



PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A LUZ DOS ELEMENTOS TERRAS RARAS

Greice Cristina Santos de Faria

Pedro Miranda Junior

São Paulo
2020

Produto Educacional apresentado como requisito a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (ENCIMA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus São Paulo.

AUTORES

Greice Cristina Santos de Faria: Licenciada em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), campus São Paulo- SP (2017) e Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), campus São Paulo – SP (2019). Atualmente é professora de Química na rede particular de educação do Estado de São Paulo, região leste.

Pedro Miranda Junior: Licenciado em Química e Bacharel em Química pela Universidade Mackenzie, São Paulo – SP (1990), Mestre em Química Inorgânica pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo - SP (1996) e Doutor em Química Inorgânica pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo - SP (2000). Atualmente é professor do curso de Licenciatura em Química e professor e o orientador do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de São Paulo (IFSP) - campus São Paulo - SP.

Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-
NãoComercial 4.0 Internacional. Para ver uma cópia desta licença, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.



Apresentação

Caros Professores,

Este Produto Educacional é fruto do trabalho de pesquisa de mestrado intitulado “Análise de uma sequência didática com o tema Elementos Terras Raras: uma abordagem CTS no ensino de química”, realizado no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus São Paulo – IFSP, sob a orientação do Prof. Dr. Pedro Miranda Junior.

Nosso Produto Educacional destina-se a professoras e professores de química do Ensino Médio com intuito de compartilhar estratégias de ensino realizadas em uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). A abordagem CTS foi escolhida por unir o âmbito social e o conhecimento químico, possibilitando aos discentes 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-los 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 de discussões para busca de soluções dos problemas da comunidade em que estão inseridos (SANTOS; SCHNETZLER, 2014).

Este Produto Educacional consiste em uma Sequência Didática (SD) com o tema “A luz dos Elementos Terras Raras”, elaborada a partir das reflexões acerca das atividades realizadas e analisadas durante o mestrado. A SD aborda diversas estratégias de ensino além de um experimento relacionado à luminescência. Para isso, utilizamos materiais de fácil acesso, além de relacionar a necessidade do descarte correto de resíduos eletrônicos.

Esperamos que este material contribua positivamente com as suas aulas de Química e proporcione boas experiências.

Ótima leitura!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tabela Periódica com destaque aos elementos TR.	7
Figura 2: alunos em círculo para início da atividade	13
Figura 3: Imagens abordadas em sala de aula	14
Figura 4: Utilidade elementos terras raras.....	16
Figura 5: Exemplo das informações presentes na Tabela virtual	17
Figura 8: Espectro eletromagnético.....	21
Figura 9: Transição eletrônica com absorção e emissão e a emissão por luminescência.....	22
Figura 10: Estrutura da Piranina.....	23
Figura 11: Estrutura do quinino	23
Figura 12: Diferentes lâmpadas e suas características de consumo	25
Figura 13: Exemplos de Cartazes	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Sequência Didática.....	11
Quadro 2: Questionário diagnóstico	12

SUMÁRIO

Introdução	5
O que são elementos TR?	7
Abordagem CTS e o Ensino de Química	9
Sequência Didática (SD)	11
Etapa 1- Questionário Diagnóstico	12
Etapa 2- A imagem da mineração brasileira	13
Exemplo de atividade validada	13
Etapa 3- Usos, aplicações e implicações das terras raras	15
Etapa 4- Pesquisa direcionada	17
Etapa 5- A luz das terras raras: excitação eletrônica.....	18
Etapa 6 - Resíduo eletrônico	25
Considerações Finais	27
Referências	28

Introdução

No âmbito da educação química, existem diversos temas que são vastamente conhecidos e utilizados para um Ensino de Química contextualizado, porém um assunto que é pouco ou até mesmo não abordado nas aulas de química do Ensino Médio é as propriedades e usos dos elementos terras raras (TR) em aparatos eletroeletrônicos no cotidiano das pessoas.

Ao professor de química do Ensino Médio, em algum momento durante sua graduação, lhe foi apresentado algumas propriedades e aplicações dos elementos TR, provavelmente na disciplina de Química Inorgânica durante abordagem de complexos metálicos com elementos do bloco f ou de forma abreviada na Química Geral, ao estudar a classificação periódica dos elementos químicos, mas com um enfoque meramente explicativo, sem maiores aprofundamentos (CABRAL, 2014). Esse mesmo autor (p.5) ressalta tal afirmação, quando diz que “até mesmo alunos do Ensino Superior desconhecem as propriedades e aplicações dessas substâncias, não havendo disciplinas que abordem o tema especificamente”.

A escolha do tema “A luz dos Elementos Terras Raras” para sequência didática (SD) justifica-se pela ampla aplicação desses elementos na tecnologia de ponta e, de seu valor estratégico para o país, além de inserir os estudantes na discussão de problemas ambientais e políticos decorrentes da exploração desses elementos da natureza. Pela falta de notabilidade desses elementos na sociedade, conseqüentemente lhes é atribuído menor importância por falta de conhecimento, sendo assim as questões ambientais, sociais, econômicas e éticas na exploração mineral desses elementos no ensino de química, são deixadas de lado.

Ao tratar das questões sociais envolvidas, os processos de extração, principalmente o da monazita¹, causam impactos irrecuperáveis ao meio ambiente (LAPIDO; LOUREIRO, 2013). Outro fator é o “resíduo eletrônico”, pois somos bombardeados constantemente pela mídia a trocar nossos aparelhos eletrônicos por novos e, o que é feito com os aparelhos descartados? Segundo o Programa das

¹ **Monazita (geol.)** Mineral do grupo dos fosfatos, com fósforo, urânio, tório e elementos terras raras em sua composição, de cor castanho-amarelada a avermelhada. Mineral de minério de [elementos terras raras]. O mineral apresenta leve radioatividade devido aos elementos que o compõem. KLEIN, C., DUTROW, B., 2012. Manual de ciência dos minerais.

Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2015), cerca de 40 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos são descartados no mundo por ano, no Brasil, 20 mil toneladas, apenas de celulares e impressoras, é o país com maior produção de resíduos eletroeletrônicos do mundo. Esse resíduo eletrônico é uma fonte significativa de elementos TR e, o avanço da tecnologia viabiliza sua reciclagem, diminuindo a atividade mineradora, preservando o ambiente (ROCIO *et al.*, 2012).

Diante da importância dessa temática, esse Produto Educacional propõe uma Sequência Didática CTS, por meio de estratégias diversificadas de ensino, possibilitando a participação ativa dos estudantes, além de proporcionar aos professores exercer o papel de mediador em um ensino de química contextualizado.

O que são elementos TR?

A descoberta dos elementos Terras Raras (TR) teve início em 1787, quando Carl Axel Arrhenius descobriu a gadolinita, mineral composto de silicatos de cério, lantânio, neodímio, ítrio, berílio, e ferro, principalmente; este mineral foi encontrado em Ytterby, uma região próxima de Vaxholm na Suécia (ROCIO *et al.*, 2012). Porém, apenas em 1913, Henry Moseley utilizou espectro de raios X para quantificar esses elementos, ao quais são abundantes na crosta terrestre, mas de difícil extração, atribuindo à sua produção, um alto preço (ROCIO *et al.*, 2012). O grupo de elementos TR compreendem os elementos: escândio (Sc), ítrio (Y) e lantanídeos, localizados no grupo 3 da tabela periódica. Os elementos Sc e Y são elementos do bloco d e os lantanídeos são elementos do bloco 4 f. Os lantanídeos são constituídos pelos elementos: lantânio (La), cério (Ce), praseodímio (Pr), neodímio (Nd), promécio (Pm), samário (Sm), európio (Eu), gadolínio (Gd), térbio (Tb), disprósio (Dy), hólmio (Ho), érbio (Er), túlio (Tm), itérbio (Yb) e lutécio (Lu). A Figura 1 mostra a localização desses elementos na Tabela Periódica.



