



Experimentação no ensino de química: a luz dos elementos terras raras

Greice Cristina Santos de Faria¹, Pedro Miranda Junior^{2*}

¹Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, Brasil; ²Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Departamento de Ciências e Matemática, São Paulo, Brasil. *pmirajr@gmail.com

Recebido em: 03/08/2021

Aceito em: 22/09/2021

Publicado em: 08/10/2021

RESUMO

Este trabalho descreve as atividades de três etapas de uma sequência didática (SD) com o tema elementos de terras raras (TR), desenvolvida em uma pesquisa de mestrado que teve como objetivo analisar as potencialidades da SD realizada em uma abordagem CTS para o ensino de química. A SD foi aplicada para cerca de 120 alunos de três turmas de 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública estadual da região norte da cidade de São Paulo. A pesquisa foi desenvolvida em uma abordagem qualitativa, utilizando-se o método da pesquisa-ação. As etapas da SD descritas neste trabalho são: (I) tabela periódica e elementos terras raras; (II) aplicação dos elementos TR; (III) experimentação: a luz dos elementos terras raras. Os resultados evidenciaram que a SD possibilitou aos alunos debater questões políticas, econômicas e sociais relacionadas ao tema, além de se perceberem como cidadãos, cujas atitudes podem reduzir impactos ambientais e propiciar tomadas de decisões conscientes quanto ao descarte e à utilização de dispositivos eletroeletrônicos produzidos com o uso de recursos minerais.

Palavras-chave: Ensino de química. Elementos terras raras. Experimentação.

Experimentation in teaching chemistry: the light of rare earth elements

ABSTRACT

This paper describes the three-step activities of a didactic sequence (DS) with the theme of rare earth elements (RE), developed in a master's research that aimed to analyze the potential of DS carried out in a STS approach to teaching of chemistry. The DS was applied to approximately 120 students from three 1st grade high school classes at a state public school in the northern region of the city of São Paulo. The research was developed in a qualitative approach, using the action research method. The DS steps described in this work are: (I) periodic table and rare earth elements; (II) application of RE elements; (III) experimentation: the light of rare earth elements. The results showed that the DS enabled students to debate political, economic and social issues related to the topic, and additionally perceiving themselves as citizens, whose attitudes can reduce environmental impacts and provide conscious decision-making regarding the disposal and use of electronic devices produced with the use of mineral resources.

Keywords: Chemistry teaching. Rare earth elements. Experimentation.

INTRODUÇÃO

Quando discutimos as contribuições da química na formação cidadã, destacamos a relevância de um ensino que conduza os estudantes a observar e analisar criticamente

os fenômenos naturais vivenciados na sociedade, para que entendam e opinem sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (SANTOS; SCHNETZLER, 2014).

Um ensino de química por meio de temas sociais e ambientais, de acordo com o PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio), pode contribuir para aproximar os alunos de seu cotidiano, destacando a importância da química para a compreensão dos fenômenos, a construção do conhecimento e da vida em sociedade, demonstrando a proximidade da Ciência com temas comuns, tornando a aprendizagem prazerosa (BRASIL, 2006).

A BNCC (Base Nacional Comum Curricular) defende que a educação no ensino médio deve promover intencionalmente o “respeito à pessoa humana e aos seus direitos” (BRASIL, 2017, p. 4), de modo a garantir aos estudantes a responsabilidade pelo seu processo de escolarização, ou seja, uma educação que contribua para definição de um projeto de vida e promova, de modo intencional e permanente, o respeito às escolhas e vivências saudáveis, sustentáveis e éticas (BRASIL, 2017).

Por isso, é importante utilizar uma abordagem de ensino que una o âmbito social e o conhecimento químico, possibilitando ao discente articular e entender as relações existentes entre a química e o cotidiano, levando em consideração aspectos ambientais, econômicos, políticos e sociais, de modo a capacitá-lo na tomada de decisões a partir de um olhar crítico proporcionado por meio de uma educação científica e tecnológica, contribuindo para formação de cidadãos questionadores que participam das discussões na busca de soluções dos problemas da comunidade em que estão inseridos (SANTOS; SCHNETZLER, 2014).

