



Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"

---

THIAGO PESSOA BATISTA

EXPERIMENTOS DE FLUORESCÊNCIA UTILIZANDO LEDS

Assis  
2013

THIAGO PESSOA BATISTA

## EXPERIMENTOS DE FLUORESCENCIA UTILIZANDOS LEDS

Trabalho de conclusão de curso de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação em Química industrial.

Orientador: Dr. Idécio Nogueira da Silva  
Área de Concentração: Ciências Exatas

Assis  
2013

## FICHA CATALOGRAFICA

Pessoa Batista, Thiago

Experimentos de fluorescência/ Thiago Pessoa Batista. Fundação Educacional do Município de Assis – Assis, 2013.

44p.

Orientador: Idélcio Nogueira Silva  
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA

1. Fluorescência . 2. Luminescência

CDD: 660

Biblioteca Fema

# EXPERIMENTOS DE FLUORESCÊNCIA UTILIZANDO LEDS.

THIAGO PESSOA BATISTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, analisado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: Dr. Idécio Nogueira da Silva

Analisador: Ms. Gilcelene Bruzon

Assis  
2013

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais que me apoiaram em todos os momentos e me ensinaram o valor da persistência.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me protegido nas horas mais difíceis, e ao meu lado dando forças e paciência para enfrentar os problemas, permitindo que eu chegasse até ao fim desta jornada.

Aos meus amados pais Moisés e Maria Lucia, que sempre estiveram do meu lado, acreditando e apoiando para que eu não desistisse.

Aos meus queridos amigos Thiago, Adan, Paulo, meu irmão Diego e minha namorada Daniela, pela fé em minha capacidade e apoio e sempre estando ao meu lado para que eu nunca desistisse.

Para o orientador, Prof. Dr. Idécio Nogueira da Silva, pelo auxílio na conclusão deste trabalho.

Para minha examinadora Gilcelene Bruzon, pois sem suas correções não chegaria ao êxito.

A todas as pessoas que me acompanharam nesta luta, muito obrigado.

“Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser insignificante.”

Charles Chaplin

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar o fenômeno da fluorescência e sua ocorrência na protoporfirina IX, sulfato de quinina e fluoresceína.

Tem-se a luminescência como um fenômeno que chama atenção de todos. O fenômeno ocorre quando algumas moléculas em solução aquosa emitem luz após serem expostas a uma energia radioativa que faz com que seus elétrons se elevem para um nível de maior energia, com o decaimento energético a substância emite luz em um comprimento de onda maior, do que incidido, e assim possibilita a visualização de luz, que ocorre na forma de fluorescência e fosforescência. Através do uso de substâncias químicas com essa capacidade de irradiar luz em um comprimento diferente de onda, como o sulfato de quinina, a protoporfirina IX e a fluoresceína, foi demonstrado a ocorrência de fluorescência e seus espectros de emissão de luz através de testes laboratoriais, foram irradiados comprimentos de ondas diferentes, para análise de resultados, e demonstração da particularidade de cada molécula, e seus efeitos luminescentes com o comprimento de onda específico para cada substância. As substâncias com fluoresceína que tem sua fluorescência com a radiação da luz azul, foi irradiada com luz vermelha provando que existe comprimento de onda característico de cada substância. Através de um artigo de lei, confere o uso de iluminação fluorescente para fins econômicos.

Foi demonstrado e explicado o fenômeno de fluorescência através do uso de substâncias fluorescente, como também sua relevância para economia.

Palavras Chave: Fluorescência, Luminescência

## ABSTRACT

This work aims to demonstrate the phenomenon of fluorescence and its occurrence in protoporphyrin IX, quinine sulphate and fluorescein.

Has the luminescence as a phenomenon that draws everyone's attention this phenomenon occurs when some molecules in aqueous solution emit light after being exposed to a radioactive energy that make their electrons to rise to a level higher energy, with the energy decay substance emits light at a wavelength greater than focused, and thus allows the visualization of light, which occurs as fluorescence and phosphorescence. Through the use of chemical substances with this ability to radiate light at a different wave length, such as the quinine sulfate, the protoporphyrin IX and fluorescein was demonstrated to occur and their fluorescence emission spectra of light through laboratory tests were irradiated different wavelengths for analysis results, and demonstration of the characteristics of each molecule and its effects with the luminescent wavelength specific for each substance. The substances that have fluorescein fluorescence with blue light radiation was irradiated with red light proving that there wavelength characteristic of each substance. Through an article of law, gives the use of fluorescent lighting for economic purposes.

It was demonstrated and explained the phenomenon of fluorescence through the use of fluorescent substances as well as their relevance to Economy.

Keywords: Fluorescence , Luminescence

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Estrutura molecular de uma protoporfirina.....	16
Figura 2	Gráfico de absorção da protoporfirina IX.....	16
Figura 3	Molécula de fluoresceína e gráfico de emissão.....	17
Figura 4	Molécula de Quinino.....	18
Figura 5	Espectro de emissão e excitação do quinino.....	19
Figura 6	Demonstração de conversão interna.....	21
Figura 7	Diagrama de Jablonski.....	22
Figura 8	Comportamento de junção PN.....	25
Figura 9	Dois circuitos com diodos e corrente em circulo.....	26
Figura 10	Leds.....	28
Figura 11	Tabela de cores.....	29
Figura 12	Cascas de ovos vermelhos.....	35
Figura 13	Cascas de ovos vermelhos em solução ácida.....	36
Figura 14	Solução acida com cascas de ovos vermelhos.....	37
Figura 15	Solução acida sendo irradiada com luz ultravioleta.....	37
Figura 16	Solução diluída das cascas.....	38
Figura 17	Solução com PPIX irradiada por luz ultravioleta.....	39
Figura 18	Tubos contendo água destilada e solução de fluoresceína.....	40
Figura 19	Tubo contendo solução com quinino.....	40
Figura 20	Tubo de solução com quinino irradiada por luz ultravioleta .....	41

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.</b>	<b>LUMINESCENCIA.....</b>	<b>14</b>
2.1	FLUORESCENCIA.....	14
2.1.1	Protoporfirina IX.....	15
2.1.2	Fluoresceína.....	17
2.1.3	Sulfato de quinina.....	17
2.2	FOSFORESCENCIA.....	19
<b>3</b>	<b>DIAGRAMA DE JABLONSKI.....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>DIODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>AULA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>30</b>
5.1	MATERIAS E REAGENTES.....	30
5.2	PROCEDIMENTOS.....	30
5.3	APLICAÇÃO DE AULA.....	31
<b>6</b>	<b>MATERIAS E METODOS.....</b>	<b>32</b>
6.1	MATERIAS.....	32
6.2	MÉTODOS.....	32
6.2.1	Retirada da protoporfirina IX das cascas de ovos vermelhos.....	33
6.2.2	Diluição da Fluoresceína.....	33
6.2.3	Quinino.....	34
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
7.1	PROTOPORFERINA IX.....	35
7.2	FLUORESCEÍNA.....	38
7.3	QUININO.....	40

<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>43</b>

## 1. INTRODUÇÃO

São encontrados em nosso cotidiano efeitos de luminescência de substâncias líquidas e gasosas, que quando é exposta a luz, propagam luz em outro comprimento de onda, formando um tipo de fenômeno conhecido como fluorescência (NERY, 2004).

A fluorescência ocorre em sistemas químicos gasosos, líquidos e sólidos simples, bem como em sistemas complexos. A espécie mais simples de fluorescência é aquela apresentada por vapores diluídos (SKOOG, 2002).

