

Descarte de equipamentos eletroeletrônicos: Uma abordagem CTS no ensino profissionalizante de Química

Luciano de Almeida Pereira¹ (PQ) *, Marco Antônio Nicácio¹ (PQ), Maria Luiza Silva Tupy Botelho² (IC), Gabriela Fioravante da Silva² (IC). almeidap1@yahoo.com.br

1- Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais – Avenida Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte – MG

2 - Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais – Avenida Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte – MG

Palavras-chave: Lixo eletrônico, Química Analítica, CTS

RESUMO: Foi desenvolvido um trabalho sobre o tema Descarte de Lixo Eletrônico, usando a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), com as turmas do segundo ano do ensino médio profissionalizante de Química do Colégio Técnico da UFMG. Os objetivos da atividade foram familiarizar os alunos com os materiais que compõe os equipamentos eletroeletrônicos, articular conceitos das disciplinas de Química Analítica e de Química dos Materiais e alertar os estudantes para as questões decorrentes do descarte inadequado do lixo eletrônico. A seqüência didática foi desenvolvida em etapas que compreenderam leitura de textos para problematização do assunto, desmonte de um computador inativo e análise dos metais presentes nas placas de circuito impresso. Nas últimas etapas da atividade os alunos elaboraram relatórios e responderam um questionário relacionado à problematização inicial, os conceitos das disciplinas envolvidas e reflexões sobre a formação profissional.

INTRODUÇÃO

Os primeiros trabalhos na área de ensino que abordaram as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (movimento CTS), apareceram na década de 1960. Esse movimento derivou de um conjunto de reflexões sobre o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade moderna, e tem como um dos objetivos, colocar o ensino de ciências numa perspectiva diferenciada, abandonando as posturas tradicionais que separam o ensino dos problemas sociais (SANTOS, 2002).

O ensino de ciências numa perspectiva CTS ajuda a promover a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para a tomada de decisões responsáveis e atuar em questões de ciência e tecnologia. A alfabetização científica pode ser definida como “um movimento que considera a necessidade de todos possuírem um mínimo de conhecimento científico para exercerem seus direitos na sociedade moderna”, (MILARÉ, 2009).

A contextualização no ensino de ciências incentiva a participação ativa do aluno na sociedade em que vive, além de ampliar seu horizonte de informação.

O tema sócio-científico descarte de equipamentos eletroeletrônicos (EEE), possibilita articular diversos aspectos relacionados à formação profissional e a postura cidadã do técnico em Química de nível médio: questões relacionadas à destinação e, reaproveitamento de EEE, consumismo, propriedades físico-químicas dos materiais, ensaios de análise qualitativa e etc. O tema é atual e de grande relevância, afinal a chamada obsolescência programada e a destinação inapropriada, tornam o descarte dos EEE um dos maiores desafios ambientais do século XXI. Quando dispostos juntamente do lixo doméstico, esses resíduos podem causar a contaminação do solo e, subseqüentemente, dos lençóis freáticos, afetando os seres humanos, porque os EEE

são fabricados de diversos materiais como plásticos e metais nobres e tóxicos (AZEVEDO, 2003).

A situação brasileira, no que diz respeito ao descarte de EEE é preocupante. O Brasil ocupa a 5ª posição na lista dos países que mais consomem computadores domésticos e telefones celulares. Em 2008 a produção brasileira de lixo eletroeletrônico foi próxima de 150 mil toneladas, sendo que quase a totalidade tem sido disposta de maneira inadequada em lixões e aterros sanitários (OLIVEIRA, 2010). Não há, a nível federal, em nosso país, lei sobre a destinação do lixo eletroeletrônico. No entanto a Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei 12305/10, dispõe da gestão compartilhada entre comerciantes e fabricantes dos equipamentos eletroeletrônicos. A nível estadual, o Rio Grande do Sul aprovou a Lei 13533/10, específica sobre reciclagem, gerenciamento e destinação final de equipamentos eletroeletrônicos.

Nesse contexto foi proposta uma atividade para alunos do curso técnico em Química, do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (COLTEC).

OBJETIVOS

O objetivo principal foi apresentar aspectos do descarte de EEE para alunos do curso técnico em Química.