Sasseron e Carvalho (2011) exploraram a ideia de que não se deve em sala de aula apenas levar os alunos à manipulação de materiais, ou a experimentação ao acaso, mas sim instigar os alunos a participarem de discussões pertinentes, utilizando-se de situações-problema para desenvolver o espírito crítico, não excluindo o grau de instrução da turma, sempre considerando temas pertinentes à vivência do aluno.

Diante deste contexto, durante a pesquisa de mestrado analisamos uma Sequência Didática (SD) elaborada em uma abordagem CTS com o tema “Elementos Terras Raras”, elementos químicos de elevada importância tecnológica, utilizados na fabricação de componentes empregados para produção de computadores, telefones celulares, lâmpadas especiais, veículos híbridos e de magnetos usados em turbinas de

geração de energia eólica (FILHO; SERRA, 2014). A SD foi desenvolvida com alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública e teve como foco a aprendizagem química, o uso do conhecimento químico para compreensão das atividades de mineração e indústria, dos investimentos nacionais em tecnologia, além de levar o estudante a posicionar-se de maneira reflexiva frente às questões ambientais e políticas relacionadas à exploração de recursos minerais do território brasileiro (SANTOS; SCHNETZLER, 2014).

Neste trabalho trazemos as atividades realizadas em três etapas de uma SD, com destaque para o experimento intitulado “A luz dos elementos Terras Raras”, na qual foi possível estabelecer relações entre transições eletrônicas e de sua utilidade deste conceito no cotidiano, além de tratar da ampla aplicação dos elementos TR na tecnologia de ponta e de seu valor estratégico para o país, além de inserir os estudantes na discussão de futuros problemas ambiental e político que possam surgir em decorrência da exploração não sustentável dos minérios desses elementos.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida em uma abordagem predominantemente qualitativa, levando em consideração as características deste tipo de pesquisa (LUDKE; ANDRÉ, 2013, p. 44):

a) A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento; b) os dados coletados são predominantemente descritivos; c) a preocupação com o processo é muito maior do que com o produto; d) o significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador; e) a análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.

O método de pesquisa utilizado foi a pesquisa-ação, partindo de uma abordagem predominantemente qualitativa. A pesquisa-ação é um método bastante utilizado e cada vez mais difundido no âmbito da pesquisa em educação; trata-se de uma inovação, de um processo de aprendizagem que engloba todos os participantes, ou seja, alunos e professores, sempre atribuindo importância às diferentes percepções frente às determinadas situações propostas (ENGEL, 2000). Além de se opor à pesquisa tradicional, a pesquisa-ação colabora para o engajamento dos alunos nas atividades, sabendo que, após identificar a problemática enfrentada em sala de aula, é possível levantar hipóteses e elaborar novas estratégias para o maior engajamento dos discentes.

A SD foi desenvolvida de forma presencial durante o primeiro semestre de 2019 e abrangeu cerca de 120 alunos de três turmas da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada na região norte da cidade de São Paulo.

Os dados foram coletados a partir de anotações no caderno de campo da pesquisadora, de gravações de aula e de produções dos estudantes. Os dados foram analisados à luz dos referenciais da pesquisa qualitativa (LUDKE; ANDRÉ, 2013). Neste trabalho são abordadas três etapas da SD, descritas a seguir.

Elementos TR e a tabela periódica

Inicialmente, a partir de uma aula expositiva dialogada sobre a organização dos elementos químicos na tabela periódica, na lousa foram dispostos o mapa do Brasil e a Tabela Periódica para que os discentes consultassem durante a realização da atividade, além de uma tabela individual para o registro dos resultados. Esta atividade, desenvolvida em dois momentos, teve início com a divisão da turma em cinco grupos, em que cada grupo representou uma região geográfica do país. No primeiro momento os alunos deveriam encontrar os possíveis símbolos de elementos químicos a partir das letras dos nomes dos estados de cada região, conforme o exemplo representado na Figura 1.