A fluorescência ocorre quando as moléculas do analito são expostas à energia eletromagnética num determinado comprimento de onda, e estas são excitadas a um estado maior de energia, quando retornam a um estado de menos energia, emitindo luz visível, assim como citado por ATKINS (1994, p.391):

Fluorescência é um importante processo analítico de emissão, nos quais átomos ou moléculas são excitados por um feixe de radiação eletromagnética, então a emissão radiante ocorre quando as espécies excitadas retornam ao estado fundamental. A fluorescência ocorre mais rapidamente e geralmente se completa após  $10^{-5}$  s a partir do instante da excitação (SKOOG, 2002).

Este trabalho teve como objetivo demonstrar o fenômeno da fluorescência e sua ocorrência na protoporfirina IX, sulfato de quinina e fluoresceína.

## 2. LUMINESCÊNCIA

Um fenômeno que intriga e admira a todos são os efeitos visuais da luminescência, tendo suas ocorrências em nossa rotina, tal qual se observa nos painéis, iluminações e em sistemas químicos gasosos, líquidos e sólidos simples, que têm esta capacidade luminescente (NERY, 2004).

Luminescência é a capacidade de certas substâncias emitirem luz quando há exposição de luz emitida ou de radiações do tipo ultravioleta, raios catódicos ou raios X (NERY, 2004).

A luminescência é encontrada centrada em comprimento de ondas que são maiores que a linha de ressonância, ou seja, sua propagação de luz tem um comprimento de onda maior do que a luz que excita o elétron da molécula para níveis mais energéticos (SKOOG, 2002).

São dois os tipos principais de luminescência: a fluorescência e fosforescência. Na fluorescência, a radiação espontaneamente emitida cessa imediatamente após a retirada da excitação da substância. Na fosforescência a emissão espontânea pode durar longos períodos (até mesmo horas, mas normalmente segundos ou frações de segundos) (ATKINS, 2001).

### 2.1. FLUORESCÊNCIA

Um dos principais tipos de luminescência é conhecido com fluorescência, onde a radiação espontaneamente emitida cessa imediatamente após a radiação, que provoca a excitação desaparecer. (ATKINS, 2001)

A fluorescência ocorre em sistemas químicos gasosos, líquidos e sólidos simples, bem como em sistemas complexos. A espécie mais simples de fluorescência é aquela apresentada por vapores atômicos diluídos, como os elétrons 3s de átomos de vapor de sódio, podem ser excitados ao estado 3p por absorção de radiação de

comprimentos de ondas em torno de 5890 Å, é após voltam ao seu estado fundamental e fazendo isso emitem luz (SKOOG, 2002).

Existem dois tipos de fluorescência: a ressonante, que é caracterizada quando a energia propagada é idêntica à emitida, ou seja, quanto maior a intensidade de luz, maior o seu efeito luminoso, e a fluorescência não ressonante, que ocorre em moléculas que estão dissolvidas em líquidos de uma solução ou em determinados tipos de gases (SKOOG, 2002).

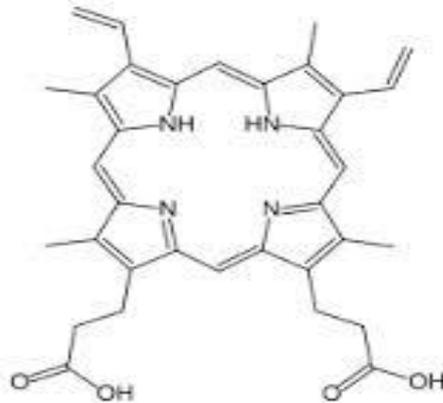
SKOOG (2002, p.323) faz a seguinte afirmação sobre a fluorescência ressonante e não ressonante:

A fluorescência ressonante descreve o processo no qual a radiação emitida é idêntica, em frequência, à radiação empregada na excitação, a fluorescência não ressonante é produzida pela irradiação de moléculas em solução ou no estado gasoso.

O fenômeno da fluorescência pode ser facilmente demonstrado através da utilização de materiais acessíveis como Protoporfirina IX, fluoresceína e quinino (NERY, 2004).

### **2.1.1 Protoporfirina IX**

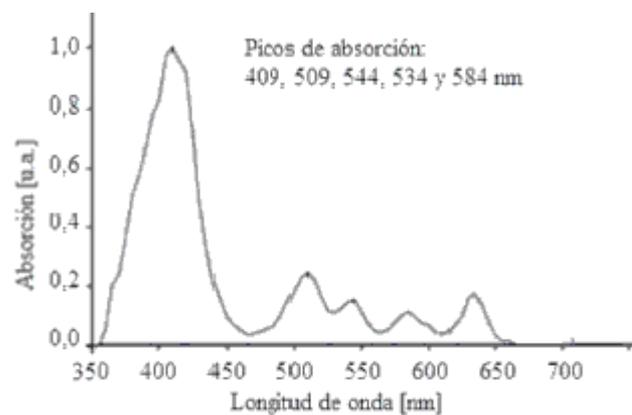
A protoporfirina IX é um tipo de porfirina, ou seja, uma molécula orgânica possuindo quatro anéis de pirrol. Esta molécula absorve na luz na região ultravioleta e visível, ela é excitada pela presença de luz no comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 410 nm (NELSON e COX, 2007).



**Figura 1 - Estrutura molecular de uma protoporfirina (CULBRETH et al, 1979)**

A estrutura da protoporfirina IX (figura 10) é similar ao grupo heme, mas não possui o íon ferro no centro da estrutura da molécula e possui radicais com metil nas posições 1,3 e 5, vinil nas posições 2 e 4 e ácido propiônico nas posições 6 e 7 (CULBRETHE et al, 1979)

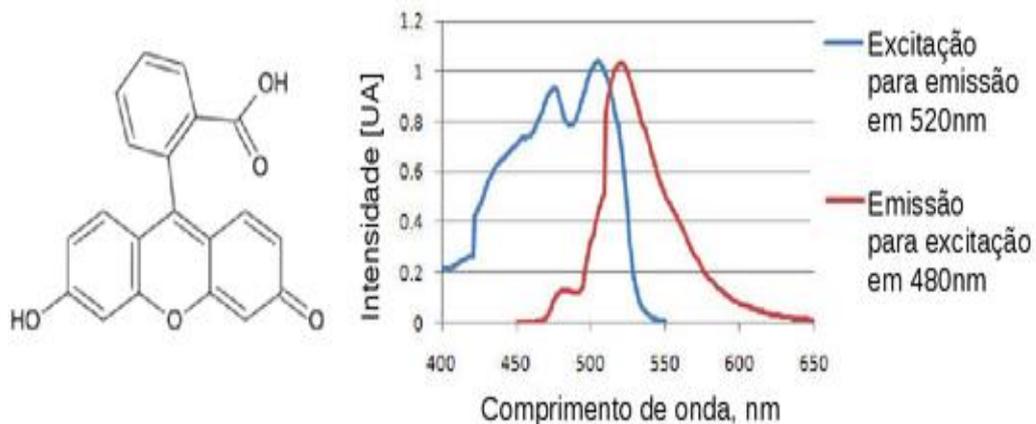
Na figura 2 é mostrado o espectro de absorção da Protoporfirina IX em solução aquosa em meio ácido. Para efeitos de excitação é melhor utilizar o comprimento de onda de absorção máxima, que está em 400 nm (NELSON & COX, 2007).



