou à casa bastante chateada pelo fato de alguns de seus colegas da escola terem zombado do seu aparelho celular e foi queixar-se com sua mãe:

- Mãe, eu estou “pagando o maior mico” na escola, todos zombam de mim por causa desse celular pré-histórico. Por favor, compra um celular novo para mim!

- Bom, mas ele não está funcionando?

- Está sim, parece até um milagre, um aparelho tão feio ainda funcionar...

- Então, minha filha, ele está funcionando e podemos nos comunicar, isso que é o mais importante.

- Ah não, mãe! Ele é tão velho que nem tira foto, não acessa a internet, não tem *bluetooth*, ou seja, não serve para nada.

- Para que você quer que o celular tire foto e acesse a internet, se temos máquina fotográfica e computador em casa?

- Ah para mãe! Eu quero ter um celular desses novos que todos da minha sala têm! Por que só eu não posso? Compra no cartão e divide em 12 vezes. Fica baratinho! Por favor!

Nesse momento, a mãe de Marina a levou para a dispensa e mostrou uma pilha de aparelhos velhos entulhados num canto.

- Marina, olha só a quantidade de aparelhos eletrônicos estragados que estão entulhados na nossa dispensa. Não sei como descartá-los. Você tem um celular que ainda funciona muito bem e quer jogá-lo aqui só para ficar na moda. Vamos fazer um trato. Se você buscar informações sobre todas as possibilidades de descarte desses aparelhos e me convencer que existe uma maneira adequada e segura de descartá-los, pensarei na possibilidade de te dar um celular novo. Ok?

Como amigo de Marina, ajude-a a pesquisar informações sobre o que pode ser feito com equipamentos eletrônicos que não são mais usados e quais os impactos ambientais/financeiros que pode causar. Dessa forma, você poderá ajudar a Marina e a mãe dela a resolverem o impasse em que se encontram.

Questões

- A. Explique em linhas gerais, qual o principal assunto abordado?
- B. Qual a relação do caso apresentado com as questões:
 - Sociais
 - Ambientais
 - Econômicas
 - Éticas
- C. Cite pelo menos quatro medidas que normalmente são tomadas para se livrar de equipamentos eletrônicos (como os aparelhos celulares) que não estão mais em uso?
- D. Liste vantagens e desvantagens que cada uma das medidas que você citou pode acarretar.
- E. Baseado nas respostas das questões B e C, que medida você considera a mais adequada para resolver o impasse entre Marina e sua mãe. Explique detalhadamente sua escolha.
- F. Apresente o maior número de vantagens e desvantagens da opção escolhida para a solução o caso de Marina em relação a outras possíveis soluções.
- G. Como a aplicação da medida escolhida se reflete no dia a dia das pessoas envolvidas no caso, levando em consideração aspectos sociais, ambientais, econômicos e éticos.
- H. Qual é a sua opinião sobre os argumentos usados por Marina no texto apresentado?
- I. E sobre os argumentos usados pela mãe de Marina?
- J. Em sua análise, a mãe de Marina deve ou não comprar um celular novo para sua filha?
- K. Se você fosse, Marina como agiria? Descreva um plano de ação, utilizando os personagens do caso e as medidas julgadas adequadas para a solução.

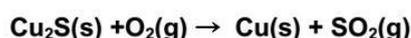
2. O monitoramento dos compostos nitrogenados presentes em águas poluídas é usado para avaliar o grau de decomposição da matéria orgânica presente nessas águas. Quanto maior o grau de decomposição da matéria orgânica, mais oxidado está o nitrogênio. Os resultados da análise de quatro amostras de água contaminada indicaram a predominância das seguintes espécies nitrogenadas:

Amostra de água	Espécie nitrogenada predominante
I	N ₂
II	NH ₄ ⁺
III	NO ₂ ⁻
IV	NO ₃

Determine o nox do N em cada uma das espécies químicas da tabela acima e baseado no conceito de oxidação, diga em qual das amostras a matéria orgânica se encontra em estágio mais avançado de decomposição. Justifique sua resposta.

3. O cobre está presente em diversos minerais, mas apenas alguns são explorados como minérios. Os principais minérios de cobre são: calcosita(Cu₂S), calcopirita(CuFeS₂), cuprita(CuO₂), malaquita (CuO₃.Cu(OH)₂) e atacamita(CuCl₂.3Cu(OH)₂). Segundo a Associação Internacional do Cobre, computadores, telefones celulares e outros equipamentos eletrônicos contêm entre 5 e 18% de cobre.

A obtenção do cobre a partir da calcosita(Cu₂S), ocorre por um processo denominado ustulação, em que o minério é aquecido na presença de oxigênio, como mostra a reação a seguir:



(Considere o nox do Cu: +2)

Determine o nox de todas as espécies químicas envolvidas, explique porque a equação acima representa uma reação de oxidorredução. Determine quem oxida e quem reduz, o agente oxidante e o agente redutor.