Figura 1 - Símbolos de elementos químicos e os estados brasileiros.



Fonte: Adaptado de SILVA, 2008. Disponível em: <https://www.infoescola.com/geografia/regioes-do-brasil/>.

Acesso: 14 jul. 2021.

Quando encontrado o símbolo de um elemento químico, os alunos deveriam discriminar a localização desse elemento na Tabela Periódica, o período e o grupo, e

informar ainda o respectivo número atômico e a massa molar. Além disso, os alunos foram orientados a identificar os elementos TR na tabela periódica interativa e conhecer algumas de suas propriedades.

Para acessar o Software Tabela interativa em Português (Disponível em: <https://www.tabelaperiodica.org/tabela-periodica-com-aplicacoes-dos-elementos-quimicos/>), os alunos utilizaram seus telefones celulares. A Tabela Periódica virtual fornece informações sobre como o elemento químico é encontrado na natureza, as principais aplicações no cotidiano e a quantidade existente no Universo, no corpo humano, na crosta terrestre e no oceano, conforme exemplo representado na Figura 2.

Figura 2 - Exemplos das informações presentes na Tabela virtual.

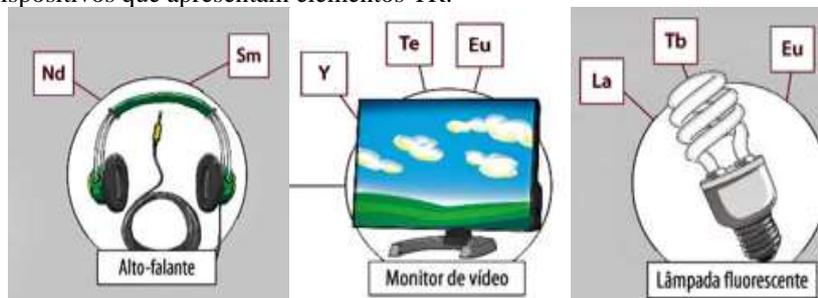


Fonte: HOLZLE, 2017. Disponível em: <https://www.tabelaperiodica.org/tabela-periodica-com-aplicacoes-dos-elementos-quimicos/>. Acesso em 12 jul. 2021.

Aplicação dos elementos terras raras

Nesta etapa, os estudantes receberam uma imagem intitulada “Mil e uma utilidades na alta tecnologia”, a qual apresenta diversos dispositivos que possuem em sua composição elementos terras raras, como por exemplo, o alto-falante, o monitor de vídeo e a lâmpada fluorescente, representados na imagem da Figura 3.

Figura 3 - Dispositivos que apresentam elementos TR.



Fonte: Adaptado de Senado (2013). Disponível em: http://www.senado.gov.br/NOTICIAS/JORNAL/EMDISCUSSAO/upload/201304%20-%20setembro/pdf/em%20discuss%C3%A3o!_setembro_2013_internet.pdf. Acesso em 12 jul 2021.

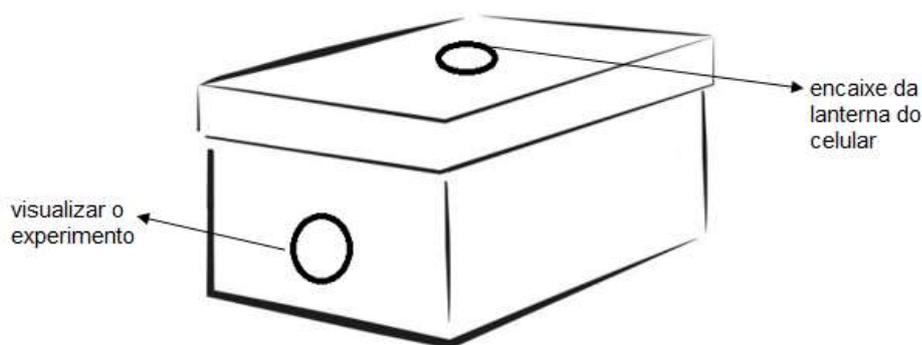
Após leitura e explicação da figura, a turma foi organizada em grupos de quatro alunos e, cada grupo escolheu dois dos dispositivos eletrônicos para fazer um trabalho de pesquisa. No trabalho, para os elementos TR constituintes no dispositivo selecionado, foram identificados os minerais e a localização desses no território nacional e também o processo industrial envolvido na obtenção desses elementos. A partir da pesquisa, houve uma discussão sobre o funcionamento das diferentes lâmpadas: incandescente, fluorescente, LED e tubular.