**Figura 2 - Gráfico de absorção da PPIX (In: <http://scielo.br>)**

### 2.1.2 Fluoresceína

A fluoresceína foi sintetizada em 1871 por Von Bayer. É uma substância luminescente que ao ser excitada por luz com comprimento de onda entre 465nm e 490nm (espectro azul da lâmpada de Wood) emite uma luz de comprimento de onda maior do que o original, entre 520nm e 530nm (espectro verde e amarelo) facilmente percebido pelo olho humano. A fluoresceína tem seu uso bem estabelecido em oftalmologia (pesquisa de lesões corneanas e angiografia retiniana). A figura 3 mostra sua estrutura molecular e seu espectro de excitação e emissão.



**Figura 3 - Molécula de Fluoresceína gráfico excitação e emissão (In: divulgacioncientifica.blogspot.com.br/2008/12/fluorescencia-y-fosforescencia.html)**

### 2.1.3 Sulfato de quinina

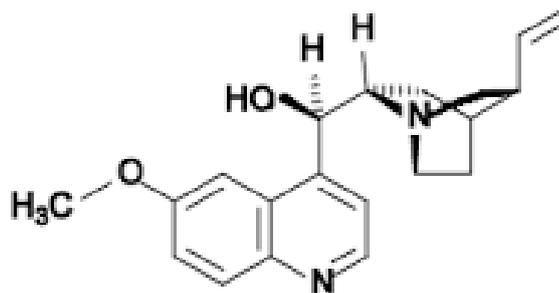
O quinino nome mais comum do sulfato de quinina, e encontrado na natureza. O quinino é o principal alcaloide da chinchona, extraída da casca a árvore que é nativa da América do Sul. Apesar de ter sido sintetizada, a quinina ainda é obtida a partir de fontes naturais (PIMENTEL, 2002).

Encontrado em nosso cotidiano, nas latas de água tônica como alimento, para dar sabor característico, o quinino é uma substancia fluorescente.

Em 1820, Pelletier e Caventou isolaram o alcaloide quinina como o principal componente ativo da casca da cinchona. Sua disseminação cresceu por toda Europa, América do Norte e Ásia. Até a 1ª Guerra Mundial, a Quinina era o único fármaco utilizado para o tratamento da Malária tendo sido proposta uma metodologia sintética para sua obtenção em 1918 (PIMENTEL, 2002).

Como as áreas de cultivo da cinchona na Alemanha ficaram afetadas durante a 2ª Guerra Mundial, o governo estimulou a obtenção sintética de novos antimaláricos, já que a síntese era difícil e a produção em larga escala era economicamente inviável. Curiosamente, a quinina, por ser inodora e de sabor amargo, não só é um fármaco antimalárico, como é utilizada como flavorizante da água tônica (PIMENTEL, 2002).

Tendo sua estrutura molecular e mostrada na figura 4.

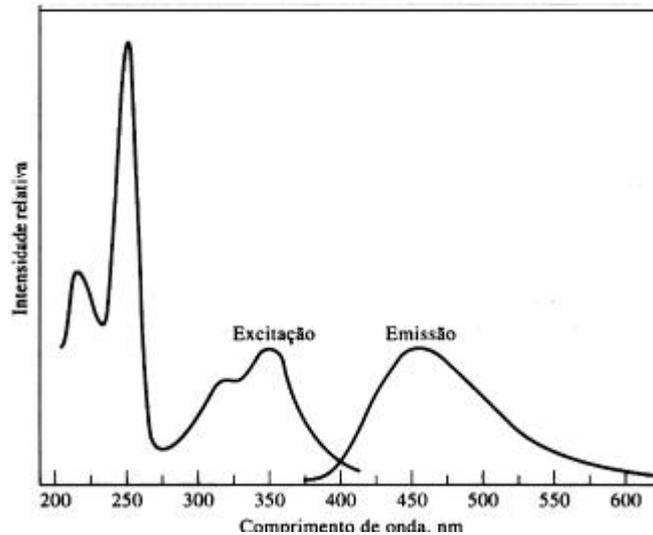


**Figura 4 - Molécula de Quinino**

(In:

[http://qnint.sbq.org.br/qni/popup\\_visualizarMolecula.php?id=UIXUMIMBIjB4Rn](http://qnint.sbq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=UIXUMIMBIjB4Rn))

O quinino possui um espectro de absorção e emissão como mostrado na figura 5.



**Figura 5 - Espectro de excitação e emissão de fluorescência de uma solução de quinino (SKOOG, 2002, pag 326)**

## 2.2 FOSFORESCÊNCIA

O fenômeno da fosforescência se difere da fluorescência por que sua emissão ocorre em níveis mais baixos de energia, a presença de um estado excitado tripleto ocorre somente na fosforescência (SKOOG, 2002).

Um exemplo de uma substância que tem a capacidade de fosforescer é o sulfeto de zinco. Quando o sulfeto de zinco é exposto a uma fonte de luz, os elétrons dos átomos se excitam a um nível maior de energia migrando para níveis de energia mais afastados do núcleo. Retirado a exposição à radiação, os elétrons retornam lentamente aos níveis mais internos emitindo luz, fenômeno denominado fosforescência.

A desativação de estados eletrônicos excitados pode também envolver a fosforescência. Depois da ocorrência do cruzamento intersistema para um estado tripleto, uma desativação posterior pode ocorrer com menos probabilidade seja por conversão interna ou externa, seja por fosforescência (SKOOG, 2002).

A molécula luminescente é excitada por um feixe de energia, que eleva o elétron a níveis de maior energia, estado excitado singlete, decai para níveis de menor energia do estado singlete (conversão interna). Na conversão inter-sistema o

elétron passa do estado singleto para o tripleto. O decaimento para o estado fundamental a partir do estado tripleto mais lento e sua propagação de energia é menor, o que permite sua visualização por um maior período.

Para tanto, ATKINS (2001, pag.395) pontua:

Depois que uma molécula de singleto excitado para um estado tripleto, ela continua a liberar energia para a vizinhança e a descer a escada dos estados vibracionais. Toda via agora ela esta descendo a escada do tripleto, e a energia vibracional mais baixa ela é aprisionada. O solvente não consegue extrair o quantum final da energia de excitação eletrônica. Além disso, a molécula não consegue emitir energia por irradiação, pois a volta ao estado fundamental é proibida: a um estado tripleto não pode se converter um estado singleto, por que o spin de um elétron não pode se reverter sua direção relativamente ao outro elétron durante uma transição. No entanto, transição radiativa não é totalmente proibida porque o acoplamento spin-órbita responsável pelo cruzamento intersistemas também quebra essa regra. As moléculas são então capazes de emitir com baixa intensidade e a emissão pode continuar muito tempo depois que o estado excitado original foi formado.

Substâncias fluorescentes podem ser usadas, por exemplo, em mostradores de relógio de pulso e interruptores de luz, que permite a visualização mesmo sem a presença de luz. Na fosforescência ocorre acúmulo de elétrons excitados no estado tripleto durante a iluminação da molécula. Ao cessar a iluminação a molécula continua a emitir luz até que todos os elétrons excitados decaiam. Esta emissão de luz no escuro permite a visualização.

### 3. DIAGRAMA DE JABLOSKI

A figura 6 mostra o comportamento geral de um elétron em uma molécula quando absorve e ou emite energia. Inicialmente ocorre a absorção de energia, que pode ser através da absorção de luz, calor ou eletricidade pela molécula. O elétron ao absorver luz vai para um estado excitado singlete.

Para se entender como funciona a conversão entre sistemas é necessário conhecer os estados eletrônicos da molécula singlete e tripleto.

Um estado eletrônico molecular no qual todos os spins eletrônicos estão emparelhados é denominado singlete ( $\uparrow\downarrow$ ), pois existe apenas uma orientação para este par de spins, quando reflete o fato dos dois spins estarem paralelos é chamado de estado excitado tripleto ( $\uparrow\uparrow$ ), este é menos energético que o estado excitado singlete (ATKINS, 2001).

