



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
LICENCIATURA EM FÍSICA

LIDIANE VIZIOLI DE CASTRO HOSHINO

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE FLUORESCÊNCIA NO
ENSINO MÉDIO**

MARINGÁ – PR
2018

LIDIANE VIZIOLI DE CASTRO HOSHINO

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE FLUORESCÊNCIA NO
ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de Licenciada em Física.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Antonio Custódio de Melo

MARINGÁ

2018

LIDIANE VIZIOLI DE CASTRO HOSHINO

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE FLUORESCÊNCIA NO
ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de Licenciada em Física.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Antônio Custódio de Melo

BANCA EXAMINADORA:

Professor Dr. Maurício Antônio Custódio de Melo - Orientador
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Professora Dra. Francielle Sato
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Professor Dr. Gutierrez Rodrigues de Moraes
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Maringá, 14 de novembro de 2018

“Educação não transforma o mundo. Educação muda pessoas. Pessoas transformam o mundo.”

(Paulo Freire)

Agradecimentos

A Deus, por abrir meus caminhos para mais uma conquista.

Ao meu marido, Henrique, por todo seu amor e paciência.

A minha mãe e meu pai "*in memoriam*", que sempre me apoiaram e me incentivaram em todos os meus passos.

As minhas irmãs e cunhados, por todo incentivo, amizade e companheirismo.

Ao professor Maurício, por quem tenho profunda admiração e respeito desde o meu primeiro ano da graduação, pela sua orientação, paciência e ajuda prestada durante a realização deste trabalho.

Aos amigos que fiz na licenciatura, que tornaram esses dois anos mais divertidos.

Aos professores Gardelli, Luciano e Ricardo que foram fundamentais na minha formação.

E a todos os demais que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação.

Resumo

Diante da situação em que se encontra o ensino de Física nos dias hoje, faz-se necessário repensar as metodologias adotadas em sala de aula de maneira a tornar as aulas mais atrativas e interessantes. Os Parâmetros Curriculares Nacionais propõe, não só para o ensino médio, mas também para o terceiro e o quarto ciclo do ensino fundamental, o estudo dos conceitos de ondas, inclusive das ondas eletromagnéticas. Conceitos de luminescência são geralmente não estudados. Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de utilização de experimentos simples de luminescência no ensino médio. Levando em consideração os fenômenos físicos envolvidos é possível trabalhar a interação da radiação eletromagnética com a matéria, e sua relação com o cotidiano. Buscamos desenvolver esse objetivo apresentando uma sequência de experimentos simples que podem ser utilizados pelos professores de física em suas aulas.

Palavras chave: Física experimental, radiação eletromagnética, fluorescência.

Lista de figuras

Figura 1: Representação esquemática de uma onda (Disponível em: https://www.todamateria.com.br/ondas/ . Acessado em: 20/09/2018).	11
Figura 2: Representação esquemática de uma onda eletromagnética. O campo elétrico E , campo magnético B e a direção de propagação da onda com velocidade v são representados em azul, vermelho e preto, respectivamente (Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica#/media/File:Onde_electromagnetique.svg . Acessado em: 20/09/2018).....	12
Figura 3: Espectro eletromagnético (Disponível em: https://www.todamateria.com.br . Acessado em: 20/09/2018).	13
Figura 4: Representação da sequência de etapas que levam a fluorescência (Adaptada (PIMENTEL, SAAD, et al., 2014)).	15
Figura 5: Modelo para a estrutura de um átomo (SILVA, 2016).	17
Figura 6: (A) O elétron “salta” do nível de menor energia para o nível de maior energia quando absorve um fóton de energia; (B) O elétron retorna do nível de menor energia, emitindo um fóton de energia (SILVA, 2016).	17
Figura 7: Componentes utilizados para confecção da fonte de radiação: (A) Caixa para montagem; (B) LEDs; (C) Suporte para pilhas AA e pilhas; (D) Chave alavanca; (E) Suporte para LEDs.....	21
Figura 8: (A) Parafuso; (B) Estilete; (C) Caixa perfurada para acoplar os suportes para LEDs; (D) Caixa perfurada para acoplar a chave alavanca.....	22
Figura 9: LEDs e chave alavanca conectados aos fios do suporte para pilhas e encapados com fita isolante.....	22
Figura 10: Espectro de emissão do LED.....	23
Figura 11: (A) Luz negra; (B) Conector macho; (C) Soquete de cerâmica; (D) Fio.....	24
Figura 12: Fio com o conector macho e o soquete de cerâmica.	24
Figura 13: Espectro de emissão da luz negra.	25
Figura 14: (A) Água tônica; (B) Água tônica na luz visível.....	29
Figura 15: (A) Água tônica iluminada pelo LED; (B) Água tônica iluminada pela luz negra.	30
Figura 16: (A) Folhas verdes; (B) Copo contendo 50ml de álcool; (C) Copo com álcool e as folhas verdes picadas; (D) Solução de clorofila.	30
Figura 17: (A) Solução de clorofila iluminado pelo LED; (B) Solução de clorofila iluminado pela luz negra.	31
Figura 18: (A) Alvejante vanish; (B) Alvejante na luz visível.....	32
Figura 19: (A) Alvejante iluminado pelo LED; (B) Alvejante iluminado pela luz negra.	32

Sumário

1. Introdução	9
1.1 Objetivos.....	10
2. Fundamentação Teórica.....	11
2.1 Ondas: Conceitos básicos	11
2.2 Ondas eletromagnéticas	12
2.3 Interação da radiação eletromagnética com a matéria	13
2.4 Luminescência.....	14
2.4.1 Fluorescência	15
2.4.2 Fluorescência no ensino de física	15
2.4.3 Níveis de energia e transições eletrônicas	16
3. Metodologia.....	19
3.1 Amostras.....	19
3.1.1 Água tônica	19
3.1.2 Folhas verdes.....	19
3.1.3 Alvejante	19
3.2 Cubeta	20
3.3 Montagem experimental	20
3.4 Montagem da fonte de radiação utilizando LED	20
3.5 Montagem da fonte de radiação utilizando luz negra.....	23
3.6 Sequência didática.....	25
3.6.1 Apresentação e contexto.....	25
3.6.2 Justificativa.....	25
3.6.3 Objetivos	25
3.6.4 Papel do professor	26
3.6.5 Metodologia.....	26
3.6.6 Recursos didáticos	26
3.6.7 Procedimento	26
3.6.8. Esquema de organização da sequência didática	27
4. Resultados e Discussão	29
4.1 Experimento 1: Água tônica.....	29
4.2 Experimento 2: Clorofila.....	30
4.3 Experimento 3: Alvejante	31
5. Considerações finais	33

6. Referências	34
----------------------	----

1. Introdução

O ensino de física, geralmente, é construído em torno de modelos teóricos e conceitos abstratos que dificultam a compreensão e fixação dos conceitos pelos alunos. A utilização da experimentação no processo de ensino e aprendizagem é considerada um importante recurso didático, e tem sido apontada por professores e alunos como uma das maneiras mais produtivas de diminuir as dificuldades de se aprender física. Contudo, em física moderna, a dificuldade de se trabalhar com a experimentação esta no elevado custo dos equipamentos e laboratórios específicos para a realização das atividades (CAVALCANTE e TAVOLARO, 2001) (PENA e FILHO, 2009) (KELLY, ROCHA e GERMANO, 2017).

Motivar o aluno para o estudo proporcionando condições favoráveis para o gostar e para o aprender, esta relacionado com a sua percepção da importância para a sua formação e para a vida, sendo importante relacionar os conteúdos desenvolvidos em sala de aula com o dia a dia do aluno (BONADIMAN e NONENMACHER, 2007)

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) propõe o estudo da matéria e radiação, aprendendo sobre as radiações e seus diferentes usos. Assim, é importante trabalhar a interação da radiação eletromagnética com a matéria, e sua relação com o cotidiano. Portanto, conceitos de luminescência são importantes dentro deste contexto, mas geralmente não estudados.