Os objetivos secundários foram: desenvolver o senso crítico dos estudantes para as questões ambientais decorrentes da disposição inadequada; apresentar, com uma abordagem CTS, conceitos das disciplinas de Química Analítica e Química dos Materiais e desenvolver competências e habilidades das bases tecnológicas dos Parâmetros Curriculares da educação profissional de Química de nível médio (BRASIL, 2000).

METODOLOGIA

A atividade foi desenvolvida com a turma do segundo ano do curso técnico em Química do COLTEC, e foi planejada de forma a abordar o tema descarte de EEE de forma interdisciplinar nas aulas de Química Analítica e Química de Materiais. A seqüência didática foi organizada em sete etapas que foram integralizadas entre os meses de maio e julho de 2011. A turma é formada por 48 alunos, que é habitualmente dividida em três subturmas de 16 estudantes. Os estudantes de cada subturma foram organizados em grupos de quatro pessoas, totalizando 12 grupos.

Na primeira etapa da atividade o professor mostrou aos alunos imagens de disposição e reciclagem inadequadas de equipamentos eletroeletrônicos. A figura 1 mostra uma das imagens apresentada. Os estudantes receberam um texto jornalístico que aborda a questão do descarte dos equipamentos eletroeletrônicos: "Brasil é campeão do lixo eletrônico entre os emergentes" (CHADE, 2010). Nesta etapa, os alunos expuseram, com mediação do professor, suas opiniões sobre as imagens e o texto jornalístico, e foi solicitado que buscassem mais informações sobre o tema. O tempo reservado para a etapa foi de uma aula de 50 minutos.

A segunda etapa do trabalho foi o desmonte, em laboratório, de um micro computador. Utilizando ferramentas de uso comum (alicate, chave de fenda, chave Philips e etc), os alunos desmontaram teclado, mouse e a unidade central de processamento (CPU) do computador como mostrado nas figuras 2 e 3. Os componentes foram separados e colocados em recipientes de acordo com a natureza do material: tipo de metal, de plástico e de papel.



Figura 1. Trabalho artesanal de reciclagem de EEE (Disponível em: <http://e-waste2011.blogspot.com.br>)



Figura 2: Teclado de computador após desmonte



Figura 3: Computador após desmonte

Atenção especial foi dada as placas de circuito impresso (PCI) contidas na CPU. A figura 4 apresenta uma PCI desmontada. Os estudantes fizeram uma listagem dos materiais que compõe o computador.

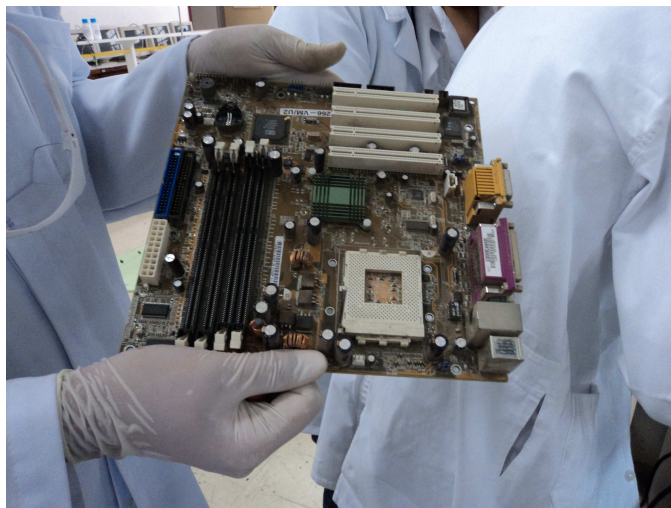


Figura 4: Placa de circuito impresso de computador

Depois de serem desmontadas e terem as soldas removidas, as PCI foram imersas em solução de água régia (HNO_3 e HCl 1:3) para lixiviação dos metais, conforme apresentado na figura 5. Após algumas horas houve mudança no aspecto do sistema apresentado na figura 5. A mistura PCI/água régia tornou-se turva, de cor escura e com muito material depositado ao fundo, originado da lixiviação da placa de circuito impresso. O tempo reservado para a etapa foi de duas aulas totalizando 1 hora e 40 minutos.



