

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE FÍSICA

João Vitor Campos Medeiros

Kit Didático com Blendas Poliméricas: Explorando Novas Possibilidades no Ensino de
Fotoluminescência e Óptica

Uberlândia

2025

João Vitor Campos Medeiros

Kit Didático com Blendas Poliméricas: Explorando Novas Possibilidades no Ensino de
Fotoluminescência e Óptica

Trabalho de conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Física da Universidade Federal
de Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de licenciado em física

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Tozoni

Uberlândia

2025

João Vitor Campos Medeiros

Kit Didático com Blendas Poliméricas: Explorando Novas Possibilidades no Ensino de
Fotoluminescência e Óptica

Trabalho de conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Física da Universidade Federal
de Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de licenciado em física

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Roberto Tozoni

Prof. Dra. Mariana Mieko Odashima

Prof. Dr. Ramon Guilherme Flávio Dornelas

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder forças para chegar até aqui, com saúde e foco, permitindo que eu seguisse em frente em minha trajetória.

Sou profundamente grato aos meus pais, Vanubia Campos Medeiros e João Batista Campos, pelo apoio incondicional em minha decisão de me tornar professor e por sempre acreditarem em mim, tornando possível a realização desse sonho.

Agradeço ao meu orientador, José Roberto Tozoni, pela dedicação, paciência e orientação ao longo da construção deste trabalho. Seu apoio foi fundamental para que eu seguisse em frente, aprofundando nos meus estudos.

Minha gratidão também vai para os professores da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) que contribuíram para minha formação, especialmente Mariana Mieko Odashima, Ricardo Kagimura, Alessandra Riposati, Adevailton Bernardo dos Santos, Gustavo Brito, Altair Ramos e a todos os demais docentes dos quais tive a oportunidade de aprender.

Agradeço aos meus amigos, que se tornaram grandes companheiros de jornada durante esses 5 anos de estudo, como Ramon Guilherme Dornelas, Felipe Artiaga Faria, Olavo Viola, Matheus Isaac, Marta Aparecida, Nicollas Luduvichack, Callebe Medeiros, Rafael Ramos, Gabriel Ramos, ao grupo do PET Física Licenciatura entre outros, juntos compartilhamos livros, conhecimentos e experiências que foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

SUMÁRIO

1 Introdução.....	7
1.1 Motivação do trabalho.....	7
2 Objetivos.....	9
2.1 Objetivo geral.....	9
2.2 Objetivos específicos:.....	9
3 Justificativa.....	9
4 Referencial teórico.....	10
4.1 Desafios no Ensino de Física e o uso de recursos didáticos como ferramentas.....	10
4.2 Potencial dos Polímeros Conjugados como Recursos Didáticos.....	11
4.3 Polímeros Conjugados.....	11
4.4 Propriedades dos Polímeros Conjugados.....	13
4.5 Absorção Óptica nos Polímeros.....	16
4.6 Fotoluminescência.....	17
4.7-MEH- PPV.....	19
5 Materiais e Métodos.....	21
5.1 Materiais.....	21
5.2 Preparação das blendas.....	21
6 Proposta Didática.....	22
6.1 Aplicação do projeto utilizando kit didático.....	22
6.2 As fontes de luz utilizadas.....	23
6.3 Imagens das amostras.....	23
7 Conclusões.....	27
8 Referências.....	28
APÊNDICE A – Proposta de Sequência Didática para Aulas Futuras com o Kit Fabricado e o Kit de Óptica Comprado.....	32

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um kit didático voltado ao ensino dos fenômenos de Fotoluminescência e Óptica no Ensino Médio, por meio da utilização de polímeros conjugados, materiais que se destacam por suas propriedades semicondutoras e fotoluminescentes, com grande potencial para aplicações tecnológicas. No desenvolvimento do kit, foram confeccionadas blendas poliméricas nos estados sólido e líquido. As blendas foram produzidas a partir da mistura de uma resina polimérica bicomponente com o polímero fotoluminescente MEH-PPV (poli[2-metoxi-5-(2'-etilhexiloxi)-1,4-fenilenvinileno]). Também foram elaboradas blendas fotoluminescentes utilizando polifluorenos. Para a confecção das soluções poliméricas fotoluminescentes, foram realizadas misturas com verniz acrílico e os mesmos polímeros fotoluminescentes utilizados na preparação das blendas nos estados sólido e líquido. O kit integra essas blendas e lentes ópticas e está acompanhado de propostas de aulas que orientam sua aplicação em sala de aula, promovendo uma abordagem prática que estimula a observação, o questionamento e a experimentação científica por parte dos alunos.