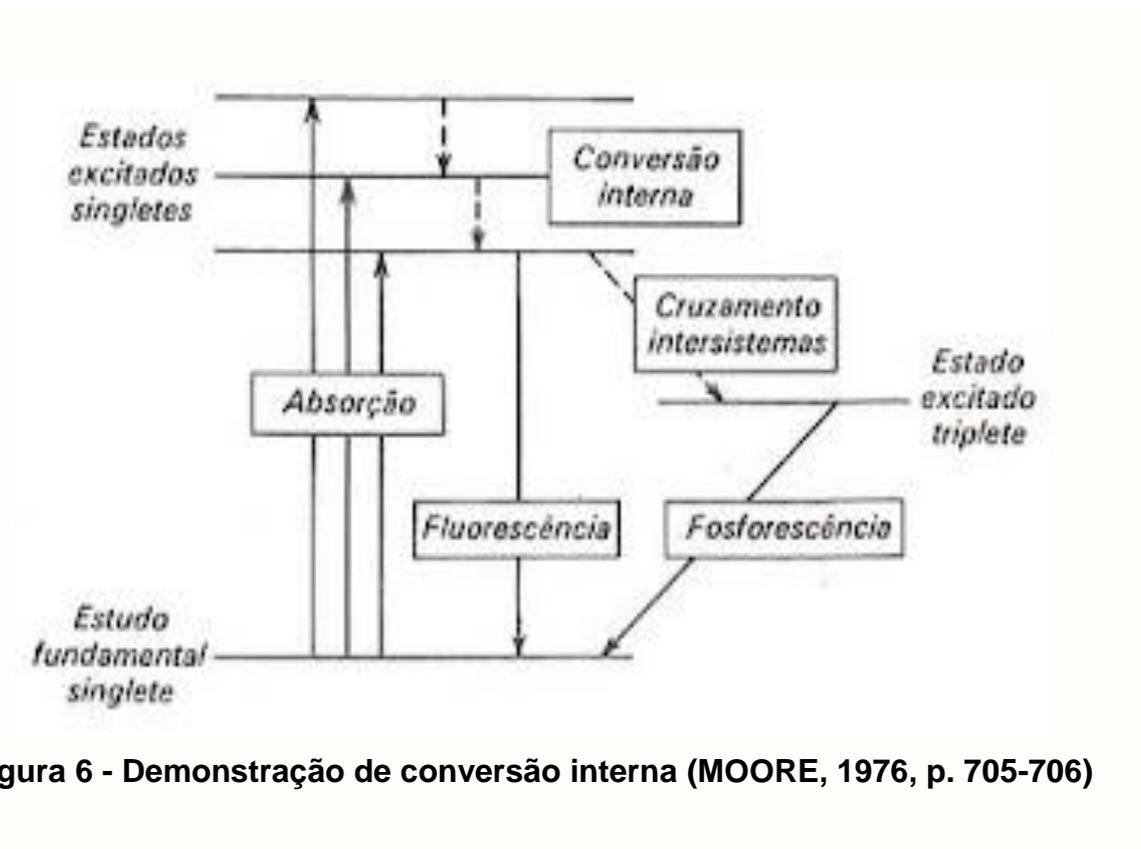
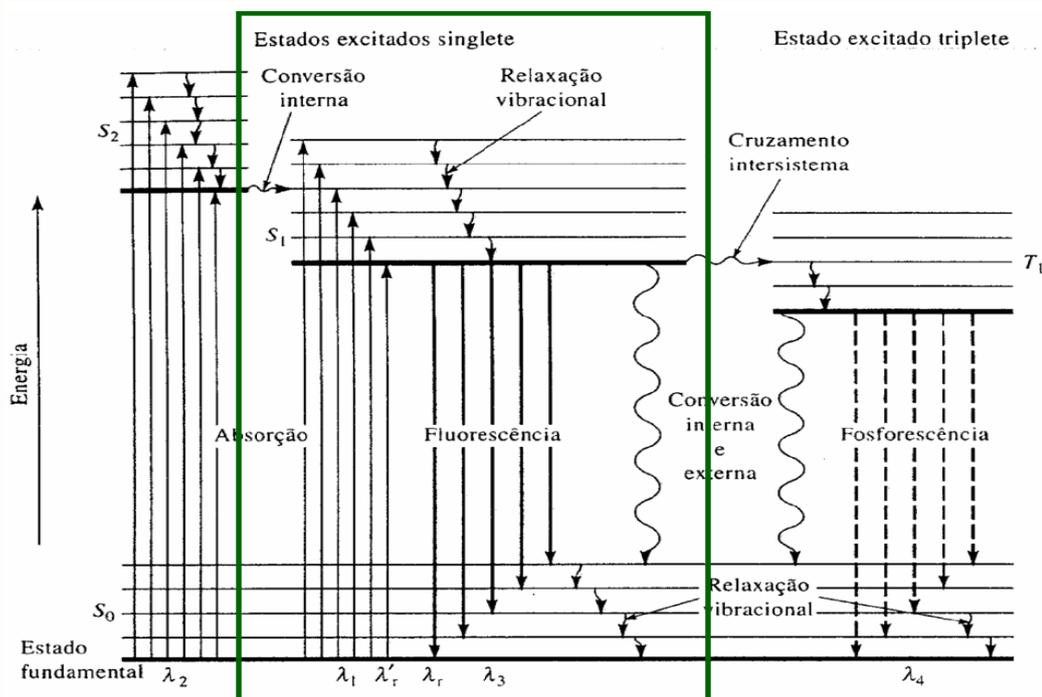


Figura 6 - Demonstração de conversão interna (MOORE, 1976, p. 705-706)

Na conversão interna o elétron excitado perde energia na forma de calor (para outra molécula ou para o solvente). Após a conversão interna, dependendo da estrutura molecular o elétron pode mudar seu estado de singlete para tripleto. Esta mudança de spin é chamada de conversão inter-sistema. O decaimento do estado tripleto para o estado fundamental é chamado de fosforescência. Outro caminho que o elétron pode seguir após a conversão interna é decair para o nível fundamental (sem passar para o estado tripleto). Este fenômeno é chamado de fluorescência.

Confirmando o exposto acima, MOORE (1976, p. 705-706), pontua falando que “o modelo básico para a excitação numa molécula poliatômica, portanto, envolve três estados importantes: o estado fundamental singlete, o primeiro estado excitado singlete e o primeiro estado excitado tripleto”.

A figura 7 mostra o diagrama de Jablonski, onde estão mostradas todas as possibilidades de transição de energia de um elétron excitado.



**Figura 7 - Diagrama de Jablonski (MOORE, 1976; p. 705-706)**

A figura mostra um diagrama de níveis de energia de uma molécula luminescente típica. A linha horizontal mais espessa no inferior representa o estado fundamental

da molécula, que é um estado fundamental singlete é representado por  $S_0$ , as linhas grossas superiores são os níveis de energia para o estado vibracional de três estados excitados primeiro e segundo estado excitado singlete, é a direita o primeiro estado excitado triplete (SKOOG, 2002).