4. No Brasil, as pilhas e baterias contendo cádmio, chumbo e mercúrio, devem ser devolvidas aos estabelecimentos comerciais e às indústrias para reciclagem, ou descarte em aterros sanitários licenciados, de acordo como o Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Vários aparelhos eletrônicos utilizam esses dispositivos, entre eles estão os telefones celulares. Alguns desses aparelhos operam com pilhas ou baterias de níquel-cádmio, que podem ser recarregadas e funcionam de acordo com a equação global:

(Considere Nox: O= -2, H= +1)



Determine o agente oxidante, o agente redutor, o cátodo e o ânodo desta pilha. Qual o significado do E° ?

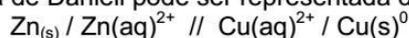
TEXTO 2

Muitos aparelhos eletrônicos utilizam como fonte de energia pilhas e baterias. A história das pilhas se inicia em 1600, quando o físico alemão Otto von Guericke idealiza a primeira máquina capaz de produzir eletricidade.

No século XVIII, o médico e investigador italiano Luigi Galvani descobriu que a eletricidade poderia ser armazenada nos músculos de rãs, e que os nervos desses anfíbios eram capazes de transferir essa energia. A partir desta descoberta os estudiosos começaram a investigar os processos químicos envolvidos na geração da energia elétrica. Um desses estudiosos foi o físico italiano Alessandro Volta, considerado o criador das pilhas elétricas. Em 1836, o químico francês John Frederic Daniell, avançou os estudos sobre as pilhas.

Fonte: <http://www.historiadetudo.com/pilha.html> (adaptado).

A pilha ou célula eletroquímica de Daniell pode ser representada da seguinte forma:

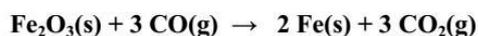


5. Desenhe todos os detalhes da pilha de Daniell, indicando a direção dos elétrons, o ânodo e o cátodo, a ponte salina e explique como essa pilha produz corrente elétrica.

- 6) Qual a nossa responsabilidade direta no gerenciamento do lixo eletrônico? Cite outras pessoas responsáveis por esse tipo de lixo.

- 7) Cite três medidas a serem tomadas para minimizar os problemas causados pelo e-lixo.

- 8) Atualmente, nas indústrias siderúrgicas, o ferro é obtido em escala maciça por meio da reação óxido de ferro (Fe_2O_3), como monóxido de carbono (CO).



- a) Determine o nox de todas as espécies químicas envolvidas. (Considere o nox do O= -2)

- b) Explique porque a equação acima representa uma reação de oxidorredução.

- c) Determine quem oxida e quem reduz, o agente oxidante e o agente redutor.

Apêndice G – Avaliação da proposta pedagógica pelos alunos.
Avaliação Final

Avalie as atividades aplicadas neste projeto, dando uma nota de 0 a 10 para cada um dos itens abaixo:

Atividades	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vídeo: “A história dos eletrônicos”											
Reportagem: África – Exóticas Tradições: Lixão Eletrônico											
Atividade 1 (descarte inadequado do e-lixo)											
Experimento 1 (deposição do cobre na placa de zinco)											
Experimento 2 (Corrosão do prego)											
Relatório dos experimentos											
Lista de exercícios											
Trabalho em grupo											
Debate simulado											
Prova											
Texto: Obtenção de metais											
Texto: Corrosão											
Texto: Eletrônicos: Lixo ou matéria-prima?											
Atividade final											

Quais os aspectos positivos e negativos do debate realizado em sala?

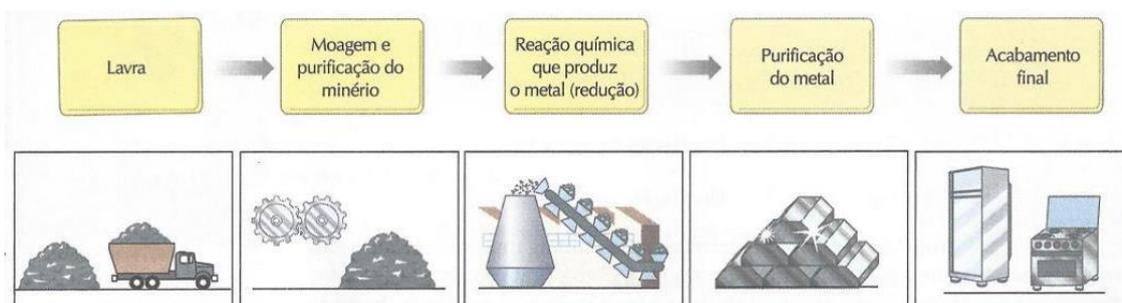
Se desejar, cite aspectos positivos e negativos das outras atividades.