Para avaliar a aplicabilidade do material, o kit foi apresentado a alunos do Ensino Médio em uma escola pública de Uberlândia, com o objetivo de despertar seu interesse por temas científicos. Durante a demonstração, foram abordados conceitos como o espectro da luz visível e o funcionamento dos polímeros fotoluminescentes para explicar o fenômeno. A participação ativa dos estudantes evidenciou o potencial do kit como recurso didático para o ensino experimental de ciências.

Palavras-chaves: Polímeros conjugados, fotoluminescência, óptica, MEH-PPV, polifluorenos, kit didático

ABSTRACT

This work presents the development of a teaching kit for teaching photoluminescence and optics in high school. It uses conjugated polymers, materials known for their semiconductor and photoluminescent properties, with great potential for technological applications. During the development of the kit, polymer blends were prepared in solid and liquid states. The blends were produced by mixing a bicomponent polymer resin with the photoluminescent polymer MEH-PPV (poly[2-methoxy-5-(2'-ethylhexyloxy)-1,4-phenylenvinylene]). Photoluminescent blends were also prepared using polyfluorenes. To prepare the photoluminescent polymer solutions, mixtures were made with acrylic varnish and the same photoluminescent polymers used in the preparation of the solid and liquid blends. The kit includes these blends and optical lenses and is accompanied by lesson plans that guide their application in the classroom, promoting a practical approach that encourages observation, questioning, and scientific experimentation by students.

To evaluate the material's applicability, the kit was presented to high school students at a public school in Uberlândia, with the aim of sparking their interest in scientific topics. During the demonstration, concepts such as the visible light spectrum and the functioning of photoluminescent polymers were covered. The students' active participation highlighted the kit's potential as a teaching resource for experimental science education.

Keywords: Conjugated polymers, photoluminescence, optics, MEH-PPV, didactic kit

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Modelo de cadeia polimérica hipotética, onde n indica quantas vezes o monômero se repete mantendo a conjugação eletrônica contínua	15
Figura 2- Representação esquemática das ligações químicas simples e duplas.....	16
Figura 3- (a) Representação de uma cadeia polimérica contendo trechos conjugados (indicados por cilindros) e trechos não conjugados (indicados por linhas). (b) Analogia entre o comprimento de conjugação da cadeia polimérica e o modelo físico do poço quântico unidimensional. Os segmentos com maior conjugação são representados por poços de maior largura, sendo que os níveis de energia seguem a relação $E_3 > E_2 > E_1$	17
Figura 4: Polímeros Conjugados Derivados do PPV. Adaptado de (ALZATE, 2010).....	18
Figura 5: (a) Representação do elétron em seu estado de menor energia (estado fundamental); (b) absorção de um fóton pelo elétron; (c) transição do elétron para um estado de maior energia (estado excitado).....	19
Figura 6: Espectro de absorção típico do MEH-PPV.....	20
Figura 7: Espectro de emissão típico do MEH-PPV.....	21
Figura 8: Diagrama de Jablonski: Fluorescência e Fosforescência	22
Figura 9: Fórmula estrutural do MEH-PPV.....	23
Figura 10: Cubetas com MEH-PPV e três tipos diferentes de polifluorenos expostas a luz violeta.....	26
Figura 11: Amostras dos polímeros iluminados com a luz violeta	26