Em nosso cotidiano são encontrados fenômenos de luminescência em materiais e substâncias, que vão desde o reconhecimento de minerais e autenticação de documentos até efeitos visuais utilizados em festas, placas de transito, ponteiros de relógios, *drinks* em casas noturnas, entre outros. Estes materiais quando expostos a diferentes fontes de iluminação, propagam luz em outro comprimento de onda, formando um tipo de fenômeno óptico conhecido como luminescência (PIMENTEL, SAAD, *et al.*, 2014).

O fenômeno de luminescência pode ser demonstrado facilmente em sala de aula utilizando materiais de baixo custo e que necessitem de pouco ou nenhum preparo, tornando a aula mais atrativa para o aluno.

A apresentação de experimentos fora do contexto podem ter pouco valor didático. Por isso foi elaborado uma sequência didática para contextualizar, explicar e aprofundar os conhecimentos.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral ensinar física moderna, interação de fótons com a matéria, no ensino médio por meio do fenômeno de luminescência, para isto foram desenvolvidos experimentos simples e elaborada uma pequena sequência didática.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Ondas: Conceitos básicos

As ondas são classificadas, de acordo com sua natureza, em mecânicas ou eletromagnéticas. As ondas mecânicas são aquelas que necessitam de um meio material para se propagar, sua propagação depende da elasticidade do meio e envolve transporte de energia cinética e potencial, por exemplo, as ondas sonoras. As ondas eletromagnéticas não dependem de um meio para se propagarem, são ondas geradas por cargas elétricas oscilantes, por exemplo, a luz visível (YOUNG e FREEDMAN, 2009) (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012).

As grandezas utilizadas para caracterizar as ondas são: frequência (f), comprimento de onda (λ), amplitude (A), velocidade (v) e período (T) (Figura 1). A frequência corresponde ao número de oscilações da onda em um determinado intervalo de tempo. O comprimento de onda é a distância entre duas cristas ou dois vales sucessivos. A amplitude corresponde à intensidade da onda. A velocidade depende do meio em que a onda está se propagando, ou seja, quando uma onda muda o meio de propagação, a sua velocidade muda. O período corresponde ao intervalo de tempo que é necessário para que um ponto vibrante percorra um ciclo completo (PIETROCOLA, POGIBIN, *et al.*, 2010) (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012).

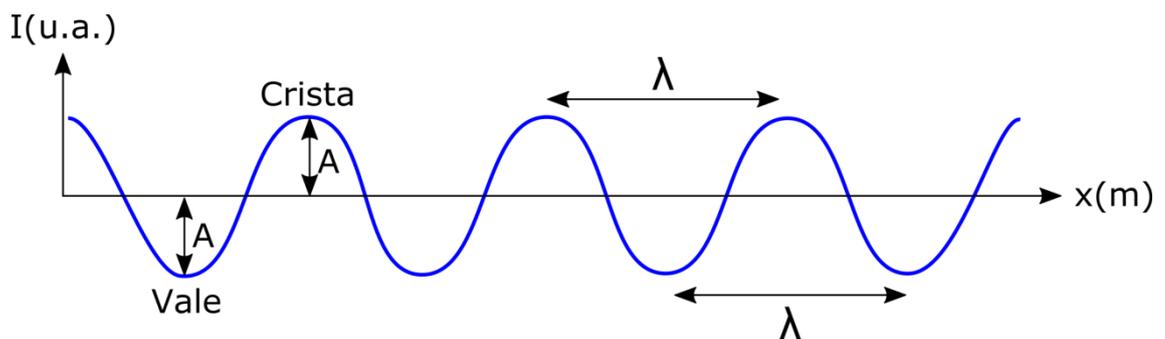


Figura 1: Representação esquemática de uma onda (Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/ondas/>. Acessado em: 20/09/2018).

As ondas podem ser classificadas de acordo com sua direção de propagação. As ondas que se propagam em uma direção são chamadas de ondas unidimensionais, em duas direções são chamadas de ondas bidimensionais, e as ondas que se propagam em todas as direções possíveis

são chamadas de ondas tridimensionais (PIETROCOLA, POGIBIN, et al., 2010).

De acordo com a direção de vibração as ondas são divididas em duas categorias: ondas longitudinais e ondas transversais. Nas ondas longitudinais a vibração da fonte é paralela ao deslocamento da onda, já nas transversais a vibração é perpendicular à propagação da onda (PIETROCOLA, POGIBIN, et al., 2010) (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012).

2.2 Ondas eletromagnéticas

Uma onda eletromagnética é produzida como resultado de oscilações entre campos elétricos e campos magnéticos, ambos perpendiculares entre si e perpendiculares a sua propagação, como mostrado na Fig. 2 (PIETROCOLA, POGIBIN, et al., 2010).

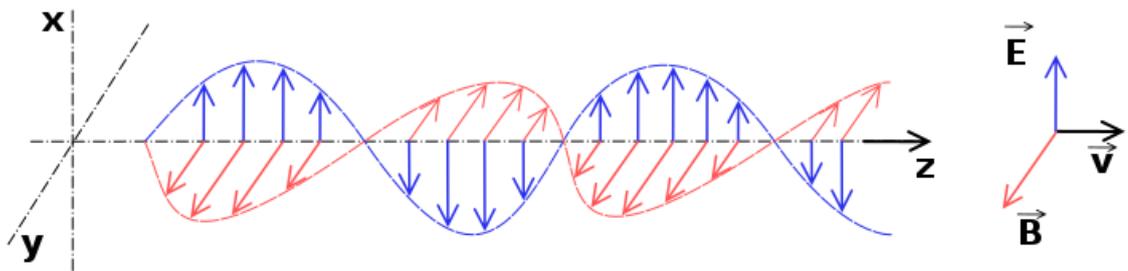


Figura 2: Representação esquemática de uma onda eletromagnética. O campo elétrico \vec{E} , campo magnético \vec{B} e a direção de propagação da onda com velocidade \vec{v} são representados em azul, vermelho e preto, respectivamente (Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica#/media/File:Onde_electromagnetique.svg. Acessado em: 20/09/2018).

Ondas de rádio, micro-ondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, raios-x e raios gama são ondas eletromagnéticas, caracterizadas por diferentes frequências e comprimento de onda, com exceção da luz visível, são todas invisíveis a olho nu. Ao conjunto desses sete tipos de onda é dado o nome de espectro eletromagnético (Fig. 3) (PIETROCOLA, POGIBIN, et al., 2010) (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012)

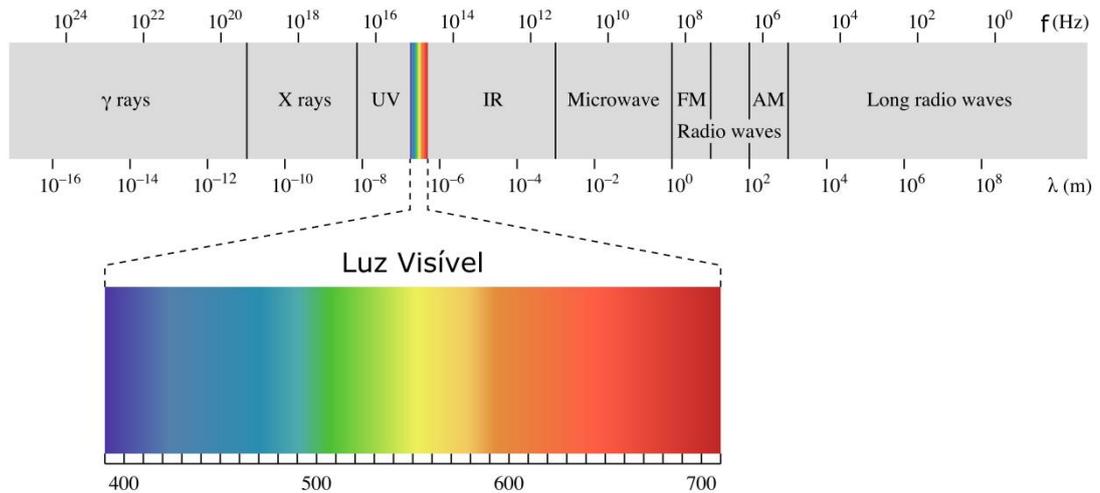


Figura 3: Espectro eletromagnético (Disponível em: <https://www.todamateria.com.br>. Acessado em: 20/09/2018).