Figura 5: Placa de circuito impresso imersa em água régia

Na terceira etapa da atividade os alunos receberam o artigo “O lixo eletrônico: uma abordagem para o ensino fundamental e médio” (OLIVEIRA, 2011), que relata aspectos ambientais e econômicos vinculados ao descarte de equipamentos eletrônico e cita os elementos químicos possivelmente presentes em um computador. Os elementos listados pelo autor são alumínio, antimônio, bário, berílio, cádmio, chumbo, mercúrio, ouro, paládio e prata. Embora se saiba que há outros elementos presentes nas PCI optou-se, nesta atividade, em listar somente os elementos passíveis de identificação por testes de análise qualitativa. O tempo reservado para a etapa foi de uma aula de 50 minutos.

A quarta etapa consistiu na elaboração de um roteiro para determinação dos elementos presentes nas PCI em sua forma catiônica. A informação de quais os elementos presentes foi obtida na terceira etapa e o roteiro foi proposto com base em referências bibliográficas de Química Analítica Qualitativa (VOGEL, 1981). Os alunos foram estimulados a elaborar o roteiro em forma de fluxograma para que a separação dos cátions em seus respectivos grupos fosse mais eficiente. A elaboração do roteiro de análise foi feita como atividade extraclasse. Um roteiro proposto por um dos grupos é apresentado na figura 6.