Figura 12: Lente polimérica iluminada com laser verde em processo de cura	27
Figura 13: Lentes poliméricas retiradas do molde após o tempo de fabricação	27
Figura 14: Kit didático com as cubetas fotoluminescentes iluminada com luz UV	28
Figura 15: Explicação do fenômeno ocorrendo para alunos	28
Figura 16: Kit de óptica com as lentes de acrílico comprada	29
Figura 17: Lente de acrílico iluminada com luz vermelha	29

1 Introdução

1.1 Motivação do trabalho

Os conceitos abordados na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias enfrentam desafios significativos, especialmente no ensino de conteúdos como Fotoluminescência e Ótica. A escassez de experimentos práticos e materiais didáticos apropriados reduz as oportunidades para o desenvolvimento de um processo de ensino-aprendizagem efetivo. Além disso, uma infraestrutura inadequada dificulta a implementação de metodologias mais dinâmicas e interativas, limitando tanto o engajamento dos alunos quanto a compreensão dos conteúdos. A ausência de laboratórios e a carência de recursos experimentais comprometem o interesse dos estudantes e dificultam a construção de conhecimentos científicos mais sólidos (LOPES e SILVA, 2021).

Entre as estratégias para aprimorar o ensino e a aprendizagem em Física, destaca-se a utilização de atividades experimentais. Conforme as Diretrizes Curriculares de Educação Básica do Estado do Paraná (DCE):

“[...] a experimentação no Ensino de Física é uma metodologia importante, que contribui para a formulação e o estabelecimento de relações entre conceitos, favorecendo a interação entre professor e estudantes e promovendo o desenvolvimento cognitivo e social no ambiente escolar.” (PARANÁ, 2008, p. 56).

Por outro lado, os polímeros conjugados, materiais orgânicos com propriedades semicondutoras, destacam-se por unir a flexibilidade e o fácil processamento dos polímeros tradicionais às características optoeletrônicas típicas de semicondutores inorgânicos. Essa combinação única torna esses materiais promissores para diversas aplicações tecnológicas. Considerando os desafios no ensino desses temas, este projeto propõe o desenvolvimento de um kit didático formado por blendas poliméricas fotoluminescentes e lentes ópticas. As blendas nos estados sólido e líquido foram feitas pela mistura de uma resina polimérica bicomponente e os polímeros fotoluminescentes, o MEH-PPV (poli[2-metoxi-5-(2'-etilhexiloxi)-1,4-fenilenvinileno]), também foram confeccionadas blendas fotoluminescentes com polifluorenos. Para a confecção das soluções poliméricas fotoluminescentes foram realizadas misturas utilizando um verniz acrílico e os mesmos polímeros fotoluminescentes utilizados para a confecção das blendas. O objetivo foi proporcionar aos alunos uma experiência de aprendizagem prática e envolvente, favorecendo tanto

a compreensão qualitativa quanto quantitativa dos conceitos científicos por meio de recursos visuais.

Na primeira parte deste trabalho, foi feita uma revisão teórica sobre os principais desafios do ensino de Física e a importância dos recursos didáticos como ferramenta. Em seguida, discutem-se as possibilidades dos polímeros como recursos didáticos e suas características, com ênfase na absorção de luz e na fotoluminescência, destacando o papel do MEH-PPV. Por fim, descrevem-se os materiais e métodos utilizados na preparação das blendas fotoluminescentes e lentes ópticas, bem como a aplicação prática do kit utilizando as blendas poliméricas fotoluminescentes numa escola estadual de Uberlândia, demonstrando seu potencial como ferramenta pedagógica inovadora e acessível. Além disso, o trabalho traz a conclusão, que retoma os resultados obtidos e discute as contribuições do kit para o ensino de Física. No apêndice, encontra-se uma proposta de aulas para a implementação do kit desenvolvido e do kit óptico adquirido.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um kit didático com polímeros orgânicos para o ensino de Fotoluminescência e Óptica no ensino médio.

2.2 Objetivos específicos:

- Preparar um kit didático com blendas poliméricas Fotoluminescentes e Lentes ópticas;
- Criar roteiros de aulas para facilitar a aplicação prática dos conceitos ópticos no ambiente escolar;
- Abordar a utilização de metodologias novas para melhor a compreensão e o interesse dos alunos sobre Fotoluminescência e Óptica.