2.3 Interação da radiação eletromagnética com a matéria

Quando uma onda ao se propagar encontra certo meio, como uma superfície que separa duas regiões diferentes ou um obstáculo, esta interage com ele gerando alguns comportamentos específicos. A luz incidente sobre um material pode ser refletida, refratada, dispersada, absorvida, entre outros (ITO, BERARDI e PAZIN, 2016).

A luz é refletida quando ao incidir uma região, que separa dois meios, retorna se propagando no mesmo meio anterior. Isto ocorre quando a frequência da luz que incide no material apresenta uma frequência de oscilação acima ou abaixo do natural, a vibração das cargas elétricas da superfície do material ocorre com pequena amplitude, gerando poucas colisões com os átomos e moléculas da vizinhança. Por esse motivo, a transferência de energia da onda incidente para a matéria é praticamente nula, resultando na reemissão de uma onda eletromagnética com frequência muito próxima da radiação incidente (PIETROCOLA, POGIBIN, *et al.*, 2010) (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012).

A refração ocorre quando a luz ao incidir em uma região, que separa dois meios, atravessa passando a se propagar no outro meio. Isto ocorre em materiais transparentes, as ondas são absorvidas e reemitidas pelos átomos ou

moléculas do material atravessando-o completamente. Porém, esta travessia gera um pequeno atraso na propagação, resultando no seu desvio ao mudar de meio (PIETROCOLA, POGIBIN, *et al.*, 2010) (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012).

A dispersão da luz ocorre quando ao encontrar um obstáculo, parte da energia da onda é transmitida e parte é refletida. Isto ocorre durante a refração no interior de um material, no qual cada componente da luz se propaga com velocidades diferentes no meio, emergindo com ângulos diferentes, resultando na separação das cores (PIETROCOLA, POGIBIN, *et al.*, 2010).

A absorção ocorre quando a luz ao incidir em um material, parte da energia da radiação incidente é absorvida transferindo energia para o mesmo. Se a frequência dessa onda for igual a frequência de oscilação natural das cargas que compõem os átomos ou moléculas, as partículas do corpo entram em ressonância e passam a vibrar com máxima amplitude, gerando um grande número de colisões com as outras partículas da vizinhança, resultando na dissipação de energia da radiação incidente (PIETROCOLA, POGIBIN, *et al.*, 2010).

2.4 Luminescência

A luminescência é o fenômeno no qual espécies químicas (luminóforos) emitem radiação, quando sofrem uma transição radiativa de um nível de energia para outro, é resultado da interação entre a radiação eletromagnética e a matéria, na região do ultravioleta e do visível (HURTUBISE, 1990) (LEE, LU e POWERS, 2005). A detecção e análise dessa emissão constituem a espectroscopia de luminescência (ITO, BERARDI e PAZIN, 2016). A luminescência estimulada pela absorção de radiação é denominada fotoluminescência, a qual se divide em fluorescência e em fosforescência (HURTUBISE, 1990) (LEE, LU e POWERS, 2005).

Na fluorescência, a emissão espontânea da radiação ocorre alguns poucos segundos após a radiação excitadora desaparecer, entre 10^{-10} a 10^{-7} segundos. Na fosforescência, a emissão espontânea persiste durante intervalos de tempo longos depois da excitação, entre 10^{-6} a 10^{-1} segundos (ATKINS e PAULA, 2008) (ITO, BERARDI e PAZIN, 2016).

2.4.1 Fluorescência

A fluorescência é o tipo de luminescência mais conhecido, neste processo a luz absorvida transporta átomos ou moléculas da amostra para um estado eletrônico excitado, de energia maior que o estado fundamental. No retorno ao estado fundamental a energia excedente é emitida na forma de radiação eletromagnética, podendo ocorrer em sistemas químicos gasosos, líquidos e sólidos (Fig. 4) (ATKINS e PAULA, 2008).

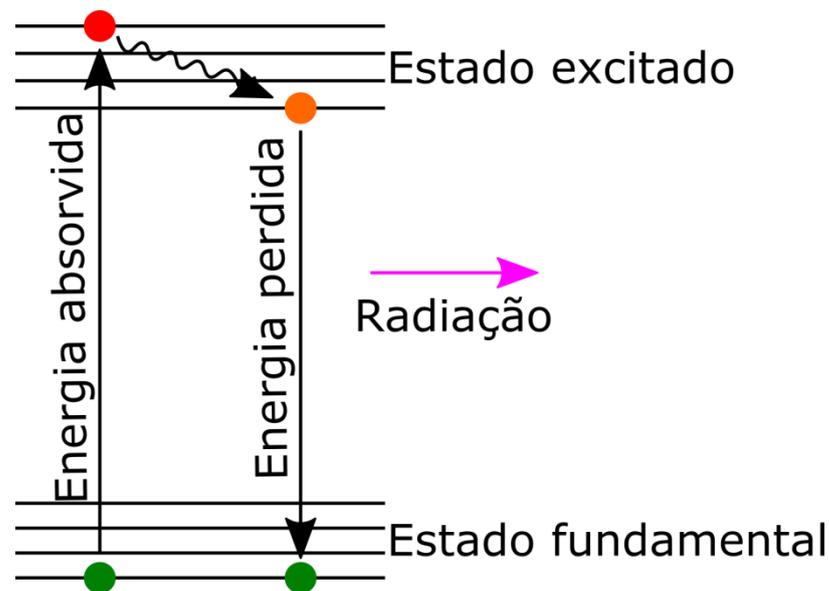


Figura 4: Representação da sequência de etapas que levam a fluorescência (Adaptada (PIMENTEL, SAAD, et al., 2014)).

O fenômeno de fluorescência pode ser facilmente demonstrado utilizando materiais acessíveis como a água tônica, a clorofila presente nas folhas verdes e alvejantes (MIRANDA, 2008) (SILVA, 2016).

2.4.2 Fluorescência no ensino de física

A utilização da experimentação, na área do ensino de ciências, como processo de ensino e aprendizagem é muito discutida. Muitos investigadores acreditam que a experimentação exerce um papel importante no ensino de disciplinas científicas, representando um importante recurso didático, além de tornar as aulas mais atraentes e motivadoras (WESENDONK, 2016) (KELLY, ROCHA e GERMANO, 2017).

Na literatura encontramos muitas propostas de como trabalhar este tema no ensino médio. Silva e colaboradores (2014) propõem uma atividade experimental abordando a emissão da luz por saltos eletrônicos, relacionando o modelo de Bohr, incandescência, fluorescência e fosforescência com o cotidiano dos alunos (SILVA, BRAIBANTE, *et al.*, 2014).

Cavalcante e Tavano (2002) em seu trabalho propõe a construção de um espectroscópio de baixo custo, utilizando um CD como grade de difração. O trabalho aborda a utilização do espectroscópio na discussão da natureza da luz (CAVALCANTE e TAVOLARO, 2002).