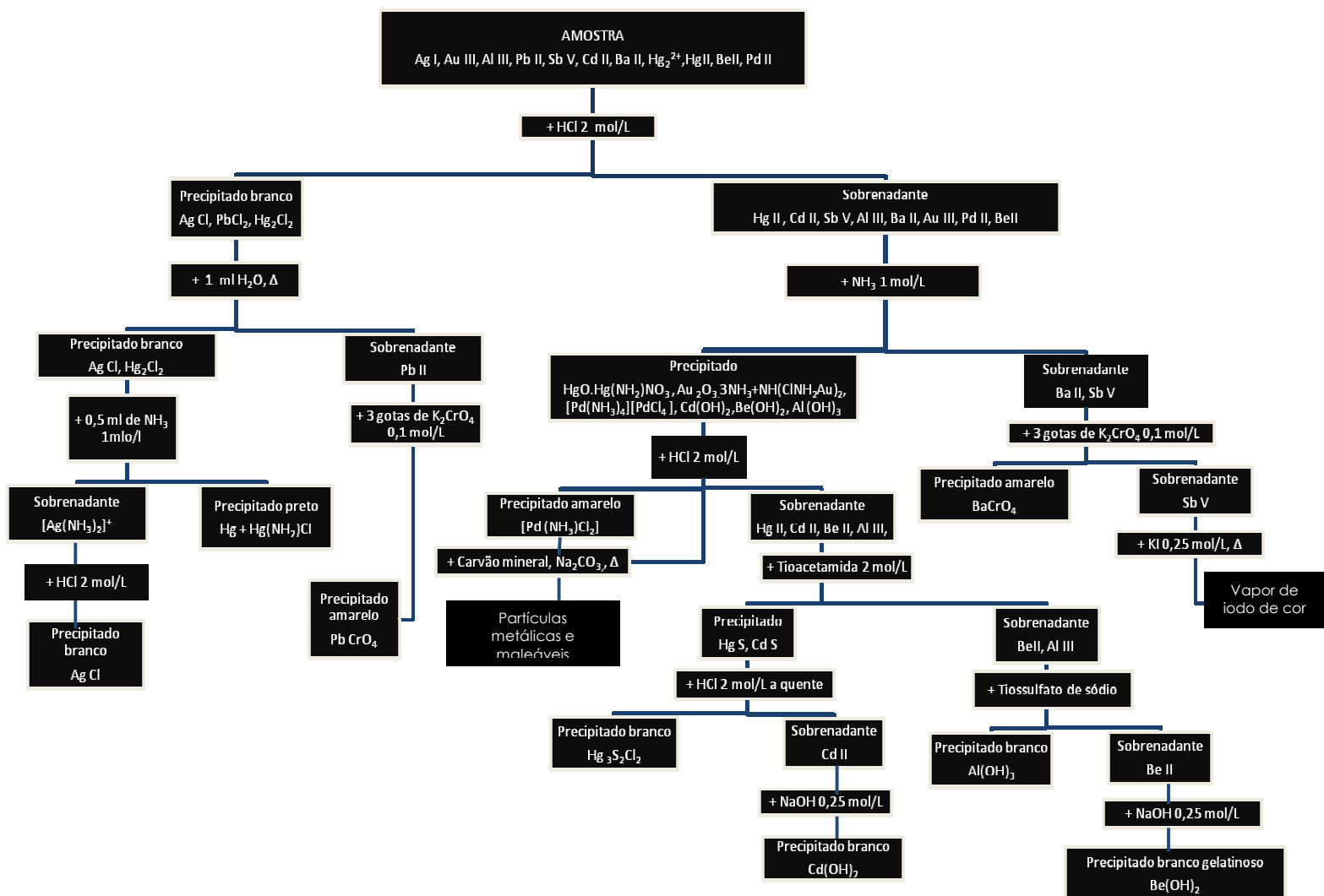


Figura 6: Fluxograma proposto por um grupo de alunos

Após discussão com os professores sobre a viabilidade da aplicação do roteiro de separação elaborado por cada grupo, os estudantes executaram a quinta etapa da atividade que consistiu em uma aula prática para identificação dos íons presentes nas placas. A quinta etapa foi a que necessitou de maior tempo para ser concluída, totalizando 3 horas e 20 minutos.

Ao término da etapa experimental foi solicitado aos alunos que elaborassem um relatório descrevendo todo o trabalho realizado, desde o desmonte dos computadores até as determinações qualitativas de caracterização de cátions. O relatório deveria abordar, também, as questões ambientais e sociais, discutidas em sala de aula, decorrentes da fabricação e da destinação inadequada do lixo eletrônico.

Juntamente ao relatório, os alunos responderam a um questionário sobre as atividades desenvolvidas. A elaboração do relatório e a resposta ao questionário correspondem a sexta e sétima etapa respectivamente.

As etapas que constituíram a seqüência didática, bem como os objetivos estabelecidos pelos professores, são apresentadas no quadro 1.

Quadro1: Seqüência didática da atividade sobre descarte de EEE

Etapas	Atividades	Objetivo
1 ^a	Leitura da reportagem: “Brasil é campeão do lixo eletrônico entre emergentes”	Problematizar o assunto
2 ^a	Desmonte de um computador obsoleto	Familiarizar os alunos com os materiais presentes nos equipamentos eletrônicos
3 ^a	Leitura do artigo: “O lixo eletrônico: uma abordagem para o ensino fundamental e médio”	Informar os íons presentes na placa de um computador e discutir as consequências ambientais do descarte inadequado de equipamentos eletrônicos
4 ^a	Elaboração de roteiro de análise, para identificação dos íons presentes nas PCI	Permitir o desenvolvimento de competências e habilidades técnicas, através de maior autonomia dos alunos
5 ^a	Caracterização dos íons presentes nas placas eletrônicas	Identificar qualitativamente os íons presentes nas PCI
6 ^a	Elaboração de relatório listando todas as atividades desenvolvidas	Desenvolver a habilidade de elaboração de relatórios técnicos e expressão de resultados dos testes realizados
7 ^a	Aplicação de questionário	Retomar a problematização inicial, avaliar a assimilação dos conceitos abordados nas disciplinas envolvidas e reflexões sobre a formação profissional dos alunos

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a discussão do texto disponibilizado na primeira etapa, “Brasil é campeão do lixo eletrônico entre os emergentes”, os alunos demonstraram, em sua fala, surpresa pela posição brasileira no ranking de países emergentes em relação ao descarte de equipamentos eletroeletrônicos. Diversos alunos demonstraram preocupação também pelo fato desse tipo de informação não ser amplamente difundida, o que causa, na opinião deles, falta de conscientização da sociedade sobre o problema. Eles afirmaram que existe pouca divulgação do assunto e que não conheciam os danos que o descarte inadequado destes equipamentos pode causar ao ambiente.

Na etapa de desmonte do computador, os estudantes tiveram contato com diversos materiais, que a maioria deles não sabia estarem presentes na estrutura desse equipamento. Eles foram incentivados a pensar nas características e propriedades desses materiais e o porquê de seu uso em equipamentos eletroeletrônicos. No questionário aplicado na última etapa, foram retomados aspectos relacionados às propriedades dos materiais em duas questões publicadas em trabalhos de outros autores (OLIVEIRA, 2010).