3 Justificativa

Este projeto é importante porque muitos conceitos de Fotoluminescência e Óptica são difíceis de entender apenas na teoria. A criação do kit, busca preencher essa lacuna ao trazer uma experiência prática que ajuda os estudantes a verem como esses fenômenos acontecem e como eles estão presentes no dia a dia, por outro lado o uso de polímeros orgânicos torna o aprendizado mais atrativo e moderno, despertando curiosidade pela ciência e tecnologia.

4 Referencial teórico

4.1 Desafios no Ensino de Física e o uso de recursos didáticos como ferramentas

No Brasil, estudantes provenientes de classes social e economicamente desfavorecidas, majoritariamente atendidos pela rede pública de ensino fundamental e médio, enfrentam grandes obstáculos para alcançar sucesso nos exames de ingresso às universidades públicas. A principal causa dessas dificuldades está nas deficiências estruturais do ensino básico, especialmente no que se refere à formação científica (XAVIER, 2003).

Dentre os fatores que contribuem para essa precariedade, destacam-se a carga horária reduzida destinada às disciplinas de Ciências da natureza e suas tecnologias, a escassa utilização de tecnologias educacionais em sala de aula e, sobretudo, a ausência quase total de atividades experimentais em laboratórios, particularmente na área de Física (XAVIER, 2003). Essa carência compromete a compreensão dos conteúdos e resulta em uma formação científica e tecnológica limitada, ampliando a defasagem dos estudantes frente às demandas contemporâneas e aos avanços do mundo científico e tecnológico.

As consequências dessa formação deficiente se refletem diretamente na baixa inserção de profissionais nas áreas de ciência e tecnologia. O desinteresse pela Física, por exemplo, muitas vezes decorre da dificuldade em compreender seus conceitos fundamentais ainda no ensino médio. Essa lacuna se torna evidente nos processos seletivos de ingresso ao ensino superior, nos quais a Física é frequentemente percebida como um dos principais obstáculos pelos estudantes oriundos da rede pública e privada (EIRAS, 2003).

Diversos pesquisadores têm apontado que a falta de laboratórios didáticos nas escolas públicas é um dos fatores determinantes para o baixo desempenho em Física (EIRAS, 2003). As atividades experimentais são essenciais para tornar o aprendizado mais concreto e significativo, permitindo que os alunos observem os fenômenos físicos diretamente, estimulem o pensamento crítico e desenvolvam a curiosidade científica (SÉRÉ, 2003). Tais experiências contribuem não apenas para a consolidação dos conteúdos teóricos, mas também para a compreensão de sua aplicação no cotidiano. Nesse contexto, torna-se urgente a adoção de estratégias pedagógicas capazes de reduzir essas lacunas na formação em Física. A criação e o uso de kits didáticos experimentais, desenvolvidos com materiais simples e de baixo custo, têm se mostrado uma

alternativa eficaz, especialmente em escolas com escassez de recursos didáticos (XAVIER; LEAL; BRANDÃO, 2009).

4.2 Potencial dos Polímeros Conjugados como Recursos Didáticos

Polímeros conjugados são materiais orgânicos semicondutores que reúnem flexibilidade, baixo custo e propriedades optoeletrônicas relevantes (FALEIROS, 2007). Desde os estudos iniciais sobre a condutividade do poliacetileno e, mais tarde, sobre a eletroluminescência no poli(para-fenileno vinileno) (PPV) (YU; HEEGER, 1996), esses materiais ganharam destaque no desenvolvimento de dispositivos emissores de luz, como LEDs orgânicos.