Obrigada pela colaboração, a sua dedicação foi fundamental para a execução deste projeto!
Professora Daniela Cavalcante

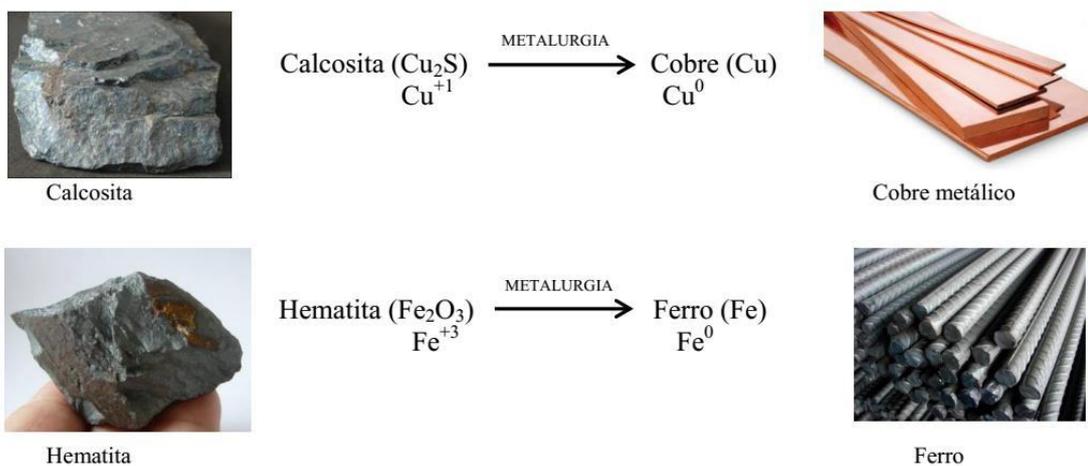
Apêndice H – Texto: Obtenção de Metais.

OBTENÇÃO DE METAIS

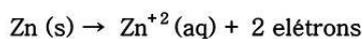
Poucos são os metais que podem ser encontrados livres na Natureza na forma de substância simples, como o ouro (Au), a platina (Pt) e a prata (Ag). Isso ocorre devido à baixa reatividade destes metais. No entanto, a maioria dos metais que conhecemos existe na forma de materiais, que é tudo aquilo constituído de duas ou mais substâncias. Um bom exemplo é o minério de ferro, onde estão presentes vários óxidos de ferro como a hematita (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4) e a limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Os óxidos citados são considerados individualmente substâncias. Recebem o nome de minérios, aqueles minerais a partir dos quais é economicamente viável a extração de um metal. Para isolar o metal, o minério é submetido a um processo metalúrgico, envolvendo os seguintes passos:



A redução é a etapa fundamental da metalurgia. Nela, os minérios são submetidos a transformações químicas em que ocorre a redução do número de oxidação da espécie que se deseja extrair, ou seja, o metal. Pode-se exemplificar com a seguinte representação:



Dessa forma, os metais que são encontrados nos minérios com o número de oxidação positivo, formando substância composta, tem seu número de oxidação reduzido a zero e, assim, são transformados em substâncias simples, ou seja, o metal. A esta reação química é conhecida por redução, mas para que ela ocorra há necessidade da presença de elétrons. Por isso, diz-se que a toda reação de redução está associada uma reação de oxidação. Nas reações de oxidação, um dos produtos são os elétrons libertados, como por exemplo:



Pode-se representar a transformação da substância presente no minério em metal de uma maneira generalizada como abaixo:



Apesar de necessário, a exploração de minérios pode trazer prejuízos ao ambiente se não for realizada de forma adequada. Além do terreno propriamente dito, a mineração pode afetar também a água, o ar, a flora e a fauna de toda uma região. O problema é que hoje não dá para viver sem os produtos extraídos por essa atividade, e tais matérias-primas existem apenas em lugares específicos do planeta.

De acordo com o Sr. Achim Steiner, Diretor Executivo do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) - “Com as economias emergentes adotando tecnologias e estilos de vida semelhantes aos países desenvolvidos, a demanda global de metais no futuro próximo será de três a nove vezes maior que a quantidade atual. Técnicas mais sofisticadas são urgentemente necessárias para encarar os desafios da reciclagem de produtos complexos, compostos por diversos metais”. Ele completou, dizendo que “Os projetistas devem assegurar que metais raros e importantes possam ser recuperados facilmente após o fim da vida útil dos produtos”.