Sartori e Loreto (2009) propõe a construção de um medidor de fluorescência, permitindo uma análise quantitativa do fenômeno. O equipamento foi utilizado no estudo de níveis de energia, orbitais moleculares e a interação entre a radiação e água tônica e água salgada combinada em diferentes proporções (SARTORI e LORETO, 2009).

Pimentel e colaboradores (2014) propõe em seu trabalho a observação do fenômeno de fluorescência utilizando uma luz negra em materiais do dia a dia, como dentes, unhas e refrigerantes (PIMENTEL, SAAD, *et al.*, 2014).

2.4.3 Níveis de energia e transições eletrônicas

A ideia atual de estrutura atômica, como o átomo sendo uma unidade básica da matéria que consiste de um núcleo central envolto por elétrons, foi desenvolvida ao longo de anos por meio de diferentes hipóteses. John Dalton (1766-1844) acreditava que o átomo era similar a uma bola de bilhar, ou seja, esférico, maciço e indivisível. Joseph John Thomson (1856-1940) defendeu a hipótese de que o átomo era uma esfera de carga elétrica positiva com elétrons presos nela.

Niels Bohr em 1913 formulou o modelo planetário do átomo. Para Bohr o átomo é constituído de um núcleo central com prótons e nêutrons, e rodeado por elétrons (Fig. 5) (NERY e FERNANDEZ, 2004).

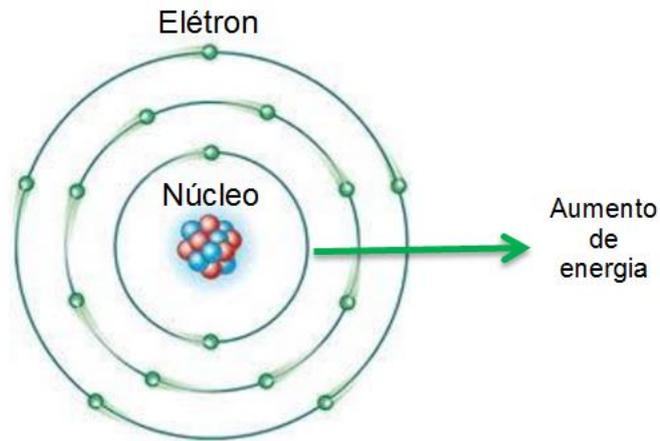


Figura 5: Modelo para a estrutura de um átomo (SILVA, 2016).

Os elétrons ocupam órbitas eletrônicas possíveis em torno do núcleo, chamadas de estados estacionários. Esses estados possuem energias fixas a diferentes distâncias do núcleo. O estado de menor energia é chamado de estado fundamental. Os elétrons podem realizar transições entre as órbitas eletrônicas, saindo de um estado estacionário e atingindo outro, chamado de estado excitado, para isso é necessário receber ou perder certa quantidade de energia, chamada fóton de energia (Fig. 6) (NERY e FERNANDEZ, 2004) (SILVA, 2016).

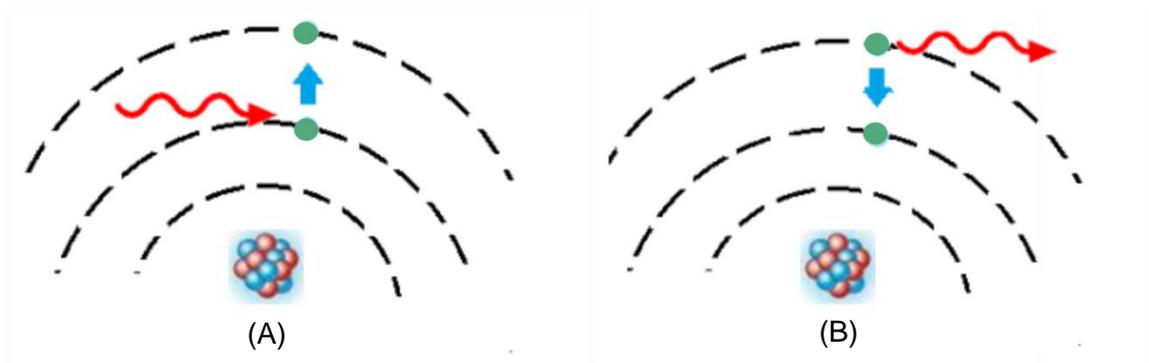


Figura 6: (A) O elétron “salta” do nível de menor energia para o nível de maior energia quando absorve um fóton de energia; (B) O elétron retorna do nível de menor energia, emitindo um fóton de energia (SILVA, 2016).

A ideia central no modelo atômico de Bohr é a quantização de energia, no qual os elétrons presentes nos átomos podem apresentar somente determinados valores de energia. Para que o elétron passe de um estado de menor energia para um estado de maior energia, é necessário absorver certa

quantidade de energia, equivalente a diferença entre os níveis de energia inicial e final. Quando o elétron retorna ao nível de menor energia, pode ocorrer a emissão dessa energia na forma de radiação eletromagnética. Existem substâncias nas quais a excitação dos elétrons de suas moléculas produzem emissão de luz por luminescência (NERY e FERNANDEZ, 2004) (SILVA, 2016)

3. Metodologia

3.1 Amostras

Para os experimentos foi utilizada água tônica, folhas verdes e alvejante. As amostras foram escolhidas por apresentarem o fenômeno de fluorescência quando excitadas no mesmo comprimento de onda, por serem fáceis de obter e por apresentarem um baixo custo.

3.1.1 Água tônica

A água tônica (Schweppes, Dr Pepper Snapple Group, Suíça) pode ser facilmente encontrada em supermercados, com uma faixa de preço em torno de R\$2,60. Em sua composição ela possui o quinino, responsável pelo sabor amargo característico. O quinino é uma substância fluorescente quando exposta a radiação ultravioleta (PIMENTEL, SAAD, *et al.*, 2014).

3.1.2 Folhas verdes

A fotossíntese realizada pelas plantas ocorre por meio da absorção da radiação eletromagnética por pigmentos fotossintéticos, principalmente as clorofilas e os carotenoides. A clorofila pode ser extraída de folhas verdes de qualquer planta ou hortaliça, basta picar as folhas e adicionar algum solvente, como álcool ou acetona, em quantidade suficiente para cobri-las (PIMENTEL, SAAD, *et al.*, 2014) (NERY e FERNANDEZ, 2004).

3.1.3 Alvejante

Algumas marcas de sabão em pó e alvejantes possuem em sua formulação substâncias chamadas de branqueadores ópticos que aderem as fibras das roupas após o processo de lavagem. Os branqueadores ópticos são substâncias que absorvem a radiação ultravioleta, mesmo a proveniente do sol, e reemitem a maior parte da energia absorvida em forma de luz azulada na região do visível (PIMENTEL, SAAD, *et al.*, 2014). O alvejante (Vanish, Reckitt

Benckiser, Slough, Reino Unido) utilizado neste experimento pode ser encontrado em supermercados com uma faixa de preço de R\$7,20.

3.2 Cubeta

Para a observação do fenômeno as amostras devem ser colocadas em algum recipiente transparente. Neste trabalho foi utilizada uma cubeta de acrílico. Muitos recipientes e embalagens de plásticos transparentes exibem fluorescência quando expostas a radiação ultravioleta, caberá ao professor selecionar o recipiente que não ocorra à fluorescência.

3.3 Montagem experimental

Neste trabalho foram desenvolvidas duas montagens experimentais para o estudo de fluorescência, uma utilizando um diodo emissor de luz (LED) e outra utilizando uma luz negra.