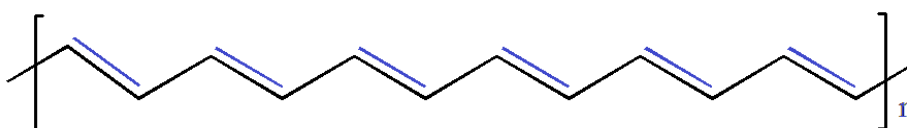
Estudos mais recentes mostram que a desagregação de certos polímeros, como o poli(9,9-di-hexilfluoreno-diil divinileno-alt-1,4-fenilenvinileno) (LaPPS16), pode ser promovida pela formação de blendas com poli(metacrilatos de n-alquila), resultando em materiais moldáveis, eficientes e emissores de luz em diferentes comprimentos de onda (TOZONI, 2009). Essas características tornam os polímeros conjugados altamente promissores na produção de kits didáticos fotoluminescentes, recursos acessíveis e visualmente atrativos, que podem contribuir significativamente para o ensino experimental de Física.

4.3 Polímeros Conjugados

Polímeros são macromoléculas constituídas por unidades químicas repetitivas, denominadas meros, conectadas por ligações covalentes ao longo de uma cadeia, suas propriedades dependem de fatores como massa molecular, estrutura química e das interações intra e intermoleculares envolvidas (MANO; MENDES, 1999). Dessa forma, diversos polímeros tradicionais, como o Poliestireno, o Nylon e o Cloreto de Polivinila (PVC), já foram amplamente estudados em função de suas inúmeras aplicações no cotidiano, esses materiais apresentam características dielétricas atribuídas, em grande parte, à predominância de ligações simples (σ) entre os átomos de carbono e seus vizinhos (COELHO, 2005). Contudo, em 1977 foi sintetizado um polímero com propriedades eletrônicas inéditas até então: o poliacetileno (YU; HEEGER, 1996), o material deu origem a uma nova classe de compostos conhecidos como semicondutores orgânicos, já os chamados polímeros conjugados possuem em sua estrutura um sistema π -conjugado, caracterizado pela alternância entre ligações duplas (π) e simples (σ) ao longo da

cadeia de átomos de carbono, conferindo-lhes a capacidade de condução elétrica sob determinadas condições (SILVA, 2008).

Figura 1: Modelo de cadeia polimérica hipotética, onde n indica quantas vezes o monômero se repete mantendo a conjugação eletrônica contínua.



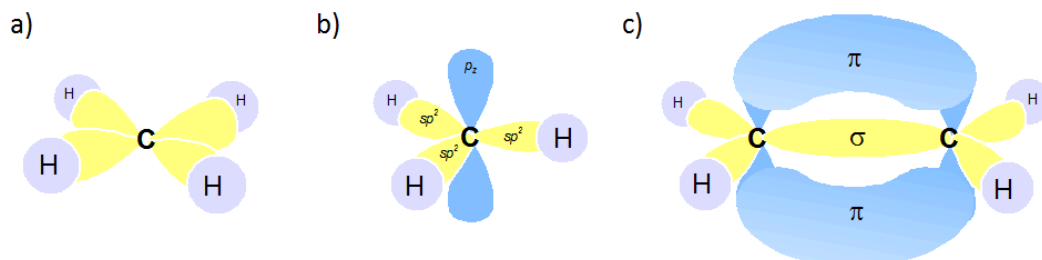
Referência: (ARANTES, 2017)

De modo geral, os polímeros conjugados são formados principalmente por átomos de carbono e hidrogênio, embora seja comum a presença de outros elementos, como Nitrogênio, Oxigênio e halogênios (fluor, cloro, iodo e boro) (VALADARES, 2008).

O sistema π -conjugado desses polímeros surge da hibridização do carbono (YU; HEEGER, 1996), diferentemente da hibridização sp^3 , na qual o carbono forma quatro orbitais híbridos (Figura 7a), nos polímeros conjugados o carbono adota a hibridização sp^2 (Figura 7b), resultando em três orbitais híbridos sp^2 e um orbital p_z não hibridizado, esses orbitais sp^2 , que se encontram no mesmo plano, estabelecem as ligações σ , enquanto o orbital p_z não hibridizado, perpendicular ao plano, participa da formação das ligações π (Figura 7c).

Figura 2: Representação esquemática das ligações químicas simples e duplas:

- (a) quatro orbitais híbridos sp^3 , responsáveis apenas pelas ligações σ ;
- (b) três orbitais híbridos sp^2 , com um orbital p_z que permanece sem hibridização;
- (c) formação conjunta de uma ligação σ e uma ligação π entre dois átomos de carbono.