## 4. DIODOS

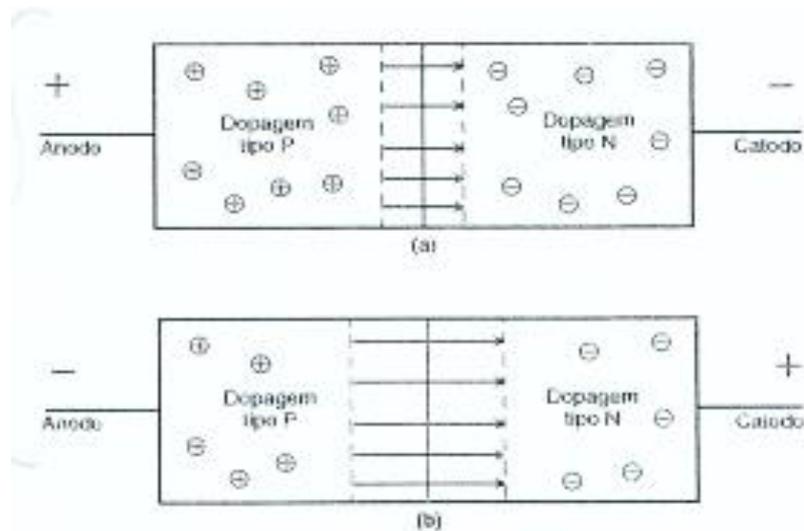
O diodo é um dispositivo elétrico que dispõe de dois elementos (ou terminais). Se aplicarmos a esses elementos uma fonte de tensão com a polaridade correta, haverá corrente no diodo. Se, entretanto, invertemos a polaridade, a nova corrente será muito pequena ou nula (BIASI, 1980).

Há duas famílias de diodos – os diodos a válvula e os diodos de junção. Os diodos a válvula são constituídos de dois elementos contidos em um invólucro de vidro ou metal. O diodo de junção contém dois metais diferentes ou dois tipos diversos de materiais semicondutores, a tensão atravessa os dois metais ou semicondutores (BIASI, 1980).

Apenas em situações de extremas condições específicas tem-se a necessidade de se ter atenção às diferentes respostas que são exigidas entre duas famílias de semicondutores.

De maneira construtiva, um diodo pode ser descrito da forma do esquema demonstrado, por exemplo, um diodo é feito de duas partes de material semicondutor, nas quais só passaram por um processo de tratamento químico. Resultante desse processo haverá uma região tendo cargas livres positivas + (P) e negativas - (N) (HETEM, 2009).

Os primeiros rádios usavam diodos de cristal para detectar os sinais de rádio. Esses diodos só conduziam corrente em um sentido. Os diodos se caracterizam exatamente por esta condução unidirecional de corrente. (BIASI, 1980). Demonstra figura 8.



**Figura 8 - Comportamento da junção PN presente nos diodos semicondutores (HETEM, 2009; p. 23)**

A atividade que ocorre na junção dos dois blocos é a responsável pela propriedade unidirecional do diodo. A superfície de contato é chamada de junção PN (BIASI, 1980).

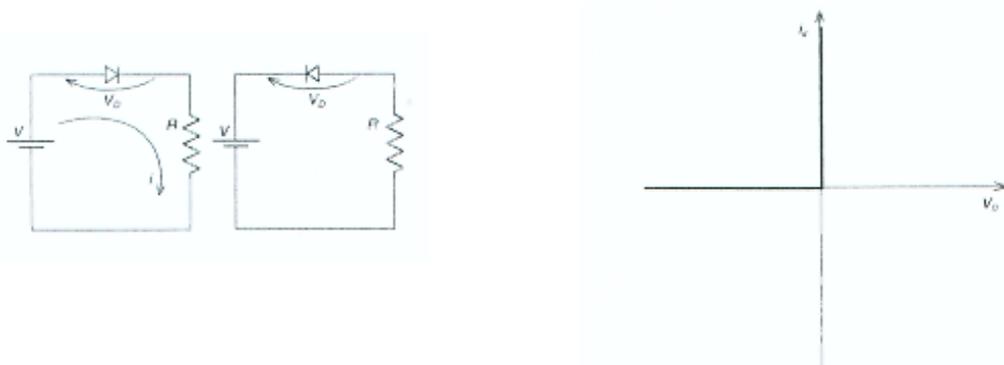
Ao entrar em contato com as regiões positiva e negativa, cria-se a chamada “junção PN”, que terá de forma do comportamento sendo o diodo. Na parte do elemento aproximado à junção onde ocorre o contato, a carga dispersa aproveita-se de uma permissividade e “deslocam de lado”, tendo a ocorrência, agora sim, com uma diferença de potencial causado pela compensação positivo-negativa, havendo um local de depleção esta diferença é nomeada de “barreira de potencial”, e encontra-se na parte interna de todos os diodos semicondutores, mesmo não estando ligados a um circuito (HETEM, 2009).

Ao ter inserida uma tensão elétrica positiva (o anodo mais positivo que o catodo), a barreira de potencial tende a diminuir, pois o campo elétrico externo restringe a atividade das cargas livres. Assim, é possível fazer a corrente elétrica atravessar o diodo (HETEM 2009).

Se invertermos as ligações de bateria. Os elétrons da posição P são repelidos pelo terminal positivo da bateria e os elétrons da região N são repelidos pelo terminal negativo. Estabelece-se uma corrente de elétrons na região N, do terminal negativo

para a junção PN. Quando é feito de material com metal germânico do tipo N se torna então positivo e tem a capacidade de aceitar elétrons do terminal negativo (BIASI, 1980).

Depois desta introdução, pode-se passar ao estudo de algumas propriedades dos diodos, pois considerando a figura, na qual estão representadas duas situações: no primeiro circuito, o diodo permite a passagem de corrente (ou o diodo está “diretamente polarizado”), e no segundo, o diodo impede a passagem da corrente (“inversamente polarizado”). Como apresentado na figura 9



**Figura 9 - Dois circuitos com diodos: à esquerda, a corrente circula através do diodo; no circuito da direita não há circulação de corrente (HETEM, 2009; p. 24)**

Se nestes circuitos o diodo fosse um hipotético “diodo ideal”, poder-se-ia concluir que: 1) quando um diodo está polarizado diretamente, a corrente passa por ele como se o dispositivo não existe, e a tensão sobre o diodo é nula, ou  $V_d = 0$ ; e 2) quando o diodo está polarizado inversamente, nenhuma corrente passa por ele, e a lei das malhas impõe que toda a tensão da malha cai sobre o diodo, ou  $V_d = V$ .

Assim, aplicando-se a “Lei de Ohm” para um diodo ideal, obter-se-ia:

$$R_d = 0 \text{ se } V_d \geq 0$$

$$R_d = \infty \text{ se } V_d < 0$$

Entretanto, não existem diodos ideais. Na verdade, pode-se afirmar que um “bom diodo” aproxima-se do diodo ideal, desde que sejam mantidas certas condições e aceitos pequenos desvios da condição ideal (HETEM, 2009).

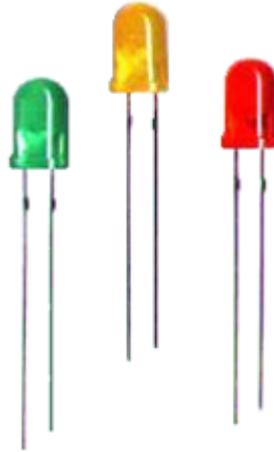
Em um diodo real, a tensão na polarização direta, a tensão sobre o diodo não é nula, mas tende a um valor fixo  $V_d$ . Este valor depende do tipo de matéria que é feito o diodo, e para diodos de silício vale  $V_d = 0,65$ .

Por outro lado, na polarização inversa, a corrente também não é nula, tendendo a um valor muito baixo (da ordem de microampères), denominado “corrente de fuga”. Se a tensão da polarização inversa for muito alta, a ponto de ultrapassar o valor da “tensão de ruptura”,  $V_z$ , a estrutura interna do diodo não suportará manter o bloqueio da corrente, e o diodo ficará inutilizado. O valor de  $V_z$  é bem elevado, podendo chegar a centenas ou até milhares de volts. Ao se fazer um projeto de circuito elétrico com diodos, devem-se levar em conta essa grandeza e suas consequências (HETEM, 2009).