Experimentação: “A luz dos elementos TR”

Para desenvolver o experimento utilizamos como apoio o artigo “A Luz e as Terras Raras” (SERRA; FILHO, 2015) e um experimento disponível na internet (Líquido fluorescente- Disponível em: <http://www.manualdomundo.com.br/2011/08/liquidofluorescente>). Os alunos em grupo realizaram o experimento para simular uma das propriedades específicas desses elementos, a geração de luz a partir do fenômeno da fluorescência.

No experimento, utilizamos água tônica, caneta marca-texto, caixa de sapato, copos descartáveis, fita adesiva, caneta de retroprojektor e um telefone celular. Para que a luz da lanterna se tornasse luz negra (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NCi6LAuekNs>), um pequeno pedaço de fita adesiva foi colado na lanterna do celular e, em seguida, pintado com caneta azul permanente, repetindo o procedimento até obtenção de cinco camadas. A Figura 4 apresenta um esquema do aparato construído.

Figura 4 – Aparato utilizado no experimento.



Fonte: Os autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira etapa, os alunos realizaram a atividade com bastante empenho e interesse; foi notória a participação dos discentes e alguns erros comuns foram identificados; por exemplo, a grafia dos símbolos dos elementos químicos com as duas letras maiúsculas ou minúsculas, além da dificuldade em diferenciar número atômico de massa molar. A socialização dos resultados proporcionou a correção dos erros e a leitura correta das informações de uma tabela periódica, além de promover a interdisciplinaridade entre química e geografia.

No segundo momento, ao analisarem a imagem “Mil e uma utilidades”, os alunos ficaram surpresos quanto à presença dos elementos TR em eletroeletrônicos conhecidos por eles, como o celular, a câmera fotográfica, a tela de TV e computadores. Após a observação e discussão entre os grupos, a professora iniciou uma conversa, a fim de que compartilhassem o que mais lhes chamou a atenção, além de destacar a importância desses elementos para a produção de aparatos tecnológicos e para o seu devido funcionamento. Durante a discussão, os alunos questionaram a presença desses elementos em alguns materiais e outros relacionaram esses elementos com o cotidiano, como podemos observar na seguinte transcrição:

Aluno 22 - Turma A: Nossa o que a lâmpada tem a ver com esses elementos? Se eles são tão caros para colocar numa coisa tão barata?

Professora: Então, a indústria utiliza esses elementos por causa das propriedades que eles têm, suas características ajudam no funcionamento de determinado material, por exemplo, olhem para imagem da lâmpada, quais são os elementos terras raras, se tem dúvida, é só conferir na Tabela Periódica.

Aluno 23 - Turma A: Lantânio, térbio e európio.

Professora: Certo, esses elementos são usados na forma de óxido, como se fossem um pozinho dentro da lâmpada, um revestimento, eles servem para a absorção de luz ultravioleta e o térbio, por exemplo, potencializa a emissão da luz branca, que é a que a gente consegue ver.

Aluno 12 - Turma A: Mas é só a luz branca? Olha só a televisão, também tem o európio e o térbio.

Professora: Não, na televisão, eles são responsáveis por produzir as cores primárias, o verde, o vermelho e o azul. Ah! e na TV, que é o monitor de vídeo aí na figura, quais são os elementos mesmo?