A reciclagem demanda bem menos energia por quilo de metal produzido que a produção primária, diminui a necessidade de exploração de minérios de baixo teor – um processo de maior intensidade energética – e ajuda a evitar a escassez de materiais. Na teoria, metais podem ser reciclados quase que indefinidamente e representam uma oportunidade para reduzir a degradação ambiental. No entanto, somente reciclar não será suficiente se não incentivarmos a desaceleração do consumo.

O Cobre

O cobre foi um dos primeiros metais utilizado pelo homem. Acredita-se que por volta de 5000 a.C. foi encontrado na superfície da Terra em forma de *cobre nativo* (substâncias simples). Substituindo a pedra como ferramenta de trabalho, armas e objetos de decoração. O emprego do cobre possibilitou um progresso para as civilizações mais antigas que evoluíram da idade da pedra para a do bronze. Atualmente, ainda é um elemento muito importante no desenvolvimento de novas tecnologias.

O termo cobre é de origem latina, *cuprum*, que, por sua vez, deriva da palavra *cyprium*, usada para designar a ilha de Chipre, que foi a principal fonte do metal no mundo antigo. Além de inúmeros indícios da utilização do cobre no oriente médio, têm-se provas de sua utilização na América pré-colombiana, onde era conhecido pelos Incas e também por outros povos que habitavam a região onde hoje é o Equador. Há registros de armas e ferramentas de cobre antes da chegada dos espanhóis no continente americano.

Além de ser encontrado na natureza na forma de substância simples, o cobre também está presente em vários minerais, mas apenas alguns são explorados como minérios. Os principais minérios de cobre são: calcosita (CuS_2), calcopirita (CuFeS_2), cuprita (CuO_2), malaquita ($\text{CuO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$) e atacamita ($\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu(OH)}_2$).

O principal minério de cobre é a calcopirita (CuFeS_2). Industrialmente, ela é submetida a um processo que produz Cu_2S , que é aquecido na presença de oxigênio, procedimento denominado de ustulação. Durante esse processo, o cobre é reduzido, na forma de substância simples, e o enxofre liga-se ao oxigênio, produzindo o dióxido de enxofre (SO_2). Este último é um sério poluente, contribuindo para o aumento de acidez na chuva. Cabe à indústria impedir sua liberação para a atmosfera.

A ustulação do Cu_2S fornece o cobre metálico com várias impurezas, tais como ferro, zinco, chumbo, níquel, prata e ouro. O produto passa então por um processo de purificação, chamado refino eletrolítico, pelo qual se obtém, finalmente, o cobre, com sua cor marrom-

avermelhada característica e com pureza superior a 99,9%.

Esse cobre com alto grau de pureza é especialmente útil na indústria dos equipamentos elétricos, já que é um ótimo condutor elétrico. Devido à sua baixa tendência a oxidação, é empregado na fabricação de tubulações para água quente, de utensílios domésticos, moedas e inúmeras ligas metálicas.

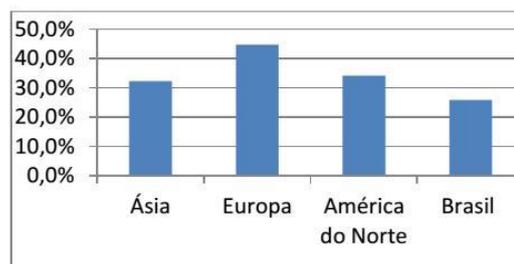
Ligas importantes de contêm cobre

Liga	Componentes
Latão	Cobre e Zinco
Bronze	Cobre e Estanho
Moedas de "cobre"	Cobre Estanho e Zinco
Moedas de "prata"	Cobre e Níquel

Os principais produtores do mundo são Estados Unidos, Peru, China, Austrália e Indonésia e Chile, sendo este o detentor da maior reserva desse metal. Em relação ao Brasil, devido ao forte crescimento da economia nos últimos anos, em especial os setores automobilístico, de construção civil e de eletrodomésticos, o país, que tradicionalmente importa uma boa parte do cobre que consome, terá que importar mais. Há projetos em andamento no país no sentido de diminuir a necessidade de importação, mas que em curto prazo não mudará o panorama atual.

Segundo a Associação Internacional do Cobre, computadores, telefones celulares e outros equipamentos eletrônicos contêm entre 5 e 18% de cobre. Este material é totalmente reciclável sem perda de qualidade ou desempenho, podendo ser reutilizado da mesma forma que se fosse extraído da natureza. Além disso, a reciclagem de cobre permite economia de energia de até 85%, em comparação com os custos gerados pela extração do metal.