Figura 1: Tabela Periódica com destaque aos elementos TR.

→ Lantanídeos

Terras Raras

Sc	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Fonte: Adaptado de FILHO; SERRA, 2014. p. 754.

O nome “terras raras” deve-se ao fato de que na época de seu descobrimento os elementos TR, encontrados como óxidos, tinham aparência terrosa e eram considerados muito escassos devido ao desconhecimento de

processos de purificação desses elementos. Mas hoje em dia, sabe-se que esses elementos não são raros e alguns deles são mais abundantes de que o cobre e chumbo, por exemplo, (MIRANDA JR, 2000).

Os elementos TR, apesar de pouco conhecidos pela sociedade, são extremamente importantes na produção de tecnologias como computadores, celulares, lâmpadas especiais, além de contribuir para o desenvolvimento de veículos híbridos e energias limpas como a eólica e a solar, tais características conferem aos TR destaque no âmbito da indústria, conferindo aos países que consomem esses elementos em grande quantidade, o título de desenvolvidos industrialmente (FILHO; SERRA, 2015).

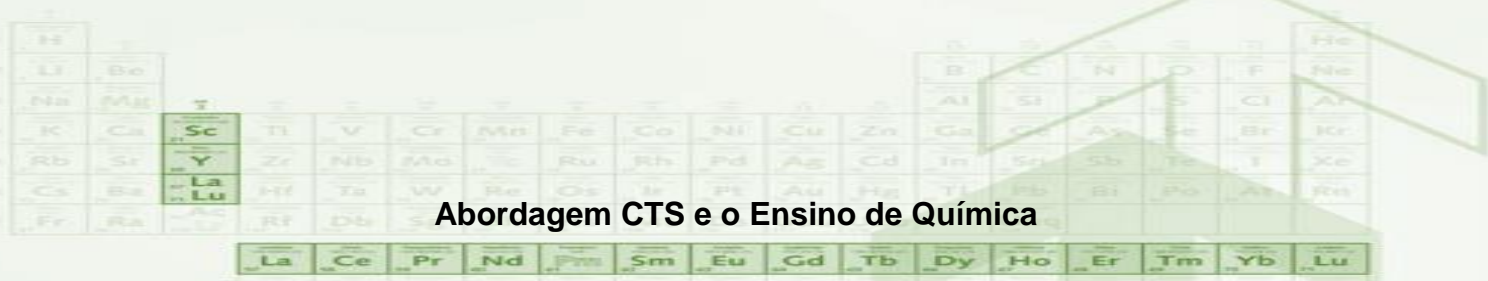
Para saber mais sobre os elementos Terras Raras, indicamos a leitura dos artigos:

1- “Luz e as Terras Raras”, dos autores Serra, O. A.;* Lima, J. F.; de Sousa Filho, P. C. Publicado na Rev. Virtual Quim., 2015, 7 (1), 242-264. Data de publicação na Web: 28 de outubro de 2014.

Disponível no link: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v7n1a12.pdf>

2- “Terras Raras: Tabela Periódica, descobrimento, exploração no Brasil e aplicações”, dos autores Paulo C. de Sousa Filho, Ayla R. B.S. Galaço e Osvaldo A. Serra. Publicado na Revista Quim. Nova, v. 42, n. 10, 1208-1224, 2019.

Disponível no link: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v42n10/0100-4042-qn-42-10-1208.pdf>



Abordagem CTS e o Ensino de Química

A sigla CTS significa Ciência, Tecnologia e Sociedade. Surgiu com um movimento que criticava modelos de gestão e políticas de ciência e tecnologia. Em contexto mundial, o movimento CTS já é bem conhecido e desde o século XX reivindica a inovação e a reestruturação do currículo escolar para uma atuação cidadã, utilizando questões sociais de maneira multidisciplinar. Levando em consideração o seu surgimento em países desenvolvidos industrialmente (Europa e América do Norte), por volta da década de 1970, após o avanço da Ciência e Tecnologia (C&T), além da degradação do meio ambiente se tornar mais visível, fez-se necessário um olhar mais crítico voltado para os aspectos políticos, fomentando debates, que levaram ao denominado “Movimento CTS” (AULER; BAZZO, 2001).

Já no Brasil, um dos marcos para o surgimento do movimento foi a Conferência Internacional sobre Ensino de Ciências para o Século XXI: ACT- Alfabetização em Ciência e Tecnologia, em 1990, neste contexto, pesquisadores do Brasil e de outros países apresentaram trabalhos sobre o Ensino de Ciências e a temática CTS (SANTOS; SCHNETZLER, 2014). Além de artigos e trabalhos publicados, o estudo dos pressupostos CTS começou a ser desenvolvido por grupos de pesquisas e materiais didáticos.

Uma das funções do ensino de química na educação básica é informar e formar para a cidadania (SANTOS, SCHNETZLER, 2014), isso é fortalecido por documentos oficiais relacionados à educação, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000), a Lei de Diretrizes e Bases - LDB (BRASIL, 2012) e a Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2017) que propõem uma educação que permita o desenvolvimento pleno do discente, colaborando para que este exerça de maneira consciente a sua cidadania.

A abordagem CTS contempla a proposta do PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) (BRASIL, 2000), pois aproxima o aluno dos conceitos químicos através daquilo que ele vê, ouve e observa, associando às implicações sociais, ambientais, econômicas, políticas, éticas e culturais, possibilitando a formação de cidadãos críticos que vivem em sociedade e modificam o ambiente através da tecnologia (SANTOS; MALDANER, 2010). Uma das

premissas da abordagem CTS no ensino de Química é preparar os estudantes para atuarem ativamente na sociedade diante de tomada de decisões individuais ou coletivas, buscando a formação de conceitos, atitudes e valores constituintes da participação social responsável (SANTOS; MORTIMER, 2002).

O objetivo principal da educação CTS é desenvolver a educação cidadã, ou seja, o papel da educação química envolvendo a abordagem CTS é o de educar para a cidadania, de maneira que o indivíduo seja capaz de utilizar os produtos tecnológicos desenvolvidos pela sociedade democrática, além de compreender e estabelecer uma opinião frente aos impactos causados por esses produtos (SANTOS, SCHNETZLER, 2014).

Tendo em vista a contribuição do enfoque CTS para o processo de ensino e aprendizagem e da relevância dos elementos TR para o desenvolvimento tecnológico do país e para o ensino de química, planejamos a SD intitulada “A luz dos elementos Terras Raras”, de forma a contribuir para esta área de pesquisa e fortalecer a importância do conhecimento científico para leitura da realidade e, desmistificar a visão do aluno de que a Química é uma ciência distante e que não está presente no dia a dia.