Aluno 12- Turma A: Aé!! Achei que era o mesmo, mas são Eu de európio, Te não é de térbio ou é de Telúrio? E Y de ítrio [...] conferindo com a Tabela [...].

Além dessa discussão, outros questionamentos e apontamentos foram levantados em relação aos elementos TR, exemplificados nas seguintes falas:

Aluno 10 - Turma B: Muito legal saber que a gente carrega elementos terras raras, “tipo” comigo tem o meu celular e meu fone.

Aluno 30 - Turma C: Prô, mas só a câmera sozinha tem terra rara? Ou as que ficam nos outros aparelhos também tem? Tipo, no celular, no note, aquelas canetas de detetive.

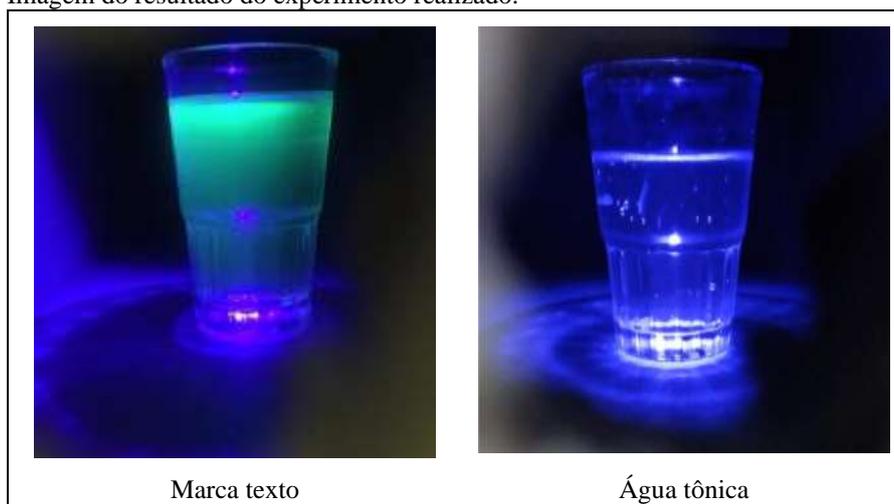
Aluno 15 - Turma C: Se a gente reciclasse esses materiais daria pra não extrair mais né, porque desse jeito, daria pra usar de novo pra fazer outro material.

Após a identificação dos elementos TR na tabela periódica e a pesquisa sobre a composição de alguns aparatos tecnológicos, na terceira etapa, os alunos realizaram um experimento em sala de aula que procurou simular uma das propriedades dos elementos TR, a luminescência. Durante o experimento buscou-se instigar a curiosidade e o interesse dos alunos pelo saber, dando espaço para explorarem suas possíveis dúvidas e que as mesmas fossem esclarecidas de maneira a utilizar seus conhecimentos prévios.

A experiência foi conduzida inicialmente com base na explicação do modelo atômico de Bohr, o espectro eletromagnético e as propriedades de luminescência dos materiais, relacionando tais conceitos com o funcionamento de alguns equipamentos, como telas de celular, TV, tablet e lâmpadas.

No interior da caixa foram iluminadas duas soluções com a luz negra adaptada de lanterna de um celular. Na Figura 5, o frasco à esquerda contém uma mistura de água com tinta amarela de uma caneta marca texto e o frasco à direita contém água tônica. A tinta amarela contém uma substância chamada piranina (8 hidroxipireno- 1,3,6-trissulfonato de trissódio), um corante fluorescente que, sob a luz comum, apresenta coloração amarelada e, quando submetido à luz ultravioleta, emite cor esverdeada. Já a água tônica contém um composto fluorescente, chamado de sulfato de quinina ou simplesmente quinino, que confere à bebida o sabor amargo e a cor azul, quando submetida à luz negra.

Figura 5 - Imagem do resultado do experimento realizado.