Taxa de Reciclagem do Cobre em 2010

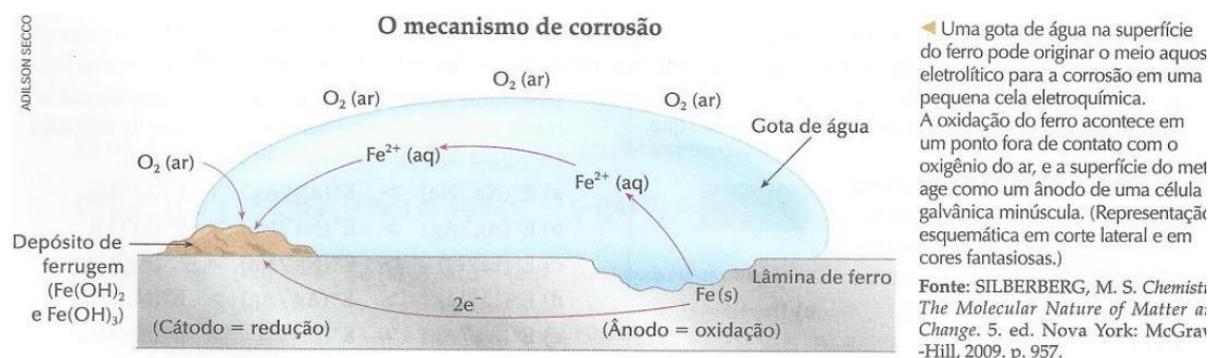


Apêndice I – Texto: Corrosão.

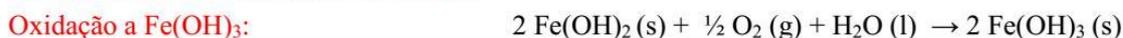
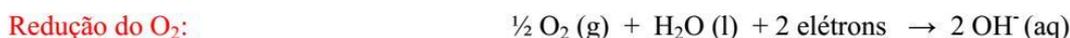
Corrosão de Metais

De um modo geral, a corrosão é um processo resultante da ação do meio sobre um determinado material, causando sua deterioração. A primeira associação que se faz é com a ferrugem, a camada de cor marrom-avermelhada que se forma em superfícies metálicas. Apesar da estreita relação com os metais, esse fenômeno ocorre em outros materiais, como concreto e polímeros orgânicos, entre outros. Sem que se perceba, processos corrosivos estão presentes direta ou indiretamente no nosso cotidiano, pois podem ocorrer em grades, automóveis, eletrodomésticos e instalações industriais.

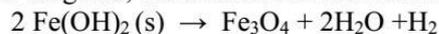
A corrosão eletroquímica é um processo eletroquímico espontâneo, passível de ocorrer quando o metal está em contato com um eletrólito, onde acontecem, simultaneamente, reações de oxidação e redução e se caracteriza por realizar-se necessariamente na presença de água, na maioria das vezes a temperatura ambiente e com a formação de uma pilha de corrosão. Como exemplo, tem-se a formação da ferrugem.



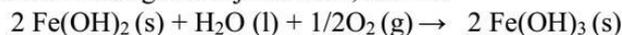
As equações a seguir representam o que acontece na corrosão do ferro (ou do aço, um liga de ferro com um pouco de carbono) na presença de água que contenha oxigênio dissolvido ou na presença do ar úmido.



Em meio com baixo teor de oxigênio, o hidróxido ferroso sofre a seguinte transformação:



Por sua vez, caso o teor de oxigênio seja elevado, tem-se:



Assim, o produto final da corrosão, ou seja, a ferrugem, consiste nos compostos Fe_3O_4 (coloração preta) e $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (coloração alaranjada ou castanho-avermelhada) que ao ser formada na superfície do ferro ou do aço, solta-se em flocos, deixando o ferro novamente exposto e sujeito à oxidação.

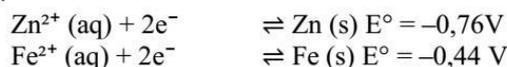
Nesse exemplo, os elétrons se movimentam da região onde acontece a oxidação, para a região onde acontece a redução, como nas pilhas. Assim, uma parte do ferro pode atuar como ânodo, no qual ocorre a oxidação do Fe a Fe^{2+} . Os elétrons produzidos migram pelo metal para a outra parte da superfície, que atua como cátodo, no qual o O_2 é reduzido.

Proteção contra a corrosão

Evitar a corrosão dos metais, especialmente do aço, é um desafio de grande importância econômica e ambiental. Atualmente, estima-se que um quarto da produção de aço é utilizada para repor estrutura enferrujadas. Isso significa um custo econômico para a sociedade, além de um prejuízo ambiental, pois a produção do aço envolve uma série de impactos ambientais, desde a exploração do minério até a grande quantidade de energia envolvida na redução dos óxidos de ferro nos fornos siderúrgicos.