Onde  $V(t)$  é a tensão observada em função do tempo;  $V_p$  representa a tensão máxima atingida, também chamada de amplitude (ou tensão de pico); e  $w$  é a velocidade angular da onda, medida em radianos por segundo. O intervalo de tempo entre duas ondas é chamado de período, e é simbolizado por  $p$ . Outra grandeza é a frequência de onda, que pode ser calculada por  $f = 1/p$ , sendo sua unidade dada em hertz (Hz), já que é sabido que um hertz equivale a 1/segundo, e no Brasil, a frequência da tensão elétrica é de 60 hz, o que significa um período de 16,67 s. (HETEM, 2009).

“Para tensões alternadas senoidais pode-se definir uma grandeza importante, a tensão eficaz”,  $V_{ef}$ , dada por:  $V_{ef} = V_p / \sqrt{2}$ . Que equivale à tensão DC (ou contínua) que forneceria a mesma potência que a tensão senoidal considerada. A fórmula geral para  $V_{ef}$  é dada por  $V_{ef} = 1/T \int v(t) dt$ . Que pode ser interpretada como a integral em um período da razão entre a tensão e o tempo. Esta grandeza também pode ser referida com  $V_{rms}$ , do inglês “Root Mean Square”, ou raiz quadrada média. Isto é devido ao fato de que a dedução da Equação passa pelo cálculo da potência dissipada na resistência, que é proporcional a  $V^2/R$  (HETEM, 2009).

Desta forma, existem diodos que transmitem luz, citados os LEDs, (figura 5).



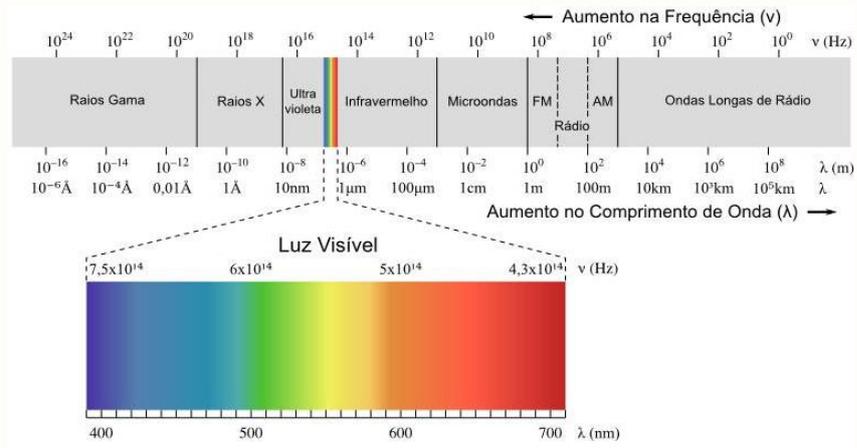
**Figura 10 - Fotos de leds**

LEDs são diodos que emitem um comprimento de luz específico, que possibilita a irradiação de substâncias que absorvam em faixas de comprimento definidos. A fluorescência, que é o objetivo principal demonstrar, em que faixa de onda a substância irá absorver, e em qual faixa de luz irá florescer, ou ainda, em qual faixa será sua maior intensidade de emissão.

Tendo em vista tabela de comprimento de onda de cores.

<b>Tabela</b>		
<b>Cor do led</b>	<b>Comprimento de onda (em <math>10^{-9}</math> m)</b>	<b>Valor típico de <math>V_L</math> (em V)</b>
Infravermelho	770 a 940	1,6
Vermelho	625 a 700	1,8 a 2,1
Laranja	635	2,2
Amarelo	585 a 588	2,4
Verde	525 a 565	2,6
Azul	470 a 505	3,1 a 3,5
Ultravioleta	395	3,5

**Tabela de cores de leds (In: HETEM, 2009; pag 36).**



**Figura 11 - Tabela de cores**  
(In: <https://fperrotti.wikispaces.com/Cores+e+vis%C3%A3o>)

## 5. AULA EXPERIMENTAL SOBRE FLUORESCÊNCIA

O fenômeno da fluorescência é visualmente atraente e desperta a curiosidade das pessoas. Trata-se da emissão de luz resultante de um processo químico, onde a emissão de luz para quando a fonte de energia é desligada. Neste artigo propomos a utilização do fenômeno de fluorescência como estratégia de ensino para desenvolvimento do tema estrutura atômica; mais especificamente, fenômeno da fluorescência pode ser facilmente demonstrado através da utilização de materiais acessíveis como água tônica, (sulfato de quinina) (NERY, 2004).

### 5.1 MATERIAS E REAGENTES

Água tônica

Tubo de ensaio

Luz ultravioleta

Água destilada

Suporte para tubo de ensaio

### 5.2 PROCEDIMENTO

Adicione água destilada em um tubo de ensaio até mais da metade, e a mesma quantidade de água tônica em outro tubo.

Coloque os tubos em um suporte para tubos de ensaio, e ilumine com luz incandescente. Após essa iluminação, ilumine os mesmos tubos com a luz ultravioleta, e anote os resultados.

### 5.3 APLICAÇÕES DE AULA

Monte um relatório com perguntas a serem respondidas

- 1) Como você explica os fenômenos que aconteceram nos procedimentos
- 2) Porque sob a luz negra emite luz?
- 3) Compare os resultados com a utilização nas luzes fluorescentes

Existe alguma relação? Explique.

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

### 6.1 MATERIAIS

- Acido clorídricos 50 %
- Água destilada
- Cascas de ovos vermelhos
- Água tônica
- Fluoresceína
- Suporte para tubos de ensaio
- Lâmpada com luz ultravioleta
- Lâmpadas com luz de leds
- Extensão com soquete elétrico
- Papel de filtro
- Funil
- Tubos de ensaio
- Becker de 500 ml
- Solução de Hidróxido de Sódio 0,1 M

### 6.2 MÉTODOS

Serão preparadas as substâncias em soluções aquosas para poderem ser aplicadas onda de energia sobre as mesmas, para que possamos testar e

confirmar o fenômeno da fluorescência nestas soluções, como também quantificar o comprimento de onda que isso ocorrerá.

### **6.2.1 Retirada da Protoporfirina IX das cascas de ovos vermelhos**

Cozinharam-se os ovos em água comum que foi esquentada até seu ponto de ebulição por aproximadamente dez minutos, separou-se a casca de ovos do sua clara cozida, e quebrou-as em partes menores.

Em um Becker foi acrescentou-se as cascas, e derramado sobre as mesmas uma solução de ácido clorídrico 50%, para obter uma solução em pH ácido.

Observando-se a mudança na coloração do ácido, a solução contendo Protoporfirina IX, foi filtrada e reservada.

A solução filtrada foi irradiada por luz ultravioleta, através do uso de uma lâmpada de luz negra.

### **6.2.2 Diluição Fluoresceína**

Realizou-se a diluição da fluoresceína em um meio básico, ou seja, com pH alcalino numa solução de hidróxido de sódio de concentração 0,1 mol/L

A solução foi reservada em um Becker

Através do uso de luz de led na cor vermelho, foi fornecido luz a mesma solução em um tubo de ensaio.

Através do uso de luz de led na cor azul, foi fornecido luz a mesma solução em um tubo de ensaio.