3.4 Montagem da fonte de radiação utilizando LED

Os materiais utilizados na construção da montagem da fonte de radiação utilizando LED foram os seguintes:

- LED 10 mm na cor violeta (R\$ 3,00);
- Suporte para LED (R\$ 1,50);
- Pilhas (R\$ 2,50);
- Suporte para pilhas (R\$ 4,00);
- Caixa para montagem 7x6x3 cm (R\$ 5,00);
- Chave alavanca (R\$ 3,00).

Para a montagem da fonte de radiação foram utilizados dois LEDs violeta alimentado por duas pilhas AA de 1,5 V. Para a confecção foram utilizados os materiais mostrados na Fig. 7. Os materiais são facilmente encontrados em lojas de materiais eletrônicos. Os materiais essenciais para esta montagem são os LEDs, o suporte para as pilhas e as pilhas. O restante dos materiais podem ser substituídos, a caixa para montagem pode ser

substituída por uma caixa de fósforo, por exemplo. O circuito pode ser ligado e desligado colocando e removendo as pilhas.

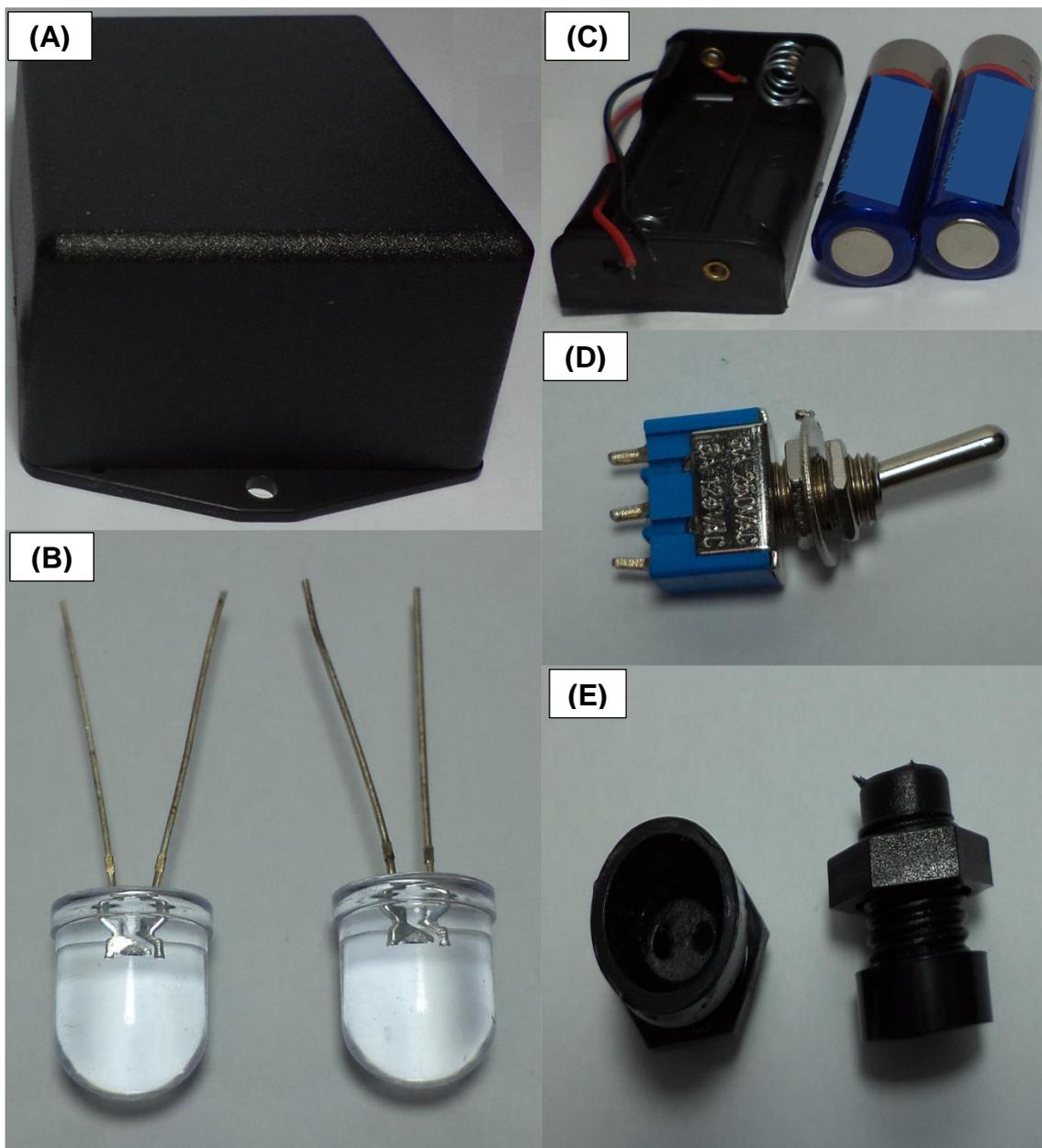


Figura 7: Componentes utilizados para confecção da fonte de radiação: (A) Caixa para montagem; (B) LEDs; (C) Suporte para pilhas AA e pilhas; (D) Chave alavanca; (E) Suporte para LEDs.

Primeiramente, com o auxílio de um parafuso e estilete, foi feito furos na caixa para acoplar o suporte para LED e a chave alavanca (Fig. 8).

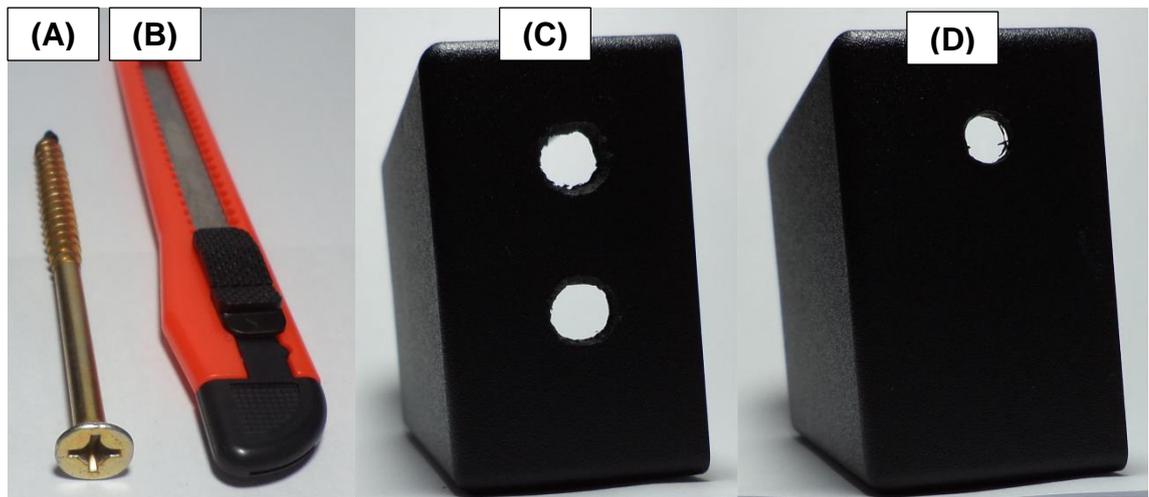


Figura 8: (A) Parafuso; (B) Estilete; (C) Caixa perfurada para acoplar os suportes para LEDs; (D) Caixa perfurada para acoplar a chave alavanca.

Após acoplar os suportes para os LEDs, o LED e a chave alavanca foram conectados aos fios do suporte para as pilhas e encapados com fita isolante. É importante ressaltar que o LED possui a polaridade positiva (“perninha” maior) que deve ser conectada ao fio positivo do suporte (vermelho) para pilhas, e a negativa que deve ser conectada ao fio negativo (preto) (Fig. 9).



Figura 9: LEDs e chave alavanca conectados aos fios do suporte para pilhas e encapados com fita isolante.