Questão 1: Sabe-se que as novas versões dos materiais EEE costumam ser menores e/ou mais leves que os lançamentos mais antigos. Quais materiais foram substituídos, e quais as propriedades dos novos materiais que permitiram sua inclusão na fabricação de EEE? A maioria das respostas foi bem estruturada, mas nenhum grupo relatou o fato dos equipamentos eletrônicos mais modernos apresentarem um ciclo de vida mais curto que os seus antecessores, ou seja, serem menos duráveis, o que aumenta a preocupação quanto ao acúmulo de materiais eletrônicos obsoletos. Questão 2: Fios de alumínio usualmente substituem fios de cobre na construção de alguns equipamentos. Compare a condutividade elétrica e o custo do uso destes dois materiais. Com exceção de um grupo, os demais conseguiram associar que apesar de possuir condutividade elétrica menor, o alumínio é utilizado preferivelmente ao cobre por ser mais barato e menos denso.

Foi possível perceber a sensibilização dos alunos aos aspectos ambientais do descarte inadequado dos EEE em algumas perguntas do questionário.

Questão 3: Quais os aspectos ambientais relevantes da reciclagem do lixo eletrônico? Todos os grupos relataram de forma adequada os prejuízos ambientais vinculadas à produção e ao descarte de materiais eletrônicos.

Os alunos opinaram quanto à colaboração deste projeto para sua formação enquanto cidadãos e profissionais, e também da possibilidade de se trabalhar com os equipamentos eletroeletrônicos em uma perspectiva empreendedora nas respostas das questões 4 e 5.

Questão 4: Em quais aspectos a atividade com os EEE colaborou para sua formação como Técnico em Química e como cidadão? De um modo geral os alunos citaram a oportunidade de elaborar, em parte de forma autônoma, um roteiro de análise, e o fato das aulas experimentais serem menos dependentes da orientação do professor. Do ponto de vista da cidadania, citaram o conhecimento dos problemas ambientais vinculados ao processo de fabricação e descarte inadequado dos equipamentos eletrônicos. Questão 5: A realização da atividade permite vislumbrar alguma perspectiva empreendedora ao trabalhar com equipamentos eletroeletrônicos? Os alunos citaram a pesquisa de materiais menos nocivos e processos industriais menos danosos ao meio ambiente e a prática da reciclagem dos equipamentos eletrônicos.

O desenvolvimento da seqüência didática teve como objetivo, também, articular diversas competências e habilidades das bases tecnológicas propostas pelas Referências Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico na Área Profissional de Química do Ministério da Educação (BRASIL, 2000).

A seguir são listadas as competências e habilidades que, na opinião dos autores, foram desenvolvidas durante realização das etapas do trabalho:

Competências:

- Interpretar procedimentos, manuais técnicos e literatura específica;
- Interpretar fluxogramas de processo;

- Interpretar resultados de análises;
- Selecionar procedimentos de preparação e execução de análises;
- Dimensionar a importância e os aspectos práticos de preservação do meio ambiente, do impacto dos processos industriais e de tratamento de resíduos;
- Avaliar os aspectos de preservação do meio ambiente e do impacto dos procedimentos laboratoriais.

Habilidades:

- Elaborar relatórios técnicos;
- Expressar os resultados das análises realizadas;
- Ler e interpretar procedimentos, manuais técnicos e literatura específica;
- Preparar corpos de prova, soluções, padrões, diluições e concentrações de soluções necessárias às análises no processo;
- Preparar amostras, instrumentos e reagentes para análises;
- Efetuar análises físicas e químicas;
- Tratar, reciclar e descartar resíduos de laboratório;
- Trabalhar em equipe;
- Comunicar-se de forma clara e concisa;
- Atuar de acordo com os princípios da ética profissional;
- Administrar e calcular recursos materiais;
- Dominar a linguagem técnico-organizacional.

As competências e habilidades desenvolvidas ao longo da atividade são relacionadas às seguintes bases tecnológicas:

- Técnicas de preparo e padronização de soluções;
- Cálculos para a diluição e concentração de soluções e suas unidades;
- Unidades de medidas, sistemas de unidades e fatores de conversão para expressar os resultados das análises efetuadas;
- Propriedades físicas, químicas e dados toxicológicos dos produtos químicos manuseados;
- Identificação qualitativa de substâncias orgânicas e inorgânicas;
- Técnicas de apresentação de trabalho.

Um exemplo da articulação das competências e habilidades proposta na organização da atividade, ocorreu na etapa 4: Elaboração de roteiro de análise, para identificação dos íons presentes nas placas de circuito impresso. A maneira como essa etapa foi realizada pelos grupos de estudantes possibilitou que os alunos desenvolvessem a competência “Selecionar procedimentos de preparação e execução de análises” e a habilidade “Ler e interpretar procedimentos, manuais técnicos e literatura específica”.