Fonte: Os autores

Alguns compostos de TR possuem propriedades luminescentes; isso ocorre devido às transições eletrônicas entre orbitais f desses elementos, gerando cores específicas em dispositivos luminescentes, característica esta que confere a esses elementos extensa aplicação, como em displays emissores e lâmpadas fluorescentes. Por exemplo: vanadato de ítrio dopado com európio(III) emite luz vermelha, compostos contendo o íon térbio(III) são emissores verdes e fosfatos de estrôncio dopados com Eu^{2+} são emissores azuis (FILHO et al., 2019).

Considerando o nível escolar dos alunos, a professora explicou o fenômeno da luminescência das duas soluções testadas, relacionando esta propriedade com as transições eletrônicas que ocorrem nos átomos e em especial nos elementos TR, cuja emissão de luz de alguns desses elementos os tornam de grande interesse tecnológico. Alguns elementos TR constituem o sistema das três cores primárias (vermelho, verde e azul), conhecido como RGB (do inglês: red, green, blue), utilizado para a reprodução de imagens coloridas em praticamente todas as telas (computadores, celulares e televisores) que são constituídas por LEDs. O sistema RGB é constituído pelos íons TR que emitem as cores puras vermelho, verde e azul, que quando combinadas reproduzem todas as outras cores. As transições responsáveis por essas cores são:

$\text{Eu}^{3+} \Rightarrow$ emissão em 611 nm (vermelha);

$\text{Tb}^{3+} \Rightarrow$ emissão em 550 nm (verde)

$\text{Eu}^{2+} \Rightarrow$ emissão em 450 nm (azul).

Visto a crescente utilização dos elementos TR pela sociedade, é importante mediar discussões em sala de aula acerca desses elementos, destacando os pontos positivos e negativos relacionados à exploração mineral e ao uso e descarte desses dispositivos, pois grande parte da população consome aparatos eletroeletrônicos sem preocupar-se de onde vêm os materiais utilizados na sua fabricação e também o destino desses equipamentos quando descartados. Vale destacar que a extração mineral para obtenção desses elementos gera impactos econômicos, ambientais e sociais, além da importância do descarte correto dos aparatos eletroeletrônicos.

Segundo Martins (2002, p. 37) o ensino com enfoque CTS tem “a importância do ensinar a resolver problemas, a confrontar pontos de vista, a analisar criticamente argumentos, a discutir os limites de validade de conclusões alcançadas, a saber, formular novas questões”. Antes e após a realização da experiência, diversos questionamentos surgiram, conforme a transcrição de um dos momentos da aula com a turma da 1ª série A:

Professora: Pessoal! Prestem atenção! Antes de vocês colocarem as soluções dentro da caixa de sapato, eu quero que vocês observem os dois líquidos! Perceberam alguma diferença?

Aluno 20 Turma A: Não!

Aluno 12 Turma A: Eu sim prô, parece que uma tem gás e a outra não, por isso eu sei que é água tônica.

Professora: Isso, olha só, você conseguiu diferenciar por uma característica diferente, as bolhas, mas e quando a gente fala da cor? Qual a cor que vocês estão enxergando?

Aluno 13 Turma A: Em um, nenhuma cor, transparente e no outro, verde por causa da tinta do marca texto.

Professora: Tudo bem, e se a gente colocar o líquido número 1 (água tônica) dentro da caixa? Vamos lá, cada grupo colocando o seu e observem.

Aluno 01 Turma A: não dá pra ver nada, tudo preto.

Aluno 12 Turma A: Professora, com a lanterna ele continua transparente, parece água.

Professora: lembram da lanterna que a gente fez? A luz negra? Então, todos aproximem da caixa e observem.

Aluno 22 Turma A: Nooossaa! Que legal!

Aluno 21 Turma A: Está azul!