O espectro para verificação do comprimento de onda do LED foi obtido por meio de um espectrômetro portátil (Linear Array Spectrometer VS 140, Horiba Jobin Yvon) (Fig. 10). O LED apresentou emissão na região entre 380 a 435 nm com pico máximo centrado em 403 nm.

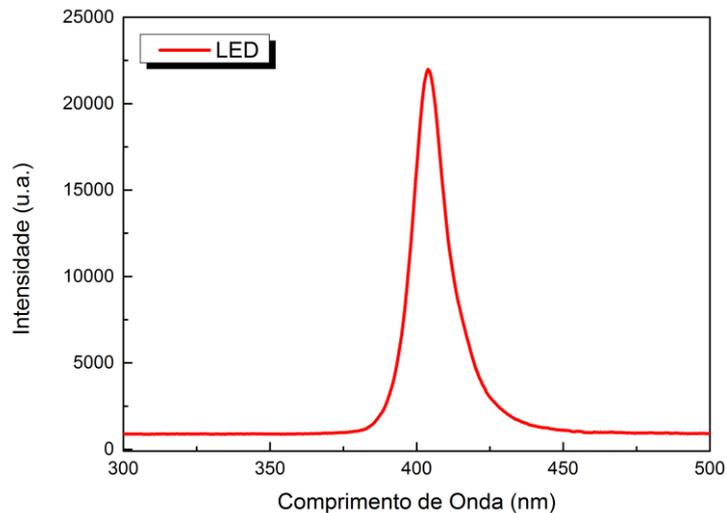


Figura 10: Espectro de emissão do LED.

3.5 Montagem da fonte de radiação utilizando luz negra

Os materiais utilizados na construção da montagem da fonte de radiação utilizando luz negra foram os seguintes:

- Luz negra (R\$ 25,00);
- Conector macho (R\$ 2,00);
- Soquete de cerâmica (R\$ 1,50);
- Fio (R\$ 2,00).

Para a montagem da fonte de radiação foi utilizada uma luz negra (SCT, 28W). Para a confecção do cabo para conectar a luz foram utilizados os materiais mostrados na Fig. 11. A luz negra apresenta um custo mais elevado quando comparada ao LED o que encarece a montagem.

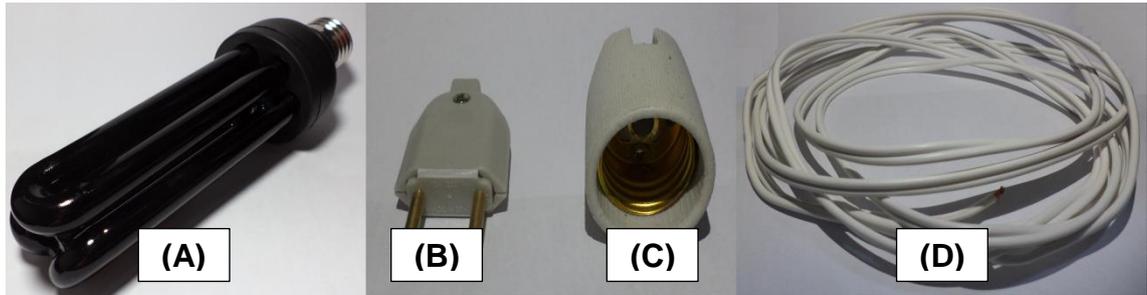


Figura 11: (A) Luz negra; (B) Conector macho; (C) Soquete de cerâmica; (D) Fio.

Com o auxílio de um estilete foram descascadas as pontas do fio, em uma das extremidades foi conectado o conector macho e na outra extremidade o soquete de cerâmica, estando pronto para o uso (Fig. 12). A desvantagem da luz negra em relação ao LED é a necessidade de uma tomada na sala de aula.



Figura 12: Fio com o conector macho e o soquete de cerâmica.

O espectro para verificação do comprimento de onda da luz negra foi obtido por meio de um espectrômetro portátil (Linear Array Spectrometer VS 140, Horiba Jobin Yvon) (Fig. 13). A luz negra apresentou emissão na região entre 375 a 410 nm, com pico máximo centrado em 365 nm.

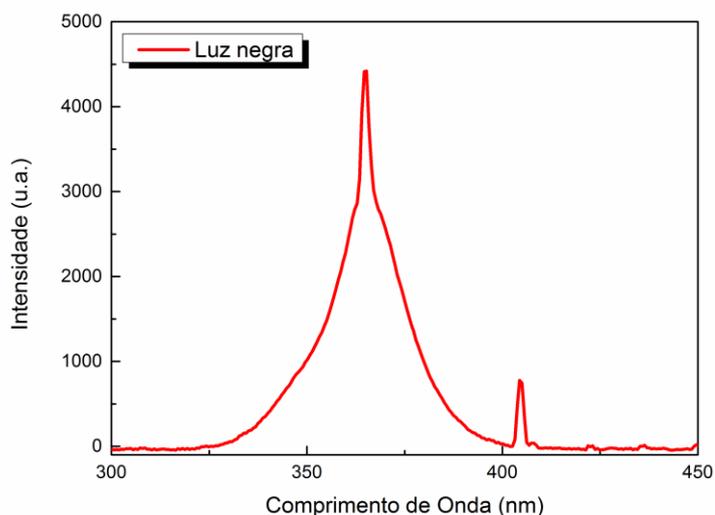


Figura 13: Espectro de emissão da luz negra.

3.6 Sequência didática

3.6.1 Apresentação e contexto

A sequência didática para o ensino do fenômeno de fluorescência no nível médio foi organizada para que seja desenvolvida em três atividades. O número de aulas previstos são de quatro, mas esse número pode variar. A sequência didática tem como ponto de partida a problematização sobre como funcionam os adesivos que brilham no escuro ou pulseirinhas de festas. A partir da situação-problema, estruturamos as demais atividades.

3.6.2 Justificativa

Esta sequência didática visa construir o conceito de fluorescência. Foi planejada uma sequência de aula que privilegiasse atividades com participação ativa dos alunos. Para isso utilizamos experimentos, demonstrações de baixo custo e discussões.

3.6.3 Objetivos

- Identificar e explicar o fenômeno da fluorescência;
- Compreender as relações fundamentais entre frequência de luz e níveis de energia;

3.6.4 Papel do professor

O professor tem o papel de apresentar as ideias, tanto teóricas quanto experimentais e estimular que o aluno possa analisar o que está acontecendo em cada fenômeno. Devendo em alguns momentos instigar para que o aluno possa criar uma ideia sobre o que está acontecendo no experimento ou ao relacionar o que já foi observado com as explicações teóricas.

3.6.5 Metodologia

A metodologia será baseada em análise e manipulação de experimentos, para verificação dos conteúdos estudados fazendo com que o aluno crie suas ideias acerca dos fenômenos observados.

3.6.6 Recursos didáticos

Experimentos, quadro, giz.

3.6.7 Procedimento

Estando a sala de aula ou laboratório devidamente protegido da luz, o professor liga o LED ou a luz negra de forma a iluminar todas as soluções (água tônica, folhas verdes e alvejante), evidenciando uma gama variada de cores que praticamente não podem ser vistas quando expostas a luz visível. O professor pode discutir com os alunos de que maneira este tipo de luz aparece nos objetos. Após a realização do experimento o professor pode começar a discutir com os alunos interação da radiação eletromagnética com a matéria, revendo os conceitos já discutidos em sala de aula.