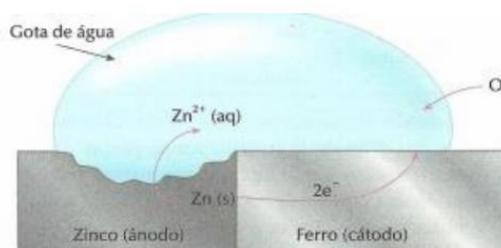
Um método muito comum de inibição de corrosão é o que evita o contato do oxigênio atmosférico com a superfície do metal – processo conhecido como **proteção anódica**. O revestimento de metais com uma camada de zarcão, uma tinta laranja oleosa de Pb_3O_4 , é um método bastante utilizado, principalmente em grades e portões, por se tratar de um óxido insolúvel, o zarcão adere bem à superfície do metal. Entretanto, com o passar do tempo essa cobertura pode ser desgasta pela ação do tempo, e o metal pode ficar novamente vulnerável à corrosão.

Outra maneira de proteger os metais da corrosão é por meio da galvanização, processo em que um metal é revestido por outro que possua um maior potencial de redução, processo conhecido como **proteção catódica**. Galvanizar o ferro ou o aço consiste em revesti-lo com zinco metálico (como se fosse uma fina película de tinta) para evitar sua corrosão. O zinco foi escolhido por ser um redutor mais forte que o ferro. Vejamos:



O zinco reveste a superfície do ferro como se fosse uma camada de tinta, impedindo seu contato com o ar úmido ou com a água que contém oxigênio. Esse zinco também atua, com relação ao ferro, como se fosse o ânodo de uma pilha.

Se o ferro galvanizado fosse “riscado” e exposto ao ar e à umidade, ele estaria sujeito a ser oxidado a Fe^{2+} . Este seria imediatamente reduzido a Fe pelo zinco, impedindo o aparecimento da ferrugem.



Porém, como o zinco tem mais facilidade para oxidar que o ferro (pois tem menor potencial de redução), ele tende a se oxidar preferencialmente, mesmo que o ferro esteja exposto. Em outras palavras, se a película protetora de zinco for danificada e o ferro estiver exposto, o zinco atuará como metal de sacrifício, ou seja, um metal propositalmente colocado em contato com o ferro para que seja oxidado em lugar dele, preservando-o.

Apesar de ser mais reativo que o ferro, o zinco oxida mais lentamente, pois forma-se uma película de $\text{Zn}(\text{OH})_2$, bastante insolúvel em água e aderente ao metal, que impede o contato com o oxigênio (O_2) e da água com o metal, evitando a reação de oxidação. A ferrugem, ao contrário, se solta facilmente da superfície metálica, expondo o metal à ação dos agentes oxidantes.

A CORROSÃO NAS REGIÕES LITORÂNEAS

A corrosão que ocorre nos metais presentes nas regiões costeiras é mais acelerada pela concentração elevada de sais desses locais. Esses sais são provenientes da água do mar: toda vez que uma onda arrebenta na praia traz a maresia e as gotículas de água salgada se espalham por toda parte.

Os íons presentes na água do mar (cloretos) formam uma ponte salina, possibilitando o fenômeno de oxirredução entre o oxigênio do ar e os metais expostos a esses ambientes.

No ponto de vista econômico, os prejuízos causados pela maresia atingem valores altíssimos. Para se ter uma ideia, a vida útil normal de um poste é entre 20 a 30 anos, mas em regiões litorâneas este período é reduzido para apenas cinco anos. Sem contar que o fenômeno da natureza enferruja carros, emperra portões e racha vigas de concreto, é um verdadeiro desperdício de material.

Apêndice J – Texto: Equipamentos Eletrônicos: Lixo ou Matéria-prima.

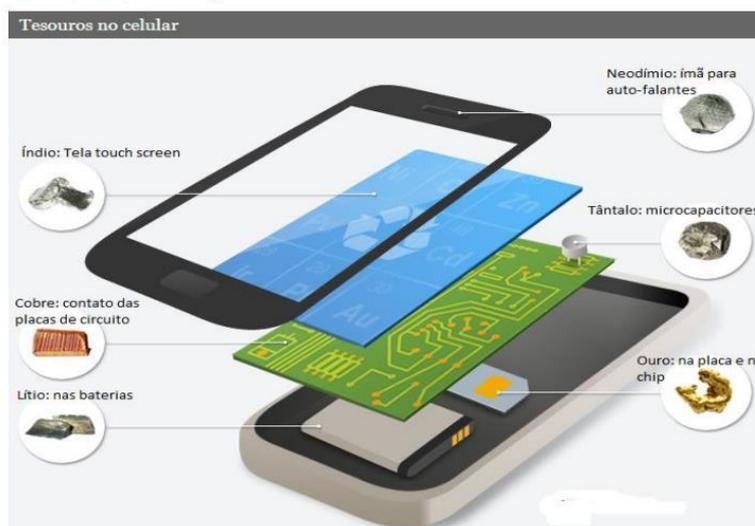
EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS: LIXO OU MATÉRIA-PRIMA?