A leitura e discussão dos textos nas etapas 1 e 3 possibilitam a articulação da competência “Avaliar os aspectos de preservação do meio ambiente e do impacto dos procedimentos laboratoriais” e todas as etapas da sequência didática permitem o desenvolvimento da habilidade “Trabalhar em grupo”. Esses são dois outros exemplos que ilustram o alcance dos objetivos relacionados aos parâmetros curriculares nacionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade proposta incluiu experimentos de Química Analítica, a discussão de questões ambientais relevantes vinculadas ao descarte inadequado do lixo eletrônico, o conhecimento de tipos de materiais que compõe um computador e possibilitou a interação entre o indivíduo, o objeto de estudo e sua realidade cotidiana. Trabalharam-se competências, habilidades e bases tecnológicas, segundo as Referências Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico na Área Profissional de Química.

A leitura das respostas dos questionários mostrou o envolvimento dos alunos com a atividade e como esta foi aceita positivamente por eles. A forma como a atividade foi organizada possibilitou que os alunos tivessem uma visão interdisciplinar do tema sócio-científico, permitindo que correlacionassem conhecimentos de diversas áreas. A diversidade de informações quanto à fabricação e ao descarte de equipamentos eletrônicos apareceu para os alunos como um grande desafio inicial. A elaboração do roteiro de análise e sua execução foram indicadas, pelos alunos, como os momentos que mais agregaram a sua formação, tendo em vista que eles trabalharam em equipe e de forma mais independente em relação ao professor.

A sequência didática apresentada pode ser reorganizada por outros docentes, tendo em vista realidades específicas de outras escolas. A primeira etapa do trabalho, por exemplo, onde foi feita a pesquisa sobre o problema do descarte do lixo eletrônico no Brasil, poderia ser realizada como atividade extraclasse e o tempo destinado a esta tarefa ser usado na aula experimental destinada à caracterização dos cátions presentes nas placas de circuito impresso.

Acreditamos que a atividade desenvolvida foi importante para a formação geral e profissional tanto dos alunos quanto dos docentes envolvidos, tendo em vista que o número de trabalhos em ensino de Química voltados para a educação profissional de nível médio é reduzido (SARAIVA, 2011). Esperamos que experiências como essa pudessem servir de incentivo aos docentes que atuam nesse nível de ensino para repensar sua prática didática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. Metais: Gerenciamento e Toxicidade. São Paulo: Ateneu, 2003.

BRASIL. LEI FEDERAL 12.305/10 (02/08/2010). Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>.

BRASIL. Ministério da Educação. Referências Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico na Área Profissional de Química. Brasília 2000.

CHADE, Jamil. Brasil é o campeão do lixo eletrônico entre emergentes. Jornal Estadão, 22 de fevereiro de 2010. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br>>. Acesso em 10 de maio de 2011.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Lei estadual 13.533/10 (28/10/2010). Institui normas e procedimentos para a reciclagem, o gerenciamento e a destinação final de lixo tecnológico e dá outras providências. Disponível em: <<http://2006.fecomerciors.org.br>>.

MILARÉ, Tathiane; RICHETTI, Graziela Piccoli, FILHO, José de Pinho Alves. Alfabetização Científica no Ensino de Química: Uma análise dos temas da seção Química e Sociedade da Revista Química Nova na Escola. Química Nova na Escola, Vol. 31, Nº3, Agosto 2009.

OLIVEIRA, Rafael da Silva; GOMES, Elisa Silva; AFONSO, Júlio Carlos. O Lixo Eletroeletrônico: Uma Abordagem para o Ensino Fundamental e Médio. Química Nova na Escola, Vol. 32, N° 4, Novembro 2010.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência, Vol. 2, N°2, dezembro, 2002.

SARAIVA, Carmen Tetti Cruz. **Minério de ferro**: Uma abordagem com enfoque CTS-Ciência, tecnologia e sociedade, nas aulas de Química analítica do ensino profissional técnico. 2011. 51f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de graduação em Química (Licenciatura), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

VOGEL, Arthur Israel. Química Analítica Qualitativa, Editora Mestre Jou, São Paulo, 1981, 227p.