3.6.8. Esquema de organização da sequência didática

ATIVIDADE	TEMA	Nº DE AULAS
Atividade 1	<ul style="list-style-type: none"> Aula expositiva sobre a luz como onda eletromagnética, espectro eletromagnético, interação da luz com a matéria, absorção, reflexão, refração e dispersão da luz. 	2
Atividade 2	<ul style="list-style-type: none"> Problematização inicial: Como funcionam os adesivos que brilham no escuro? Como funcionam as pulseirinhas de festa? Realização dos experimentos; Levantar uma breve discussão com os alunos, para saber o que eles entenderam. 	1
Atividade 3	<ul style="list-style-type: none"> Abordar os conceitos teóricos de fluorescência, interação da radiação eletromagnética com a matéria, modelos atômicos de Dalton, Thomson e Bohr e níveis de energia, relacionando com o experimento da aula passada. 	1

Atividade 1:

Aula expositiva abordando os conceitos de luz como onda eletromagnética, espectro eletromagnético, interação da luz com a matéria, e fenômenos ondulatórios como: absorção, reflexão, refração e dispersão da luz. É importante o aluno compreender que a luz quando incide sobre um material pode sofrer diversos tipos de interações.

Atividade 2:

Esta atividade será dividida em duas partes. Sendo elas divididas entre propostas de experimentos e discussão com finalidade conclusiva.

Parte 1: Realização dos experimentos de fluorescência utilizando a água tônica, extrato de folhas verdes e o alvejante. Se possível divida a turma em grupos e distribua os materiais para montagem do experimento;

Parte 2: Discussão sobre os resultados observados no experimento para saber o que os alunos entenderam, qual a explicação deles sobre o fenômeno observado;

Atividade 3:

Discussão sobre os conceitos teóricos que envolvem a fluorescência, interação da radiação eletromagnética com a matéria e níveis de energia, relacionando-os aos experimentos realizados na aula passada. Discussão sobre os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Bohr e qual deles consegue explicar melhor o fenômeno de fluorescência.

4. Resultados e Discussão

4.1 Experimento 1: Água tônica

O primeiro experimento foi realizado utilizando a água tônica. O quinino é o composto responsável pela fluorescência da água tônica, que se apresenta incolor à luz visível e de cor azulada quando exposta a radiação ultravioleta (Fig. 14).

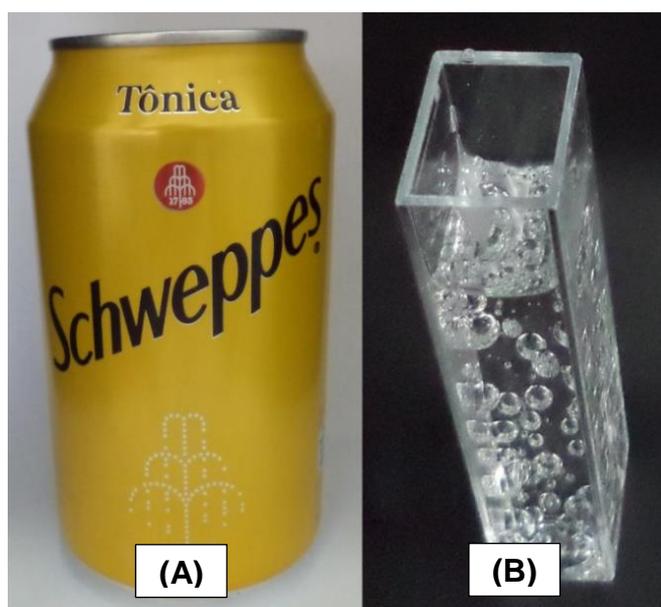


Figura 14: (A) Água tônica; (B) Água tônica na luz visível.

Após colocar a água tônica em uma cubeta, foi feita a iluminação com o LED e com a luz negra (Fig. 15). Nota-se a cor azulada quando exposta a radiação.

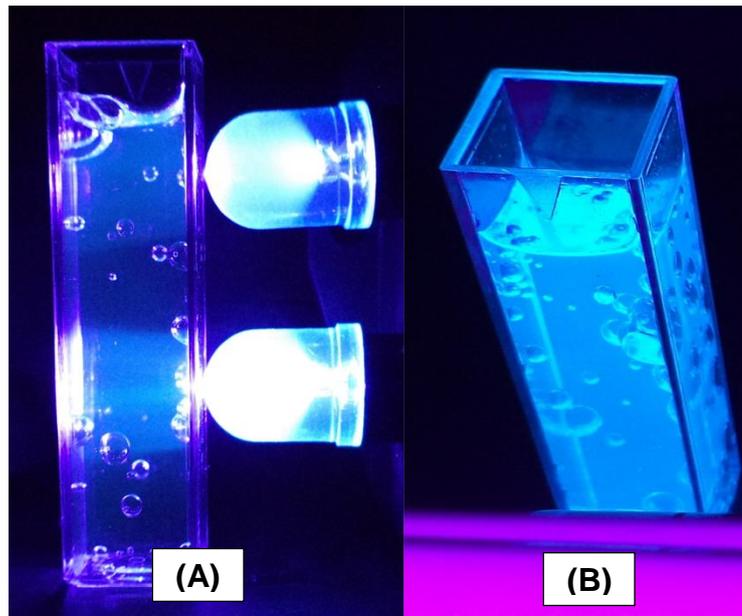


Figura 15: (A) Água tônica iluminada pelo LED; (B) Água tônica iluminada pela luz negra.

Por meio do experimento foi possível observar a presença do quinino no líquido, ingrediente fluorescente e ativo da água tônica (PIMENTEL, SAAD, *et al.*, 2014).

4.2 Experimento 2: Clorofila

Para o segundo experimento foi obtido uma solução de clorofila (três ou quatro folhas), picotando-as e macerando-as em álcool (Fig. 16). A clorofila presente nas folhas é a responsável pela fluorescência.

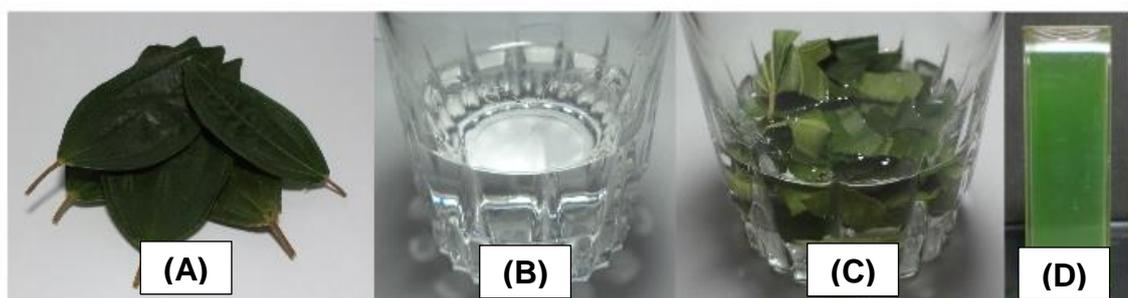


Figura 16: (A) Folhas verdes; (B) Copo contendo 50ml de álcool; (C) Copo com álcool e as folhas verdes picadas; (D) Solução de clorofila.

Após colocar a solução de clorofila em uma cubeta, foi feita a iluminação com o LED e com a luz negra (Fig. 17).