Para saber mais sobre a abordagem CTS, indicamos a leitura dos artigos:

1- “Reflexões para a implementação do Movimento CTS no contexto educacional Brasileiro”, dos autores Décio Auler e Walter Antonio Bazzo. Publicado na Revista Ciência & Educação, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

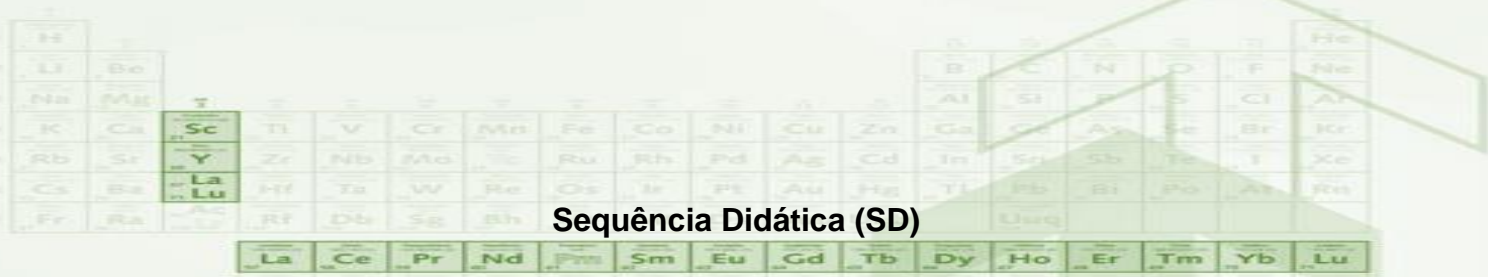
Disponível no link: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132001000100001

2- “Tomada de decisão para ação social responsável no Ensino de Ciências”, dos autores Wildson Luiz Pereira dos Santos e Eduardo Fleury Mortimer. Publicado na Revista Ciência & Educação, v.7, n.1, p.95-111, 2001.

Disponível no link: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132001000100007

3- “Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira”, dos autores Wildson Luiz Pereira dos Santos e Eduardo Fleury Mortimer. Publicado na Revista Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, n. 2- dezembro 2002.

Disponível no link: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v2n2/1983-2117-epec-2-02-00110.pdf>



Entendemos que sequências didáticas facilitam a compreensão de determinado tema durante o ensino e aprendizagem em sala de aula, pois utiliza da junção de ações pedagógicas para um ensino etapa por etapa (MAROQUIO et al., 2015) e são estratégias didáticas adequadas para realização de um ensino CTS.

Pensando nisso, a SD foi estruturada para ser desenvolvida na disciplina de Química, especificamente para a 1ª série do Ensino Médio, durante 10 aulas. O Quadro 1 demonstra como a SD poderá ser organizada, sendo que as 6 etapas poderão ser adaptadas conforme a realidade escolar.

Quadro 1: Sequência Didática

Etapa	Conteúdo abordado	Objetivo
1	Questionário inicial	Estabelecer uma ligação entre o que o aluno já conhece e o objeto de estudo.
2	A imagem da mineração brasileira	Familiarizar os alunos com as problemáticas envolvidas no extrativismo mineral.
3	Usos, aplicações e implicações das terras raras	Estabelecer relações entre os elementos terras raras e a composição de alguns eletroeletrônicos encontrados no cotidiano.
4	Pesquisa direcionada	Identificar as principais características dos elementos terras raras presentes no material escolhido e a sua função.
5	A luz das terras raras: excitação eletrônica	Diferenciar fluorescência e fosforescência, relacionando esta propriedade com a luz emitida em dispositivos eletroeletrônicos que contêm elementos terras raras.
6	Resíduo eletrônico	Conscientizar os alunos sobre a importância do descarte correto de resíduo eletrônico.

Fonte: Própria

O intuito desta SD é proporcionar a você professor subsídios para aprimorar suas estratégias de ensino e que suas aulas se tornem engajadas em questões sociais pertinentes ao contexto do aluno, os quais terão acesso à formação cidadã ao compreenderem as relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade e a partir da informação, consigam questionar, argumentar e organizar seus pensamentos.

Etapa 1- Questionário Diagnóstico

Inicialmente, aplique um questionário simples, conforme exemplo indicado no Quadro 2. A análise das repostas possibilitará aos professores avaliar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema e também hábitos de consumo de equipamentos eletroeletrônicos.

Quadro 2: Questionário diagnóstico

1. Na sua casa você possui equipamentos eletroeletrônicos? Quais?

Smartphone (Sim) (Não)

(1) (2) (3) (mais)

TV (Sim) (Não)

(1) (2) (3) (mais)

Tablet (Sim) (Não)

(1) (2) (3) (mais)

Relógio digital (Sim) (Não)

(1) (2) (3) (mais)

Notebook (Sim) (Não)

(1) (2) (3) (mais)

2. Com que frequência você utiliza seu celular para estudo ou pesquisa?

() Sempre () Raramente () Nunca

3. Quantos celulares você já teve?

4. O que são elementos Terras Raras?

5. Quando dizemos que um objeto é fluorescente, o que significa?

6. Qual a diferença entre fosforescência e fluorescência?

Etapa 2- A imagem da mineração brasileira

Tempo estimado: 1 aula (50 minutos)

Desenvolvimento: Em grupos, oriente os alunos a escolherem imagens retratando a extração mineral no território brasileiro; tais figuras podem ser impressas e expostas no centro da sala de aula ou projetadas. Em seguida, cada grupo, deve escolher a paisagem que mais lhe chamou a atenção. Após a escolha, peça para o grupo discutir e elaborar um texto, retratando a primeira impressão coletiva sobre a imagem, nesta fase é interessante que todos compartilhem suas impressões para confrontar com o que realmente significa cada paisagem.

Exemplo de atividade validada

A estratégia da mostra visual pode ser aplicada com a turma em um grande círculo (Figura 2), a fim de expor aos alunos as problemáticas ambientais e relacioná-las à realidade do contexto nacional, destacando as consequências para os indivíduos participantes desta realidade.

Figura 2: alunos em círculo para início da atividade



Fonte: Própria

A Figura 3 engloba alguns exemplos de imagens que poderão ser disponibilizadas aos alunos: Imagem I - Hidrelétrica de Tucuruí; Imagem II - Desmatamento na Amazônia visto por satélite; Imagem III - Desastre de Mariana-MG; Imagem IV - Mina de ferro no Amazonas; Imagem V - Barragem de rejeitos em Minas Gerais; Imagem VI - Peixes mortos devido ao rio contaminado por rejeitos de mineradoras; Imagem VII – O mineiro durante o trabalho; imagem VIII - Mina de Carajás.

Figura 3: Imagens abordadas em sala de aula**Imagem I- Usina hidrelétrica de Tucuruí**

Disponível em: <<https://petronoticias.com.br/archives/59856>>. Acesso em: 10/01/2019.

**Imagem II- Desmatamento na Amazônia**

Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/blogs/salada-verde/em-10-anos-mineracao-causou-9-de-desmatamento-na-amazonia/>>. Acesso em: 10/01/2019.

amazonia/>. Acesso em: 10/01/2019.

**Imagem III: Desastre de Mariana- MG**

Disponível em: <<https://amitafamitaf.jusbrasil.com.br/noticias/254555887/desastre-em-mariana-foi-acidente-ou-crime-e-precipitado-avaliar-diz-ministro>>. Acesso em: 10/01/2019.

**Imagem IV- Mina de ferro no Amazonas**

Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2012/06/extracao-de-minerio-ameaca-cavernas-e-vegetacao-rara-na-amazonia.html>>. Acesso em: 10/01/2019.

**Imagem V- Barragem de rejeito em MG**

Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/11/interna_gerais,706648/em-minas-42-barragens-de-rejeito-nao-tem-garantia-de-estabilidade.shtml>. Acesso em: 10/01/2019.