Aluno 03 Turma A: *Que da hora, vem ver! O que tem aqui pra ficar assim?*

Aluno 05 Turma A: *Que isso! Por que não dá pra ver sem a luz negra? Qual a propriedade dessa luz?*

Professora: *Atenção aqui turma!! Vocês lembram quando a gente discutiu sobre a luz que cada aparelho emite? Então, a luz negra é uma luz ultravioleta, por isso não conseguimos ver a sua radiação e ela reflete em objetos ou substâncias fluorescentes, como no caso desse líquido. Agora façam o mesmo com o líquido 2 (água e tinta marca texto).*

Além dos questionamentos da turma A, as outras turmas B e C também levantaram perguntas como: “Por que com a luz negra nós conseguimos ver a cor e sem não?”; “Qual é a diferença entre fluorescente e fosforescente?”; “Com outra luz teríamos o mesmo resultado?”; “Por que a luz negra é melhor e não a LED?”.

Ao término da atividade, a professora abordou em uma aula específica os conceitos sobre excitação eletrônica e as regiões do espectro eletromagnético, enfatizando a diferença entre fluorescência e fosforescência, além de exemplificar o funcionamento de cada tipo de lâmpada e o seu rendimento, conforme ilustração da Figura 6.

Figura 6 - Diferentes lâmpadas e suas características de consumo.



	Incandescentes	Halógenas	Fluorescentes (CFLs)	LEDs
Consumo	Alto	Alto	Baixo	Baixíssimo
Vida útil (horas)	1.000	2.000	6.000	25.000
Eficiência luminosa	1600	100 w	75 w	20 w
Quantidade de luz que a lâmpada produz por segundo, em lumens.	1100	75 w	55 w	15 w
	800	60 w	45 w	12 w
	450	40 w	30 w	8 w
	210	25 w	19 w	5 w

Fonte: Disponível em: <https://www.retecejr.com/single-post/2017/12/06/A-fici%C3%A2ncia-dos-diferentes-tipos-de-l%C3%A2mpadas-e-quanto-cada-uma-impacta-na-conta-de-energia>. Acesso em 14 jul. 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a relevância da abordagem CTS para o Ensino de Química, a SD, elaborada e desenvolvida com os alunos, destacou a utilização dos elementos TR para o desenvolvimento de tecnologias essenciais e atualmente indispensáveis no

contexto globalizado, fortalecendo a importância do conhecimento científico para leitura da realidade, além de demonstrar os impactos da extração mineral e o descarte inadequado de materiais contendo tais elementos, contribuindo para desmistificar a visão do aluno de que a Química é distante e não está presente no seu dia a dia.

Essa pesquisa demonstrou que no ensino de química é possível levar os alunos a refletirem sobre a aplicabilidade do conhecimento científico para sociedade, demonstrando que os elementos TR, contribuem para a economia mundial e para o avanço tecnológico do país em um mundo cada vez mais competitivo e globalizado. A estratégia didática viabilizou discussões com os discentes sobre questões como a preservação ambiental, além das tomadas de decisões conscientes quanto ao descarte e utilização de materiais eletroeletrônicos, tudo com o intuito de informar e formar cidadãos que saibam utilizar o conhecimento para compreensão e busca de soluções para os diversos problemas da sociedade.

AGRADECIMENTOS

Aos alunos e à professora de química da escola estadual participante desta pesquisa e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP, São Paulo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Orientações Curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. v. 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular** – BNCC 2ª versão. Brasília, DF: MEC, 2017.

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. **Educar**, n. 16, p. 181-19, 2000.

FILHO, P. C. S.; SERRA, O. A. Terras Raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas. **Química Nova**, v. 37, n. 4, p. 753-760, 2014.

FILHO, P. S.; GALAÇO, A. R. B. S.; SERRA, O. A. Terras Raras: Tabela Periódica, descobrimento, exploração no Brasil e aplicações. **Química Nova**, v. 42, n. 10, p. 1208-1224, 2019.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 2013.

MARTINS, I. P. Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, n. 1, p. 28-39, 2002.

SANTOS, W. L. P. dos e SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Editora da Unijuí, 2014. 159 p.

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

SERRA, O. A.; LIMA, J. F.; FILHO, P. C. S. A luz e as Terras Raras. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, 2015.