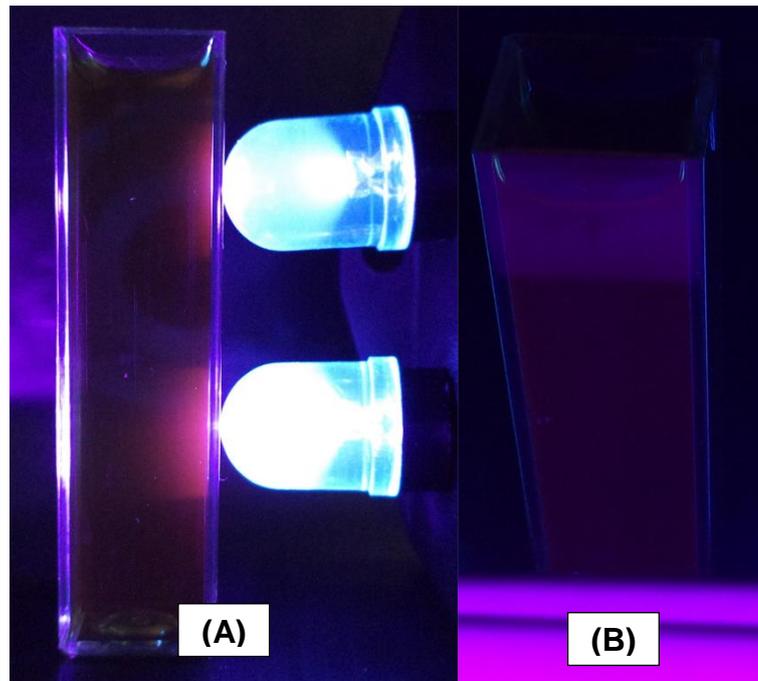


Figura 17: (A) Solução de clorofila iluminado pelo LED; (B) Solução de clorofila iluminado pela luz negra.

A clorofila é um pigmento natural fotossintético presente em folhas verdes. Também podem ser encontradas em algas vermelhas ou castanhas. A clorofila absorve energia luminosa do sol para a fotossíntese, energia esta utilizada pela planta é usada para transformar dióxido de carbono e água em carboidratos (glicose) e oxigênio (PIMENTEL, SAAD, *et al.*, 2014) (NERY e FERNANDEZ, 2004).

4.3 Experimento 3: Alvejante

O terceiro experimento foi realizado utilizando o alvejante vanish. Os alvejantes possuem em sua composição branqueadores ópticos que são responsáveis pela fluorescência, ou seja, servem para deixar o branco ainda mais branco (Fig. 18).



Figura 18: (A) Alvejante vanish; (B) Alvejante na luz visível.

Após colocar o de alvejante em uma cubeta, foi feita a iluminação com o LED e com a luz negra (Fig. 19). Nota-se a cor azulada quando exposta a radiação.

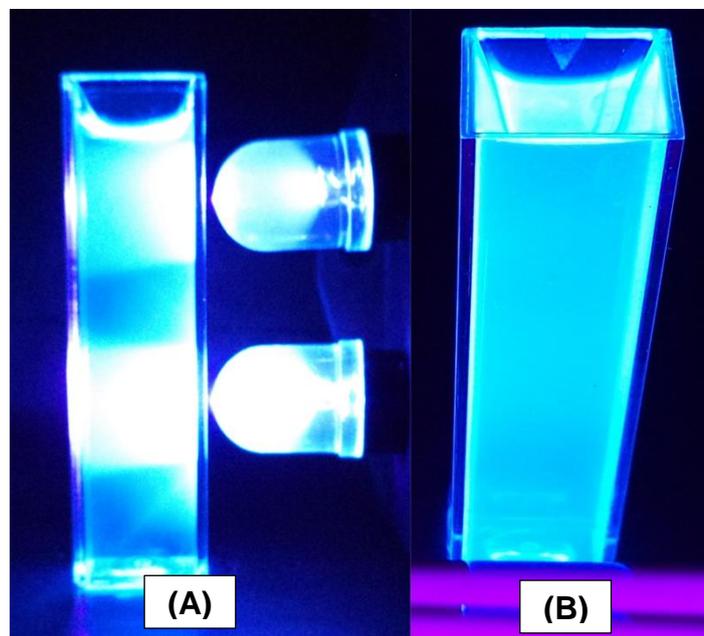


Figura 19: (A) Alvejante iluminado pelo LED; (B) Alvejante iluminado pela luz negra.

Assim, através da fluorescência é possível determinar a presença de branqueadores óticos.

5. Considerações finais

Foi possível, por meio de um experimento de baixo custo, utilizando água tônica, solução de clorofila e alvejante demonstrar o fenômeno de fluorescência. O efeito da fluorescência pode ser observado tanto com a luz LED quanto com a luz negra, sendo que a intensidade maior do efeito é observado com a luz negra. A escolha do LED ou a luz negra depende da dinâmica das salas de aula, já que o custo é similar. A depender dos alunos, a montagem do LED pode ser simplificada, pois é feito somente com as pilhas e LED pelos próprios alunos.

Os alunos são instigados a notar o fenômeno de fluorescência presente em substâncias do dia a dia, e aparentemente restritos a química, compreendendo a interação da radiação eletromagnética com a matéria, além da importância de inter-relacionamento de áreas do saber no desenvolvimento da ciência.

Os experimentos permitem relacionar os conceitos básicos necessários para o entendimento do fenômeno de fluorescência compreendendo as relações fundamentais entre frequência de luz e níveis de energia. Possibilitam discutir qual dos modelos atômicos de Dalton, Thomson e de Bohr explicam os experimentos de fluorescência, além de permitirem ainda aplicar estes experimentos no reconhecimento de substâncias químicas.

Vários autores concordam que os experimentos motivam o aluno para o estudo proporcionando condições favoráveis para o gostar e para o aprender, esta relacionado com a sua percepção da importância para a sua formação e para a vida, sendo ainda importante relacionar os conteúdos desenvolvidos em sala de aula com o dia a dia do aluno.

6. Referências

- ATKINS, P. W.; PAULA, J. F. D. Físico-química. 8. ed. [S.l.]: LTC, v. 1, 2008.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: Uma proposta metodológica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 194-223, 2007.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 18, n. 3, 2001.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física: óptica e física moderna. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 2012.
- HURTUBISE, R. J. Phosphorimetry: Theory, instrumentation, and applications. [S.l.]: VCH, 1990.
- ITO, A. S.; BERARDI, M.; PAZIN, W. M. Fluorescência e aplicações em biofísica. 1. ed. São Paulo: Livraria da física , 2016.
- KELLY, G.; ROCHA, D.; GERMANO, R. Espectroscopia para o Ensino Médio utilizando a placa Arduino. Revista brasileira de ensino de ciências e tecnologia, Ponta Grossa, v. 10, n. 2, p. 1-17, 2017.
- LEE, Y. K.; LU, H.; POWERS, J. M. Fluorescence of layered resin composites. Esthet Restor Dent, v. 17, p. 93–101, 2005.
- MIRANDA, L. R. N. Ponto ciência, 2008. Disponível em: <<http://www.pontociencia.org.br/experimentos/pdf/16>>. Acesso em: 20/09/2018.
- NERY, A. L. P.; FERNANDEZ, C. Fluorescência e estrutura atômica: experimentos simples para abordar o tema. Química nova na escola, v. 19, p. 39-42, 2004.
- PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 9, n. 1, 2009.
- PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos: Pessoal, social e histórico. 1. ed. São Paulo: FTD, v. 3, 2010.
- PIMENTEL, J. R. et al. Uma sugestão para a interação multidisciplinar: A observação do fenômeno da fluorescência. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 2, p. 365-384, 2014.
- SARTORI, P. H. S.; LORETO, E. L. S. Medidor de fluorescência caseiro. Química nova na escola, v. 31, n. 2, 2009.

SILVA, G. A. Fluorescência: Uma abordagem para o ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Catalão, 2016.

SILVA, G. S. et al. Oficina temática: uma proposta metodológica para o ensino do modelo atômico de Bohr. *Ciência & Educação*, v. 20, n. 2, p. 481-495, 2014.

TODAMATÉRIA. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br>>. Acesso em: 20/09/2018.

WESENDONK, F. S. Caracterização dos focos de estudo da produção acadêmico-científica brasileira sobre experimentação no Ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, p. 779-821, 2016. ISSN 3.

WIKIPÉDIA. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica#/media/File:Onde_electromagnetique.svg>. Acesso em: 20/09/2018.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física III: eletromagnetismo. 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, v. 3, 2009.