**Imagem VI- Peixes mortos em rio contaminado**

Disponível em: <<http://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/2015/11/mais-de-2-t-de-peixes-mortos-ja-foram-recolhidas-no-rio-doce-diz-ibama.html>>. Acesso em: 10/01/2019.

**Imagem VII- Mineiro durante o trabalho**

Disponível em: <<https://www.gazetacentral.com.br/Materia/Details.php?Codigo=19156&Titulo=amazonia-brasileira-abriga-453-garimpos-illegais-mostra-estudo>>. Acesso em: 15/01/2019.

**Imagem VIII- Mina de Carajás**

Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Serra_dos_Caraj%C3%A1s#/media/File:Carajas_Mine.jpg>. Acesso em: 15/01/2019.

A sequência de imagens abordada leva em consideração questões envolvendo o impacto ambiental, e suas consequências para a população, a fauna e a flora local, todos os envolvidos diretamente com a extração de minerais, desde a sua implementação até os riscos posteriores, um conjunto de questões sociocientíficas que poderão ser discutidas com os alunos participantes.

Etapa 3- Usos, aplicações e implicações das terras raras

Tempo estimado: 1 aula de 50 minutos

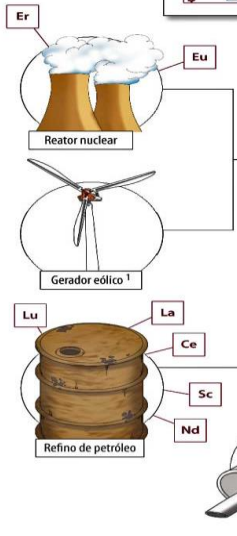
Desenvolvimento: Em grupos de 3 a 4 alunos, disponibilize a Figura 4, principais usos e aplicações dos elementos terras raras, para discussão e troca de opiniões sobre o tema, com o intuito de incentivar o desenvolvimento do pensamento crítico e a defesa de seu ponto de vista sobre os aspectos negativos e positivos sobre a utilização dos elementos terras raras, neste caso, a exploração mineral e a vasta utilidade para confecção de diferentes dispositivos, por exemplo, eletroeletrônicos.

Figura 4: Utilidade elementos terras raras

Mil e uma utilidades na alta tecnologia

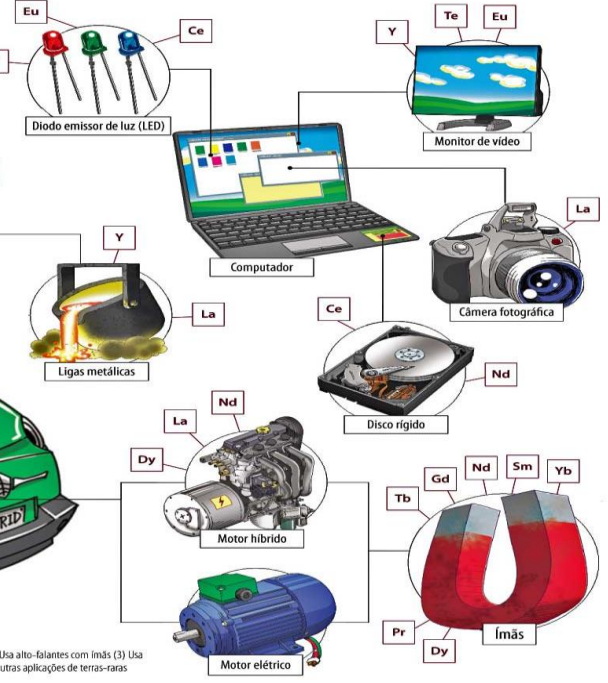
Os elementos de terras-raras têm características eletrônicas, ópticas, magnéticas e catalíticas, associadas a leveza, resistência e eficiência energética. Veja onde estão as terras-raras e em que produtos elas são aproveitadas

Nome do elemento	Escândio	Itrio	Lantânio	Cério	Praseodímio	Neodímio	Promécio	Samário
Símbolo na tabela periódica	Sc	Y	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm
Critico: \$, ou Não crítico: S	X							
Pesado: ▲, ou Leve: ▼								



Aspecto de terra, com valor da inovação

O nome terras-raras vem do século 19, quando os elementos foram descobertos. Hoje, já se sabe que eles não são tão raros assim, mais abundantes no planeta que metais como prata, ouro e platina. Diferentemente de outros minerais, como ouro e ferro, aparecem em baixa concentração, espalhados ou misturados com outros elementos, com aparência de terra. A dificuldade está em separá-los — apenas uma pequena porção de cada um pode ser obtida em grande quantidade de minério.



(1) Usa motor elétrico com ímãs de terras-raras (2) Usa alto-falantes com ímãs (3) Usa motor elétrico, ligas metálicas, petróleo refinado e outras aplicações de terras-raras

Outras aplicações




Fonte: Senado 2013. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/terras-raras/realidade-brasileira/apesar-de-ter-grandes-reservas-o-brasil-nao-lavra-nem-produz-compostos-de-terras-raras-segundo-estudo-do-centro-de-gestao-e-estudos-energeticos-cgee.aspx>>. Acesso em 13/04/2020.

Etapa 4- Pesquisa direcionada

Tempo estimado: 2 aulas (100 minutos) ou como atividade extraclasse

Desenvolvimento: Oriente os alunos a escolherem dois dispositivos que contêm elementos terras raras, aqueles mostrados na aula anterior, como lâmpada, TV, câmera, notebook, dentre outros, para realização de uma pesquisa sobre os elementos envolvidos no processo de fabricação desses equipamentos, além das características químicas e a localização desses elementos no território brasileiro. Após a pesquisa, se preferir, poderá propor aos alunos o acesso ao *Software Tabela Interativa em Português*, para que os discentes comparem as informações da pesquisa com as contidas na Tabela Periódica virtual². Ao clicar em um dos elementos presentes na tabela interativa, informações sobre como é encontrado na natureza, as principais aplicações no cotidiano e a quantidade existente no Universo, no corpo humano, na Crosta terrestre e no Oceano são disponibilizadas aos alunos, conforme exemplo da Figura 5.

Figura 5: Exemplo das informações presentes na Tabela virtual



La 57
Lantânio

Lentes de Telescópios

Versão PDF para imprimir (tamanho A4)

Quanto do elemento lantânio existe no...

Universo – $2 \times 10^{-7}\%$ da massa (2 ppb)
 Corpo humano – (sem dados disponíveis)
 Crosta terrestre – 0,0034% da massa (34 ppm)
 Oceano – $3,4 \times 10^{-10}\%$ da massa (3,4 ppt)

Onde podemos encontrar o lantânio na natureza?

- é o 29º elemento mais abundante na crosta terrestre
- apesar de ser dito um elemento terra-rara não é necessariamente de ocorrência rara na natureza
- encontrado em minerais monazitas e bastnasitas

Quais são as principais aplicações do elemento lantânio no dia a dia e na indústria?

- em pedras de isqueiro e físcadores para acender fogueira de acampamento
- ligas de lantânio-níquel podem ter aplicação no armazenamento de hidrogênio; com potencial uso em automóveis
- lantânio-203 é usado em vidros especiais
- encontrado em ânodos de baterias tipo níquel metal hidreto
- em lâmpadas de projeção e iluminação; garantem uma luminosidade que imita a luz natural
- La3+ é um marcador biológico para o Ca2+
- lantânio radioativo tem sido testado para radioterapia
- sais de lantânio são usados como catalisadores no refino do petróleo
- em mantas de lâmpadas a gás
- na fabricação de vidros especiais; como em materiais ópticos para telescópios
- adicionado em pequenas quantidades ao aço para aprimorar a maleabilidade, resistência ao impacto e ductilidade
- presente em pequenas quantidades em alguns produtos para piscina que removem fosfatos, impedindo a proliferação de algas

Fontes:

- WolframAlpha

Texto escrito por Prof. Dr. Luís Roberto Brudna Holzle (luisbrudna@gmail.com).