Referências: (ARANTES, 2017)

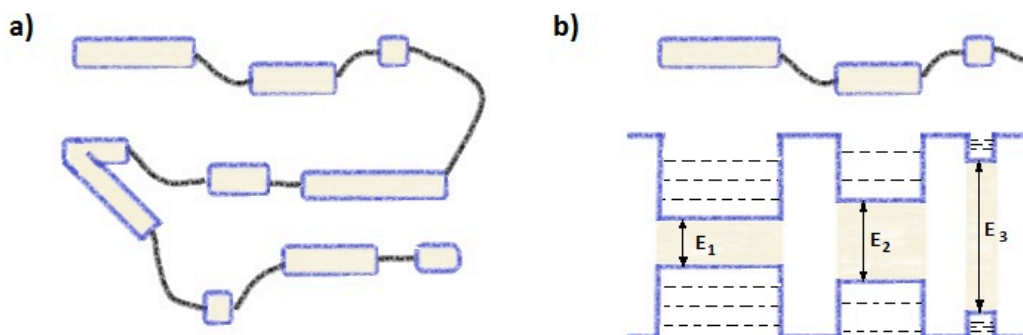
4.4 Propriedades dos Polímeros Conjugados

A utilização de polímeros em dispositivos emissores de luz remonta ao início da década de 1970, com destaque para o poliacetileno. Com isso, cerca de vinte anos depois, um marco importante na área foi alcançado por R. Friend e colaboradores, conforme descrito por Lakowicz (2008), ao desenvolverem dispositivos nos quais a camada ativa passou a ser composta por um polímero luminescente, o poli(p-fenilenovinileno) (PPV). Apesar dos avanços significativos a comercialização em larga escala desses dispositivos ainda enfrenta desafios consideráveis, sendo a fotoxidação um dos principais entraves tecnológicos. Paralelamente, diversos estudos (DE VASCONCELOS & BIANCHI, 2007; SANTOS, s.d.; TOZONI, 2012; DIAS, 2015) têm investigado a utilização de polímeros conjugados como elementos ativos em detectores de radiação. Nessas aplicações, o fenômeno da fotoxidação, tradicionalmente visto como um obstáculo, é explorado como ferramenta útil para o monitoramento e controle da dose de radiação.

Os polímeros são macromoléculas com massas molares variando entre 10^4 e 10^6 Daltons e podem ser classificados estruturalmente como lineares (monômeros ligados em sequência), ramificados (com cadeias laterais) ou reticulados (com ligações cruzadas), conforme descrito por (MANO e MENDES, 1999). O grau de polimerização indica a quantidade de unidades monoméricas repetidas: quando elevado, o material é denominado alto polímero; quando reduzido, com massa molar entre 500 e 6000 Daltons, é classificado como oligômero. Polímeros formados por um único tipo de monômero são chamados homopolímeros; já aqueles compostos por mais de uma espécie de monômero são denominados copolímeros, podendo apresentar-se em conformações do tipo bloco, alternado, aleatório ou enxertado (ARAÚJO, 2017).

Os polímeros conjugados, por sua vez, são constituídos por cadeias poliméricas contendo segmentos conjugados de diferentes comprimentos, intercalados por regiões não conjugadas representadas, respectivamente, por cilindros e linhas na Figura 9a (Silva, 2008), as interrupções na conjugação podem ocorrer devido a defeitos estruturais, processos oxidativos ou torções na cadeia. Do ponto de vista eletrônico, cada segmento conjugado pode ser modelado como um poço quântico unidimensional (Figura 9b), sendo que a largura do poço está diretamente relacionada ao comprimento de conjugação, assim segmentos mais longos estão associados a menores energias eletrônicas (BLAND, 1996).