As pessoas renovam seus televisores, computadores, celulares e outros eletrônicos num espaço de tempo cada vez menor. Como consequência, surge um problema: ao adquirir um novo, o que fazer com o antigo? O grande problema é que muitas vezes esses equipamentos são descartados no lixo comum. Os consumidores livram-se do problema, mas criam um ainda maior para o meio ambiente, já que esses produtos contêm uma série de metais e componentes químicos tóxicos. Enquanto o consumo aumenta, impulsionado pelo crescimento econômico, as políticas públicas para o descarte desse tipo de lixo não evoluem na mesma intensidade.



O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) estima que cerca de 40 milhões de toneladas métricas de e-lixo são produzidos no mundo a cada ano, sendo que somente 10 a 15 por cento desse total é descartado de forma adequada. Nesse cenário, o Brasil foi considerado entre os países emergentes, o que mais produz lixo eletrônico por habitante.

O e-lixo é composto basicamente por metais e polímeros, apresentando mais de 1000 substâncias diferentes. Mais da metade de sua composição é feita de metais, entre eles, metais preciosos como ouro e platina e metais tóxicos, como chumbo, cádmio e mercúrio. Também estão presentes nesses resíduos, os retardantes de chama bromados e halogenados, que geram dioxinas e furanos quando incinerados, substâncias tóxicas e cancerígenas. Por isso, quando descartado ou reciclado de maneira inadequada, os resíduos eletroeletrônicos trazem sérios danos ao ambiente e, conseqüentemente, à saúde das pessoas, além de se tratar de um desperdício de metais nobres, visto que, no e-lixo a porcentagem desses metais muitas vezes é superior à encontrada no próprio minério. A figura abaixo apresenta a aplicação de alguns metais no celular.



Fonte: <http://www.dw.de>

Como acontece a contaminação pelos metais tóxicos do lixo eletrônico?

		
<p>Quando descartados no lixo comum, a maioria dos eletrônicos vai parar em lixões.</p>	<p>Em lixões e aterros inadequados eles ficam expostos ao sol e à chuva, deteriorando-se.</p>	<p>Pela ação das intempéries, os metais tóxicos que os compõem são oxidados e dessa forma, chegam ao solo e aos lençóis freáticos.</p>
		
<p>Águas contaminadas entram na cadeia alimentar por meio da irrigação de lavouras e da ingestão por animais.</p>	<p>Os metais tóxicos acumulam-se em nosso organismo causando sérios problemas de saúde, como problemas renais e neurológicos.</p>	

Dessa forma, muitos metais preciosos, como ouro, prata e cobre, vão parar nos lixões. Ainda segundo Pnuma, 40 celulares possuem a mesma quantidade de ouro que uma tonelada de minério. Somente na China são desperdiçados, por ano, quatro toneladas de ouro, seis de cobre e 28 de prata. Para se ter uma medida do tamanho do desperdício, circulou no Brasil, no ano de 2009, nada menos do que 202,7 milhões de celulares, segundo o Relatório Anual da Anatel de 2010, o que permitiu projetar a possibilidade de recuperar 26 toneladas de cobre. Isso sem falar nos elementos raros como o índio, indispensável para a fabricação de telas planas e *touch screens*, e que, segundo o cálculo de especialistas, terá suas reservas exauridas no prazo de seis a dez anos.

A complexidade dos produtos eletrônicos dificulta o processo de reciclagem dos eletrônicos, visto que são formados por diversos materiais. Um celular, por exemplo, pode apresentar cerca de 35 metais em sua composição, além de plásticos e resinas. Portanto, a reciclagem desse tipo de resíduo exige tecnologias avançadas para recuperação das substâncias presentes.

Apesar de todos os impactos causados pelo e-lixo, as medidas para minimizar este problema ainda tem sido incipientes. A União Europeia possui uma legislação específica sobre o assunto: a Diretiva sobre o lixo eletroeletrônico (WEEE). Esta norma restringe o uso de algumas substâncias tóxicas na fabricação de equipamento eletroeletrônico, com o objetivo de diminuir a contaminação ambiental da disposição ou tratamento desses materiais. Para incentivar a reciclagem dos equipamentos eletroeletrônicos, a diretiva impõe aos fabricantes duas obrigações: recolher e reciclar seus produtos eletrônicos e uma porcentagem mínima de material reciclável em cada tipo de equipamento, por exemplo, 85% de um aparelho celular produzido e/ou comercializado na União Europeia deve ser reciclável. Isso torna mais atrativa a relação custo-benefício da obtenção de material a partir da reciclagem do que de novas matérias-primas, no caso dos eletrônicos. E para diminuir a contaminação ambiental da incineração, a norma impõe a substituição de metais tóxicos e dos retardantes de chamas tradicionais por outros metais ou substâncias menos contaminantes.