Fonte: HOLZLE, 2017. Disponível em: <<https://www.tabelaperiodica.org/tabela-periodica-com-aplicacoes-dos-elementos-quimicos/>>. Acesso em 10 abr. de 2020.

² Disponível em: <<https://www.tabelaperiodica.org/tabela-periodica-com-aplicacoes-dos-elementos-quimicos/>>

Etapa 5- A luz das terras raras: excitação eletrônica

Tempo estimado: 2 aulas (100 minutos)

Desenvolvimento: Por meio de uma atividade experimental³ (vide roteiro), solicite a turma que se organizem para levar água tônica, caneta marca texto e o celular, no qual será feita uma adaptação na lanterna⁴. Após a experimentação, demonstre aos alunos a importância do conhecimento sobre o espectro eletromagnético, conceitos sobre luminescência (fluorescência e fosforescência) e como esse fenômeno acontece nas telas de celular, TV, *tablete* e lâmpadas. Individualmente, peça para que o aluno escreva como foi a sua experiência ao realizar a atividade prática e qual foi o conhecimento adquirido.

Atividade prática - Fluorescência

Roteiro experimental

Alguns materiais, quando absorvem radiação ultravioleta ou outras formas de radiação, emitem de volta luz visível. Esse fenômeno é chamado de luminescência. Quando a emissão ocorre imediatamente após a incidência da radiação ultravioleta, o fenômeno é chamado de fluorescência; se, por outro lado, a emissão demorar alguns segundos ou até mesmo algumas horas, denomina-se fosforescência. Por exemplo, os interruptores de luz que brilham no escuro baseiam-se na fosforescência.

Materiais

- 1 caneta azul permanente
- fita adesiva
- celular
- 1 caneta marca texto amarela
- 100 mL de água
- 1 caixa de sapato

³ líquido fluorescente- <http://www.manualdomundo.com.br/2011/08/liquido-fluorescente/>

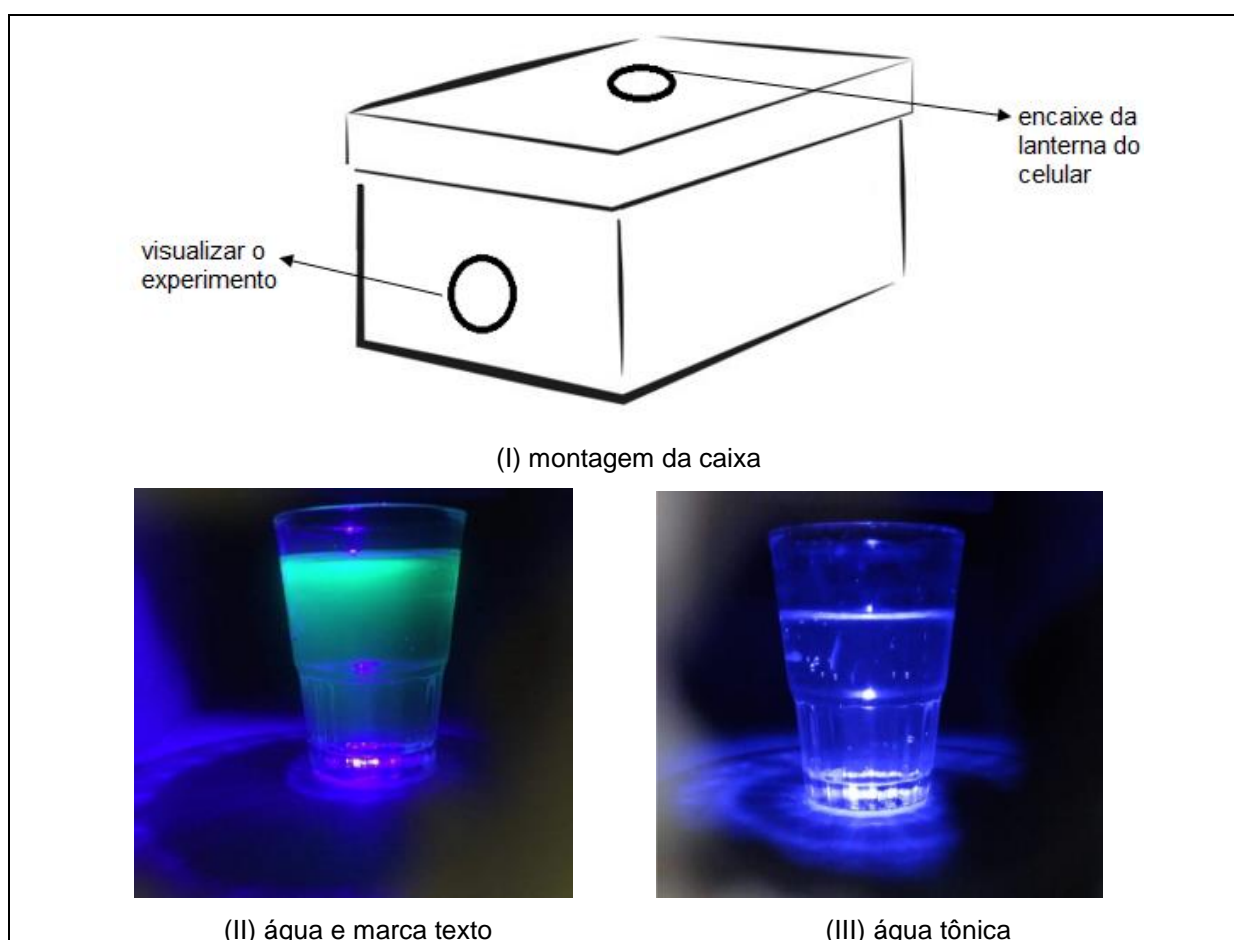
⁴ <http://www.manualdomundo.com.br/2015/01/como-fazer-luz-negra-caseira-usando-celular/>

Procedimentos

- (1) Utilizando a caixa de sapato, faça um furo na tampa (para encaixar a lanterna do celular) e outro furo na parte frontal da caixa para visualizar o líquido que será iluminado dentro da caixa.
- (2) Recorte 5 pedaços pequenos de fita adesiva que serão colados na lanterna do celular. Cole a primeira fita e pinte-a com caneta azul. Cole a segunda fita sobre a primeira e pinte novamente, continue até finalizar a quinta fita.
- (3) Retire a carga da caneta marca texto amarela e dissolva em um copo (béquer) com cerca de 200 mL de água, reserve.
- (4) Coloque a água tônica em outro copo (béquer), reserve.
- (5) Insira dentro da caixa o copo que contém a solução da tinta marca texto. No furo da tampa coloque a lanterna do celular acionada. Observe pelo furo frontal da caixa o líquido iluminado no interior da caixa. Repita o procedimento com o copo que contém a água tônica.

A figura 6 ilustra a montagem da caixa para realização do experimento e a luz emitida das soluções testadas.