A luz fornecida foi irradiada sobre tubos de vidro para facilitar o fornecimento de luz para a solução

### 6.2.3 Quinino

Pegou-se uma lata contendo água tônica, e acrescentando-a um tubo de ensaio, ao lado de um tubo contendo água destilada.

Colocou-se luz ultravioleta sobre os tubos de ensaio, com o uso de luz negra.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No subitem a seguir, serão observados os resultados analíticos que servirão como base para a aula prática, de modo que fique de fácil entendimento dos resultados de todas as substâncias envolvidas nesses processos.

### 7.1 PROTOPORFIRINA IX

Colocou-se 80 g de cascas de ovos vermelhos dentro de um Becker de 500 ml demonstrado na figura 12.



**Figura 12 - Cascas de ovos vermelhos**

Foram derramados aproximadamente 100 ml de ácido clorídrico 50%, neste Becker contendo as cascas de ovos vermelhos.

Na figura 13 se observa as mesmas cascas de ovo, porém não mais em estado sólido, devido ao contato com o ácido:



**Figura 13. Cascas de ovos com solução de ácido clorídrico**

Esta solução foi diluída em um funil, através do uso de um papel de filtro, e separada em um tubo de ensaio.

A solução foi testada através da irradiação com luz ultravioleta, para confirmar a retirada da Protoporfirina IX, na solução acida.

Na figura 14, tem-se uma amostra prática da solução irradiada por luz negra, ficando nítido o efeito fluorescência:



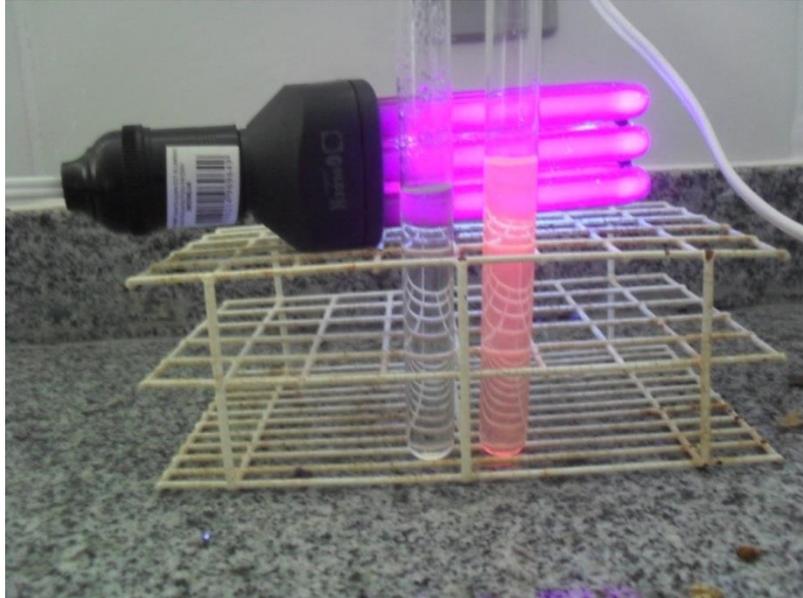
**Figura 14. Solução de ácido contendo cascas de ovos, iluminada por luz UV**

Colocou-se num tubo de ensaio a solução ácida que continha às cascas de ovos vermelhos, para a retirada de protoporfirina IX, após sua filtragem foi preenchido o tubo de ensaio com esta solução em um suporte de tubos de ensaio, e posto juntamente um tubo de ensaio contendo água destilada, a fim de demonstrar a veracidade dos experimentos (figura 15).



**Figura 15 - Foto de solução contendo Protoporfirina IX diluída**

Colocou-se a luz ultravioleta e fez com que sua incidência de luz sobre os tubos (figura 16).

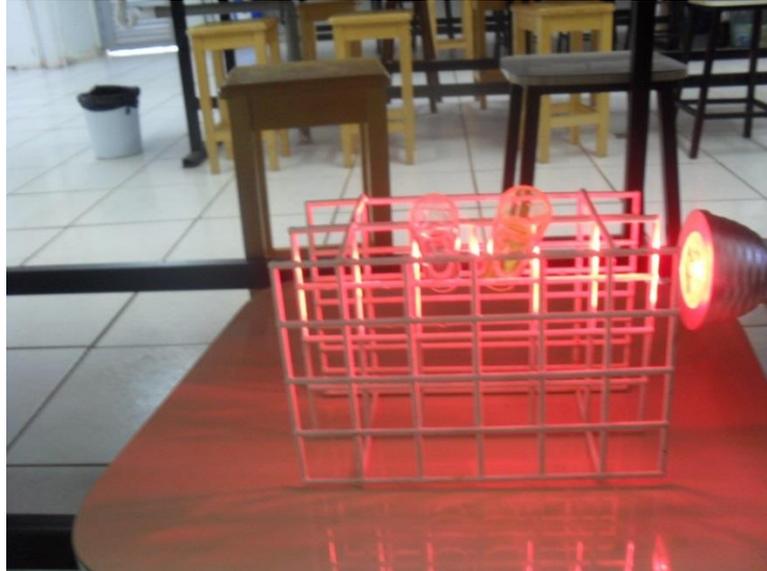


**Figura 16 - Tubo com Solução contendo Protoporfirina IX irradiada por luz negra**

Como pode ser observada, ao se excitar a molécula de protoporfirina IX com luz ultravioleta observa-se que o tubo “acende” emitindo uma cor vermelha. O resultado está de acordo com o espectro de absorção da molécula, que absorve em 400 nm (luz ultravioleta). Não foi possível encontrar o espectro de emissão da protoporfirina IX para comparar o resultado obtido.

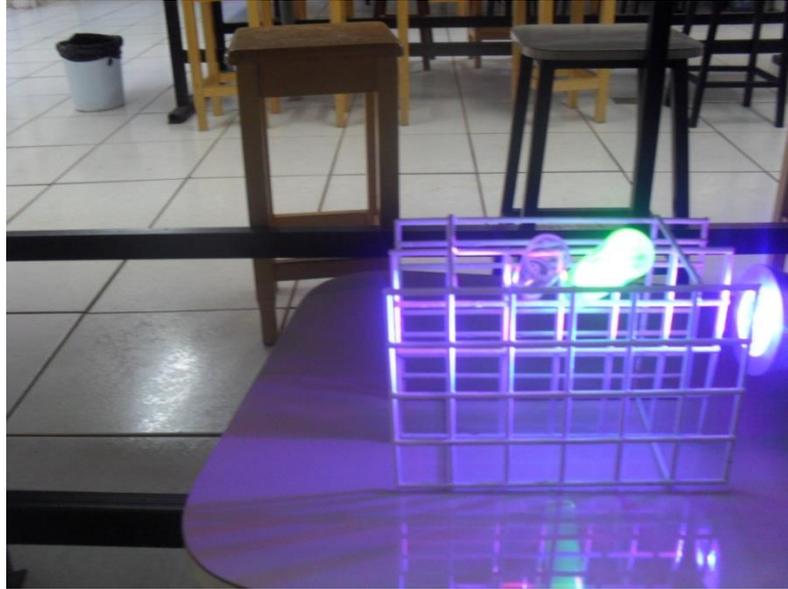
## 7.2 FLUORESCÊNCIA

Utilizou-se a incidência de luz em comprimentos de onda diferentes para exemplificar o conceito de excitação, primeiro com uma lanterna de luz vermelha que está na faixa de comprimento de onda em torno de 680 nm (figura17).