No Brasil, a Lei 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi sancionada em 2010, após tramitar por mais de 19 anos no Congresso. Esta Lei estabelece a responsabilidade compartilhada, a qual corresponde ao conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos. Isso

significa que todos, de alguma maneira, somos responsáveis pelo lixo que geramos e podemos responder judicialmente por atitudes que impactem o ambiente.

A Lei contempla todo tipo de resíduos sólidos, não exclusivamente o e-lixo. Apesar disso, contém um artigo que trata especificamente do lixo eletrônico. O artigo 33 da PNRS estabelece que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos devem estruturar e implementar sistemas de logística reversa (coleta de produtos usados) de forma independente do serviço público de limpeza urbana, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor.

Entretanto, como qualquer outra lei, é necessária vontade política para que seja realmente implementada, e esse é o grande papel da sociedade. Temos que exigir que essa lei seja realmente cumprida. Precisamos pensar em áreas adequadas para construção de aterros sanitários de verdade, acabando com os lixões. Precisamos nos mobilizar para a coleta seletiva e para um consumo mais consciente, a fim de diminuir os impactos ambientais. Devemos valorizar os catadores e as cooperativas de reciclagem, a fim de efetivar cidadania para estas pessoas. Podemos educar melhor nossos filhos e vizinhos para refletirem sobre consumir racionalmente, ou seja, comprar o que realmente necessitam. Somos todos responsáveis pela redução, reutilização e reciclagem dos produtos eletrônicos e, ainda, por começar a construir – agora – uma vida melhor para as futuras gerações.

DEZ MANDAMENTOS QUE REDUZEM O LIXO ELETRÔNICO

- 1) **Pesquise** - É importante descobrir se o fabricante tem preocupações com o ambiente e se recolherá as peças usadas para reciclagem, depois que o aparelho perder sua utilidade. O Greenpeace classifica as companhias, de acordo com iniciativas ligadas ao ambiente.
- 2) **Prolongue** - Você não precisa trocar de celular todos os anos ou comprar um computador com essa mesma frequência. Quanto mais eletrônicos adquirir, maior será a quantidade de lixo eletrônico. Por isso, cuide bem de seus produtos e aprenda a evitar os constantes apelos de troca.
- 3) **Doe** - Caso seja realmente necessário comprar um novo eletrônico quando o seu ainda estiver funcionando, doe para alguém que vá usá-lo. Dessa forma, ainda é possível prolongar a vida útil do aparelho e a pessoa que recebê-lo não precisará comprar um novo.
- 4) **Recicle** - Os grandes fabricantes de eletrônicos oferecem programas de reciclagem. Antes de jogar aquele monitor estragado no lixo, entre em contato com a empresa (via internet ou central de atendimento telefônico) e pergunte onde as peças são coletadas. Muitas assistências também coletam esse material.
- 5) **Substitua** - Procure sempre fazer mais com menos. Produtos que agregam várias funções, como uma multifuncional, consomem menos energia do que cada aparelho usado separadamente. Também vale minimizar o uso de recursos ligados ao ambiente: para que imprimir, se dá para ler na tela?
- 6) **Informe-se** - O usuário de tecnologia deve ser adepto ao consumo responsável, sabendo as consequências que seus bens causam ao ambiente. Por isso, é importante estar atento ao assunto - somente assim será possível eliminar hábitos ruins e tomar atitudes que minimizem o impacto do lixo eletrônico.
- 7) **Opte pelo original** - As empresas que falsificam produtos não seguem políticas de preservação do ambiente ou se responsabilizam pelas peças comercializadas, depois que sua vida útil chega ao fim. Por isso, é sempre importante comprar eletrônicos originais.
- 8) **Pague** - Os produtos dos fabricantes que oferecem programas de preservação ambiental podem ser mais caros -- isso porque parte dos gastos com essas iniciativas pode ser repassada para o consumidor. A diferença de preço não chega a níveis absurdos e por isso, vale a pena optar pela alternativa “verde”.
- 9) **Economize energia** - Na hora de comprar um eletrônico, opte pelo produto que consome menos energia. Além disso, o consumidor consciente deve usar fontes de energia limpa (como a solar) sempre que possível.
- 10) **Mobilize** - É importante passar informações sobre lixo eletrônico para frente, pois muitos usuários de tecnologia não se dão conta do tamanho do problema.”

Fonte : <http://g1.globo.com/Noticias/Tecnologia>

Apêndice K – Módulo Didático.

Módulo Didático

**RESÍDUO ELETRÔNICO E O ENSINO DE QUÍMICA: UMA
PROPOSTA DE EDUCAÇÃO PARA A CIDADANIA**