Figura 6: Exemplo da atividade experimental realizada



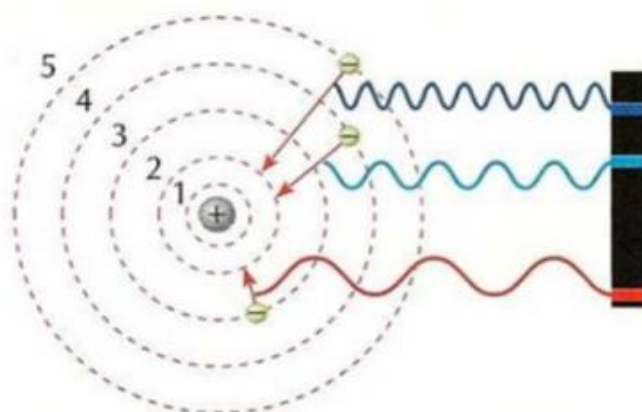
Fonte: própria.

Explicação

Ao término do experimento sugerimos que o(a) professor(a) discuta com a turma os conceitos científicos envolvidos, tais como: excitação eletrônica; regiões do espectro eletromagnético; luminescência (fluorescência e fosforescência).

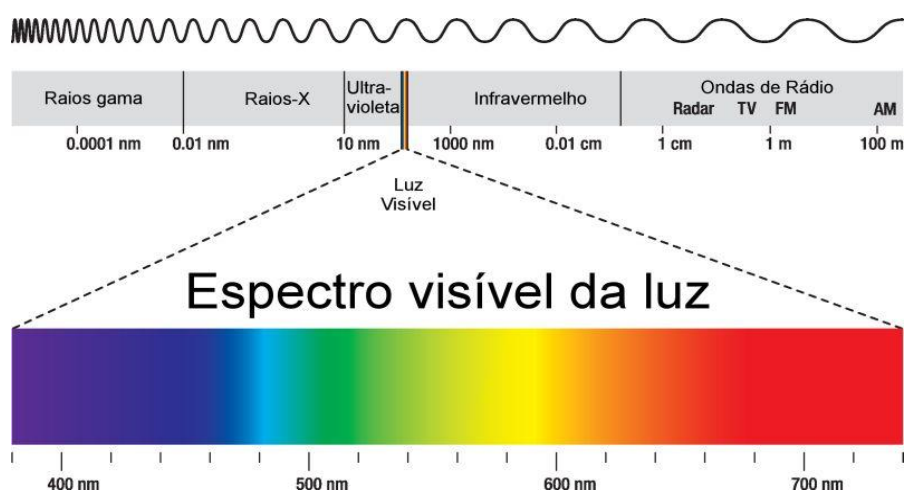
Você pode utilizar o modelo atômico de Bohr (Figura 7) para o entendimento da excitação eletrônica.

Figura 7: três dos possíveis saltos quânticos de um elétron no átomo de hidrogênio



Fonte: Disponível em: <<https://www.slideshare.net/newtondasilva/aula-4-modelo-atmico-de-bohr>>. Acesso em 24 abr. 2020.

A luz negra consiste em uma radiação ultravioleta combinada com a luz visível de cor violeta. A lanterna do celular emite a luz branca, que nada mais é que a junção das cores visíveis contidas no espectro eletromagnético (Figura 8). Quando utilizamos a cor azul da caneta permanente, ela encobre praticamente todas as cores visíveis e deixa passar pela fita adesiva uma pequena parte da luz visível violeta e a luz invisível ultravioleta. Quando a luz da lanterna adaptada é incidida na solução, há a absorção da radiação UV e emissão da radiação em outro comprimento de onda, na região visível, detectada pelo olho humano.

Figura 8: Espectro eletromagnético

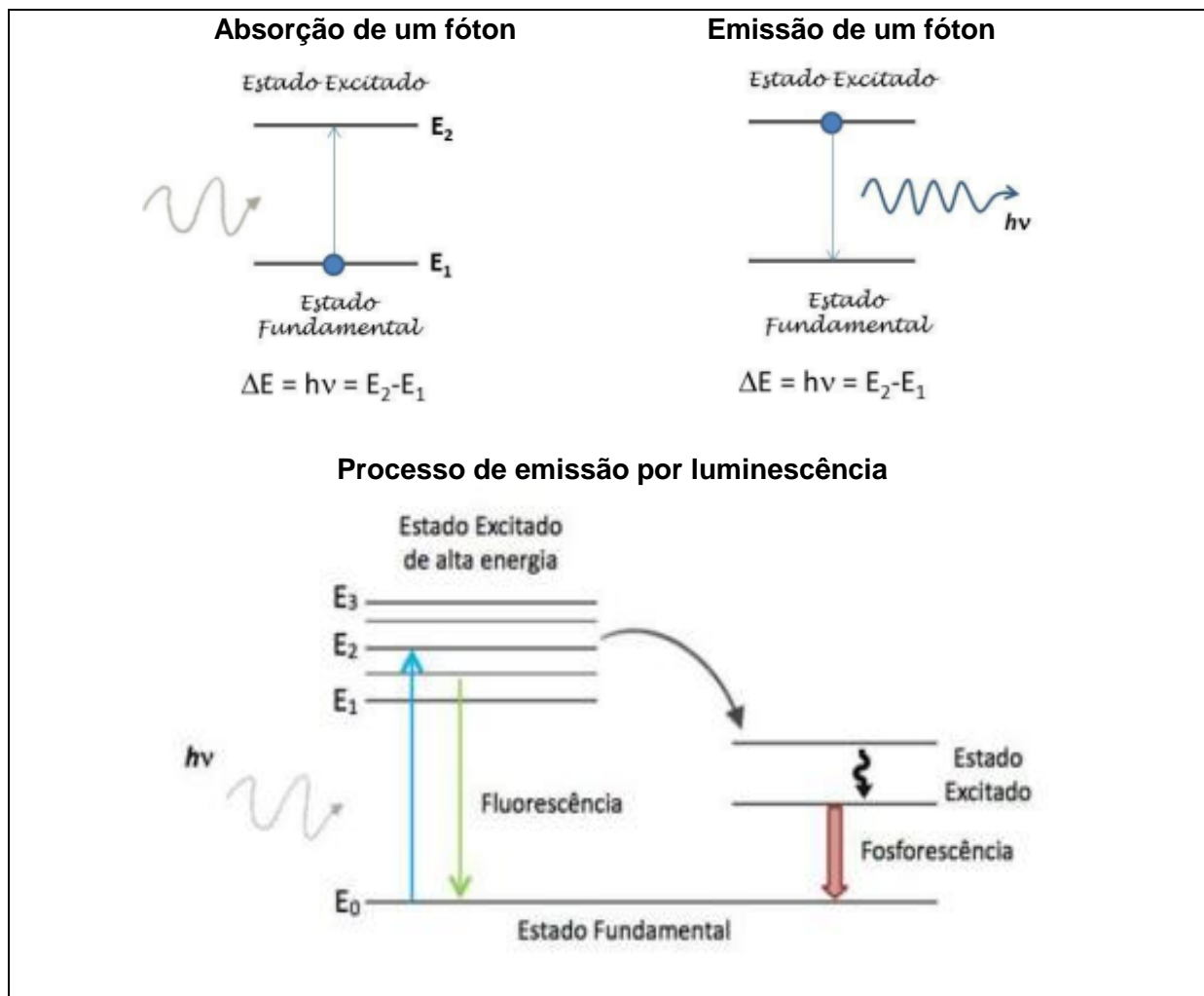
Fonte: CARVALHO, 2006. Disponível em: <Shutterstock.com>. Acesso em: 24 abr. 2020.