**Figura 17- Solução de fluoresceína irradiada por luz vermelha**

Como pode ser observado, não ocorreu fluorescência com a utilização da luz vermelha como fonte de excitação. Pode-se notar que o tubo contendo fluoresceína não está emitindo luz, semelhante ao tubo contendo água. Isto pode ser explicado observando-se o espectro de absorção da fluoresceína (figura 3). A fluoresceína não é excitada com a luz vermelha porque não absorve esta luz. Como não pode ser excitada, a molécula não fluoresce porque já que não absorveu energia, não pode liberar. Em seguida foi testada com a luz azul que se encontra na faixa de comprimento de luz de 450 nm. Na figura 18 pode-se observar que ao incidir luz azul sobre a solução de fluoresceína ela emite luz de cor verde. Este resultado é explicado pelos espectros da figura 3. No espectro de absorção nota-se que a fluoresceína absorve a luz azul podendo, deste modo, ficar excitada. No espectro de emissão, a cor observada verde está de acordo com o espectro de emissão da fluoresceína, que tem máximo de emissão em 520 nm (cor verde).



**Figura 18. Tubos contendo água de destilada e solução de fluoresceína irradiada por luz azul**

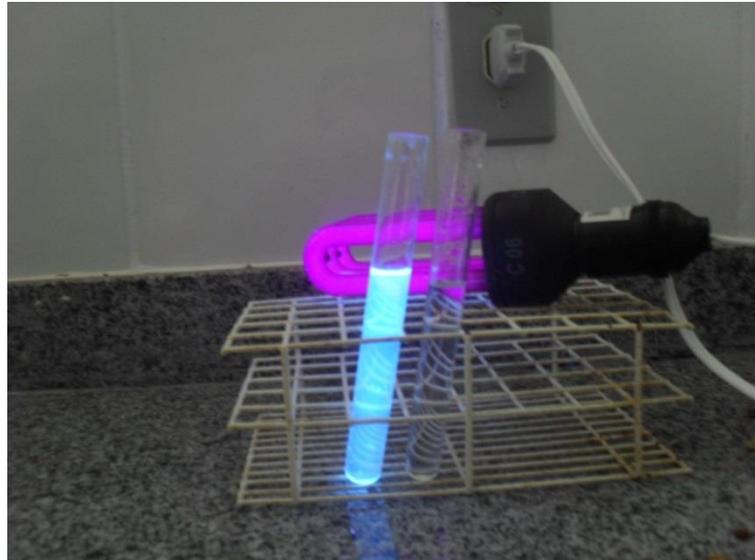
### 7.3 SULFATO DE QUININA

Foram feitos experimentos usando dois tubos de ensaio um contendo solução com quinino e o outro com água destilada (figura 19).



**Figura 19. Tubos contendo água tônica e água destilada.**

Colocou-se a lâmpada que irradia luz ultravioleta junto aos tubos de ensaio, para visualização de seu efeito de fluorescência, como demonstrado na figura 20.



**Figura 20 - Tubo contendo solução de quinino sendo exposta à luz ultravioleta**

Como pode ser observado, ao se excitar a molécula de quinino com luz ultravioleta, a molécula de quinino fluoresce emitindo luz azul. O resultado está de acordo com os espectros de absorção do quinino que absorve luz ultravioleta (350 nm) e emite luz de 450 nm (cor azul).

## 8. CONCLUSÃO

Foi possível através da utilização das substâncias protoporfirina IX, quinino e fluoresceína demonstrar a relação existente entre os espectros de absorção (excitação) e os espectros de emissão (fluorescência). Estes resultados servem para ilustrar o fenômeno da fluorescência através da utilização de substâncias e lâmpadas de fácil acesso. Foi possível relacionar os espectros com os resultados observados. A cor de excitação foi à cor do máximo de absorbância da molécula. A cor observada no tubo de ensaio estava de acordo com a cor do máximo de emissão.

No cotidiano existem muitas aplicações da fluorescência. Sabe-se que as lâmpadas fluorescentes são mais econômicas do que as lâmpadas incandescentes. No Brasil existe uma portaria que determina o fim das luzes incandescentes até 2016. Será que ao comentar a luz fluorescente não surgirão dúvidas sobre este fenômeno? O objetivo deste trabalho foi ilustrar a fluorescência.

## REFERÊNCIAS

ATKINS P. W. **Physical Chemistry**, 3.ed. Oxford: Oxford University Press, 2001.

BALL, David W., 1962- **Físico química**, vol. 1 / David W. Ball; [ tradução Ana Marcon Vichi]..—São Paulo: Pioneira Thomsom Learning, 2005.

Titulo Original: **Physical chemistry**

ISBN 85-221-0417-5

BIASI, Ronaldo Sergio, Ph.D. (trad.), **Circuitos a Válvula e transistorizados**, 4 ed. Vol 1 Editora Record, 1980

BIASI, Ronaldo Sergio, Ph. D. (trad), **Circuitos a Válvula e transistorizados**, 4 ed. Vol 3 Editora Record, 1980.

BRASIL. Ministério de Estado de Minas e Energia, da Ciência e Tecnologia e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Portaria Interministerial nº 1.007, de 31 de dezembro de 2010. **Estabelece níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia, fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos pertinentes.** Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF.

CULBRETH, P.; WALTER, G.; CARTER, R.; BURTIS, C. **Separation of protoporphyrins and related compounds by reversed-phase liquid chromatography.** *Clinical Chemistry*, v. 25, nº4, p 605/610, 1979.

DAVID L. N., Michael M. C., "**Lehninger Principles of Biochemistry**", 4ª edição, W. H. Freeman, 2005,

GUNTER, E. W.; TURNER, W.E.; HUFF, D.L. **Investigation of protoporphyrin IX standard materials used in acid** – extraction methods, and a proposed correction for the millimolar absorptivity of protoporphyrin IX. *Clinical Chemistry*, v. 35, nº 8, p. 1601/1608, 1989.

HENRIQUES, J; BRITO G. de; PIANETTI, G.; **Anatomia Microcirúrgica da Região Selar em Cadáveres a Fresco Utilizando Técnica Fotográfica com Fluoresceína.** Disponível em: [http://qnint.sbg.org.br/qni/popup\\_visualizarMolecula.php?id=UIXUMIMBIjB4Rn](http://qnint.sbg.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=UIXUMIMBIjB4Rn)> Acesso em: 27 Out 2013

HETEM J. A., 1961 – **Fundamentos da informática: eletrônica básica para a computação**/Annibal Hetem Junior. – Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MILLORY, W. J. **Físico-Química**. 4.ed, v. 2. São Paulo: Editora Edgard Bluncher, 1976.

MOORE W. J. **Físico-Química**.vol1., 4ª ed. Edgard Bluncher, São Paulo 1976.

PAREDES, S. **Molécula de Fluoresceína e gráfico excitação e emissão**. Disponível em: <<http://cluster-divulgacioncientifica.blogspot.com.br/2008/12/fluorescencia-y-fosforescencia.html>> Acesso em: 27 Out. 2013

NERY, A. L. P., FERNANDEZ, C. **Experimentação no Ensino de Química**. Disponível em: <<http://www.gnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/19-a.12.pdf>> Acesso em: 01 Abr. 2013.

PIMENTEL FIGUEIRA, LÚCIO; **Desenvolvimento Farmacotécnico de Sulfato de Quinina Microencapsulada, Cinética de Liberação e Atividade Antimalárica**, 2002, Universidade federal de Pernambuco Centro de ciências da saúde Departamento de ciências farmacêuticas Mestrado em ciências Farmacêuticas

SKOOG, Douglas A. **Princípios da Análise Instrumental**/ Douglas A. Skoog, F.JAMES Holler e Timothy A. Nieman; trad. Ignez Caracelli [et al.] – 5 ed: Porto Alegre: Bookman, 2002.