O fenômeno observado nas duas soluções é o da fluorescência, um tipo de luminescência. Você pode atingir os mesmos resultados utilizando outros materiais para o experimento, como por exemplo, o sabão em pó. Para demonstrar a fosforescência você pode utilizar enfeites que brilham no escuro como pulseiras de neon ou mesmo usar interruptores de luz.

A luminescência é utilizada para caracterizar os diferentes tipos de emissões de luz não incandescentes (sem calor), como a fluorescência, a fosforescência, a quimiluminescência e a bioluminescência, por exemplo. Devido à transição eletrônica, é capaz de emitir luz entre 400 e 700 nm (região visível do espectro eletromagnético).

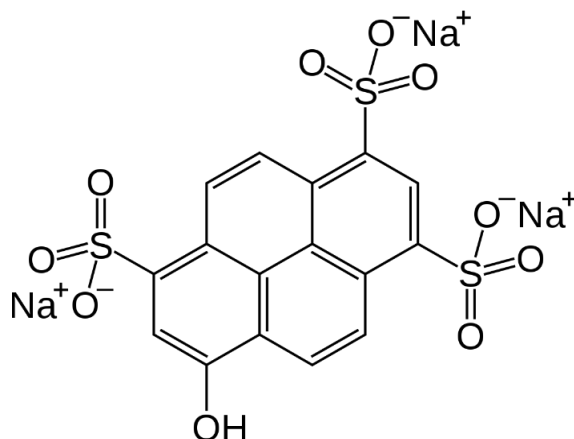
Este experimento tem o intuito apresentar aos alunos conceitos referentes aos processos de emissão de luz do tipo fluorescência e fosforescência, mas não impede o aprofundamento, durante as suas aulas, dos outros tipos de emissões. A experimentação prioriza a fluorescência por ser característica de alguns elementos TR, como o íon Tb^{+3} , utilizado na fabricação de lasers e lume de relógios e o Eu^{+3} para ativar a cor verde em televisores coloridos. Quando falamos de excitação eletrônica (Figura 9), na fluorescência, ocorre a emissão do fóton e a espécie excitada retorna ao estado fundamental, já na fosforescência, a espécie excitada sofre um decaimento para um nível intermediário de energia e ao retornar para o fundamental emite luz (SERRA; LIMA; FILHO, 2015).

Figura 9: Transição eletrônica com absorção e emissão e a emissão por luminescência.



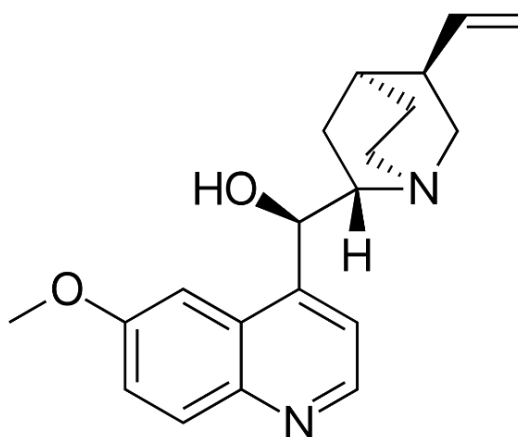
Fonte: Adaptado de SERRA; LIMA; FILHO, 2015

Na solução contendo marca texto e água, foi utilizado marca texto amarelo, nele contém uma substância chamada piranina (8 hidroxipireno- 1,3,6- trissulfonato de trissódio), estrutura representada na figura 10. Essa substância é um corante fluorescente que sob a luz comum apresenta coloração amarelada e quando submetido à luz ultravioleta, emite cor esverdeada.

Figura 10: Estrutura da Piranina

Fonte: Disponível em: <<https://it.wikipedia.org/wiki/Piranina#/media/File:Pyranine.svg>> Acesso em 26 abr. 2020.

Na outra solução, 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. A molécula do quinino está representada na figura 11.

Figura 11: Estrutura do quinino

Fonte: Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Quinina#/media/Ficheiro:Quinine.png>>. Acesso em 26 abr. 2020.

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 conferem 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)

O sistema baseado nas três cores primárias (vermelho, verde e azul), conhecido como RGB (red, green, blue) é 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);

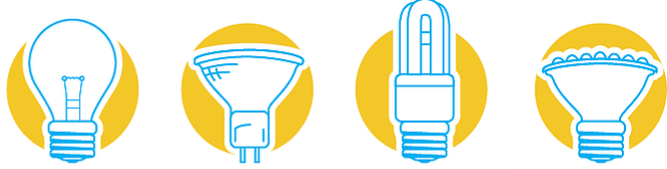
$\text{Tb}^{3+} \Rightarrow$ emissão em 550 nm (verde)

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

Visto a crescente utilização 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, durante a sua aula, a extração mineral para obtenção desses elementos, a qual 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”.

Caso queira ampliar a discussão, pode ser explicado em aula o funcionamento de cada tipo de lâmpada e o seu rendimento, conforme ilustração da Figura 12.

Figura 12: 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.retecjr.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 17 de jun de 2018.

Para saber mais sobre luminescência e experimentação, sugerimos a leitura do artigo:

1- “Fluorescência e estrutura atômica: Experimentos simples para abordar o tema”, das autoras Ana Luiza Petillo Nery e Carmen Fernandez. Publicado na Revista Química nova na escola. n. 19, maio 2004.

Disponível no link: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/19-a12.pdf>

2- “Luz e as Terras Raras”, dos autores Serra, O. A.;* Lima, J. F.; de Sousa Filho, P. C. Publicado na Rev. Virtual Quim., 2015, 7 (1), 242-264. Data de publicação na Web: 28 de outubro de 2014.

Disponível no link: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v7n1a12.pdf>

Etapa 6 - Resíduo eletrônico

Tempo estimado: 3 aulas (150 minutos)

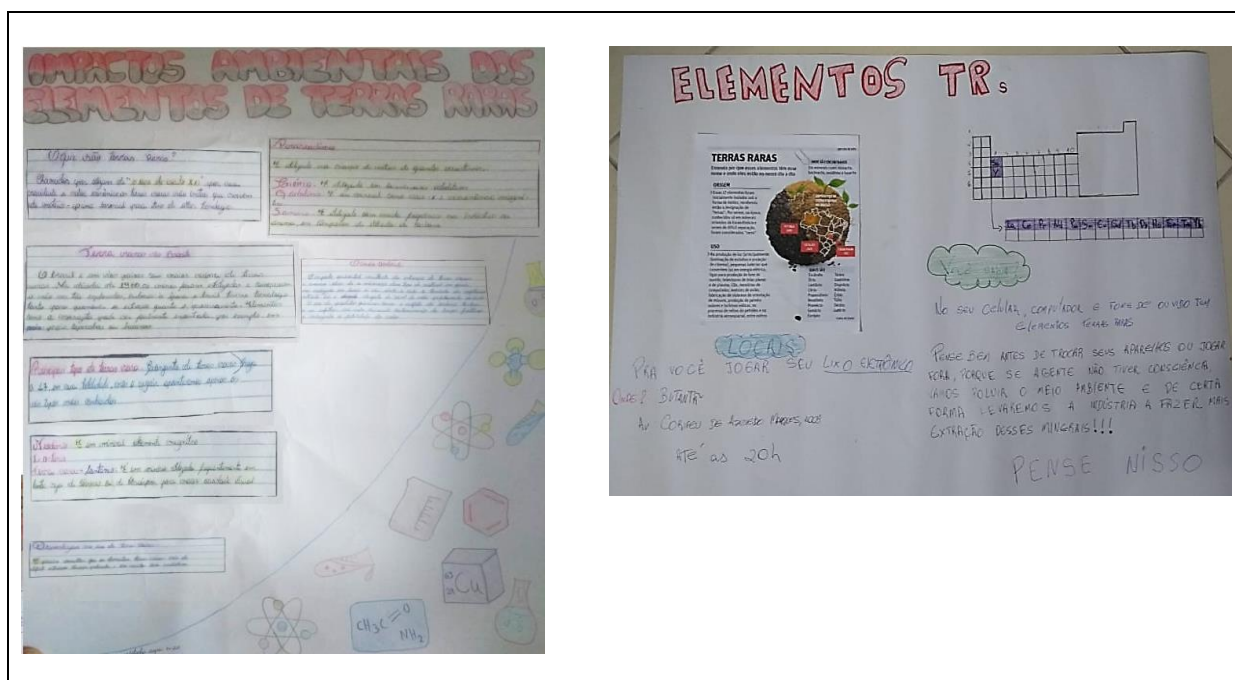
Desenvolvimento: Você precisará de equipamentos áudio visuais, como computador, projetor e caixa de som para exibir o vídeo da Rede Amazon Sat⁵ sobre: “a importância do descarte correto do resíduo eletrônico”, trata-se de uma reportagem jornalística sobre os impactos causados ao meio ambiente e à sociedade devido ao descarte incorreto de resíduos eletrônicos e a importância de

⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=F8f8Di3O8ic>

sua destinação adequada. Após o vídeo, faça uma discussão com a turma, estimulando o pensamento crítico sobre o consumo exagerado de eletroeletrônicos, você pode utilizar os resultados do questionário inicial para demonstrar a influência da mídia e a importância da responsabilidade ambiental.

Você também poderá mediar a construção de um mural com as informações que os alunos consideraram mais importantes da SD, os quais devem se relacionar aos aspectos positivos e negativos da utilização dos elementos TR. Este mural poderá ser exposto à comunidade escolar. A seguir, alguns exemplos de cartazes construídos pelos alunos durante a sequência validada (Figura 13).

Figura 13: Exemplos de Cartazes



Fonte: Própria

Considerações Finais

A SD deste Produto Educacional, elaborada com base nos pressupostos da abordagem CTS, procura contribuir para o entendimento da importância de tratar conceitos químicos pertinentes à realidade do aluno, visto que a articulação Ciência-Tecnologia- Sociedade objetiva a alfabetização científica e tecnológica para exercer a cidadania (SANTOS e SCHNETZLER, 2014), a fim de desenvolver nos alunos, a capacidade da leitura de mundo para transformá-lo, utilizando a ciência para melhorar a vida no planeta (CHASSOT, 2003).

Por isso, é essencial como docente, buscar nas inter-relações CTS a reflexão sobre a prática desenvolvida em sala de aula, as formas de ação, o processo e seus resultados, destacando que ensinar não é simplesmente transmitir aos alunos aquilo que sabemos, mas sim compartilhar saberes a fim de informar e formar para a cidadania.

Esperamos que essa intervenção auxilie em suas aulas de Química, aperfeiçoando suas estratégias didáticas e instiguem a criação de novos trabalhos no âmbito CTS. A SD proposta aborda conteúdos relevantes sobre mineração e elementos terras raras, mas não apenas conceituais, já que viabiliza discussões com os discentes sobre questões relacionadas à preservação ambiental, além de tomadas de decisões conscientes quanto ao uso e descarte de materiais eletroeletrônicos.

Como uma proposta, a SD poderá ser aperfeiçoada ou adaptada de acordo com a sua realidade escolar, de modo que seus alunos sejam motivados a aprender química e a refletirem sobre questões éticas, políticas, culturais, econômicas e ambientais, pois a aprendizagem de Ciência contribui para formação do indivíduo, para que ele possa atuar como cidadão e seja capaz de construir seus próprios conhecimentos.

Referências

- AULER, D; BAZZO, W.A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto Brasileiro. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.1-13, 2001.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação**: Lei nº 9.394/96 – 24 de dez. 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. ed. 7. Brasília, 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – BNCC 2ª versão**. Brasília, DF, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. 2000. Acesso em: 06 de junho 2018.
- CABRAL, W. F. **Os lantanídeos e o ensino médio**: uma proposta. 2014 (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto de Química da Universidade de Brasília. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/8081/1/2014_WanessaFelixCabral.pdf>. Acesso em 10 fev. 2019.
- FILHO, P. C. S.; SERRA, O. A. **Terras Raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas**. *Quim. Nova*, v. 37, n. 4, 753-760, 2014.
- FILHO, P. S.; GALAÇO, A. R. B.S.;e SERRA, O. A. Terras Raras: Tabela Periódica, descobrimento, exploração no Brasil e aplicações. **Quim. Nova**, v. 42, n. 10, 1208-1224, 2019.
- LAPIDO-LOUREIRO, F. E. **O Brasil e a reglobalização da indústria das terras raras**. CETEM / MCTI. Rio de Janeiro, 2013. 216 p. Disponível em: <cetem.gov.br>. Acesso em: 20 agosto 2018.
- MAROQUIO, V. S.; PAIVA, M. A. V.; FONSECA, C. O. Sequências didáticas como recurso pedagógico na formação continuada de professores. **X Encontro Capixaba de Educação Matemática**. Vitória – ES, Ifes & Ufes, 23 a 25 de julho de 2015.
- 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.

MARTINS, C.; LIMA, P. C. R.; TEIXEIRA, L. S.; TEIXEIRA, M. P.; FILHO, A. P. Q. **Minerais estratégicos e terras-raras**. Brasília: Câmara dos Deputados, edições câmara, 2014.

MIRANDA JUNIOR, P. **Síntese, caracterização e estudo termoanalítico de picratos de lantanídeos hidratados, dos ligantes 1,3-ditiano-1-óxido (DTSO), cis-1,3-ditiano-1,3-dióxido (cis-DTSO₂) e trans-1,3-ditiano-1,3-dióxido (trans-DTSO₂) e de seus compostos de adição**. 2000. Tese (Doutorado em Química Inorgânica) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. doi:10.11606/T.46.2019.tde-07062019-093709. Acesso em: 17 mar 2020.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Waste crime: waste risks gaps in meeting the global waste challenge. 2015. **Executive Summary**. UNEP. Disponível em: <<https://www.grida.no/publications/166>>. Acesso em: 19 agosto 2018.

ROCIO, M. A. R.; SILVA, M. M.; CARVALHO, P, S, L.; CARDOSO, J. G. R. **Terras-raras: situação atual e perspectivas**. Biblioteca digital BNDES Setorial 35, p. 369 – 420. 2012. Disponível em: < https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1527/1/A%20set.35_Terras-raras%20situa%C3%A7%C3%A3o%20atual%20e%20perspectivas_P.pdf>. Acesso em: 22 de janeiro de 2020.

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

SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 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”. **Ensaio**. v. 02, n. 2, p. 1-23, 2002.

SENADO. Terras-Raras: estratégia para o futuro. **Revista de audiências públicas do Senado Federal**. Ano 4, n. 17, setembro de 2013. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/terras-raras/realidade-brasileira/apesar-de-ter-grandes-reservas-o-brasil-nao-lavra-nem-produz-compostos-de-terras-raras-segundo-estudo-do-centro-de-gestao-e-estudos-energeticos-cgee.aspx>>. Acesso em 02/12/2017.

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. DOI: 10.5935/1984-6835.20150012