Figura 3: (a) Representação de uma cadeia polimérica contendo trechos conjugados (indicados por cilindros) e trechos não conjugados (indicados por linhas). (b) Analogia entre o comprimento de conjugação da cadeia polimérica e o modelo físico do poço quântico unidimensional. Os segmentos com maior conjugação são representados por poços de maior largura, sendo que os níveis de energia seguem a relação $E_3 > E_2 > E_1$

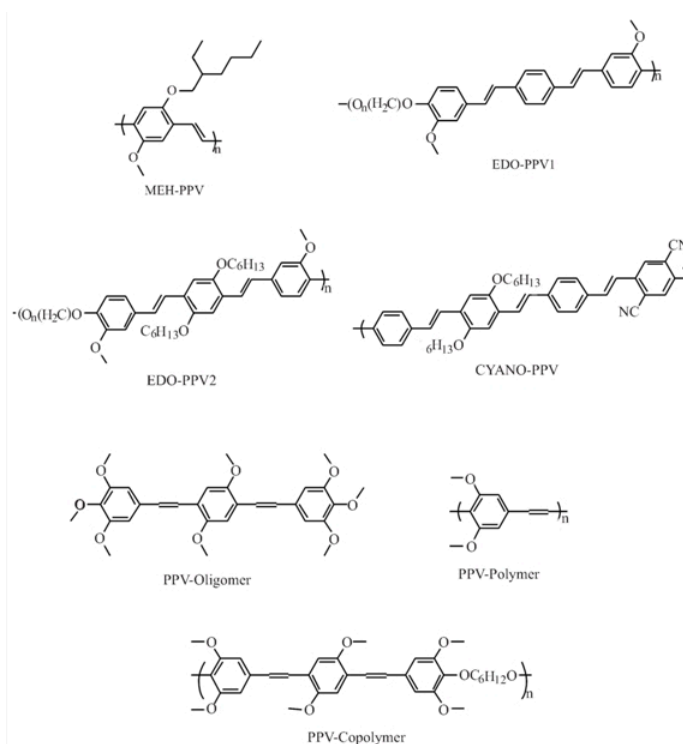


Referências: (ARANTES, 2017)

O polifenileno vinileno (PPV) é um polímero que possui um gap de energia em torno de dois vírgula cinco elétron-volts (2,5 eV), ele se destaca por ser bastante utilizado em dispositivos que emitem luz, como os eletroluminescentes. Uma das principais vantagens do PPV é o fato de sua estrutura orgânica permitir alterações e substituições em sua cadeia, o que faz com que suas propriedades ópticas e eletrônicas possam ser ajustadas conforme a necessidade (ROTHBERG, 1996). Por isso, vários derivados do PPV têm sido desenvolvidos e estudados, um exemplo é o

MEH-PPV, que é criado ao se adicionar um grupo alcóxi (OC_6H_3) na estrutura do polímero. Essa modificação diminui o valor do gap e altera as propriedades de emissão de luz, como mostrado na Figura 4.

Figura 4: Polímeros Conjugados Derivados do PPV. Adaptado de (ALZATE, 2010).



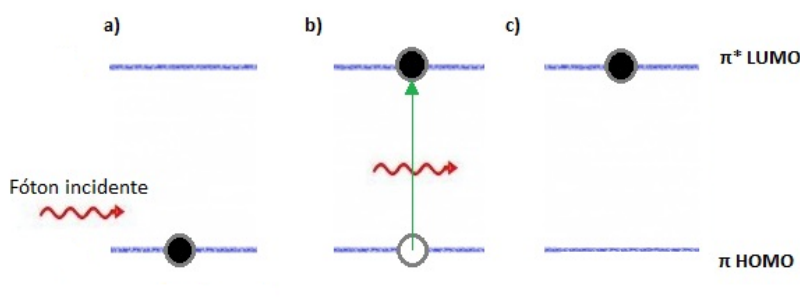
Referências: (ARANTES, 2017)

A combinação de polímeros fotoluminescentes com certos polímeros inertes dá origem às chamadas blendas poliméricas (do inglês *blend*, que significa mistura). Essas composições apresentam diversas vantagens em relação ao uso isolado de polímeros luminescentes, como maior eficiência na emissão de luz, menor susceptibilidade à fotoxidação, emissão de luz polarizada e, dependendo da concentração, até um deslocamento espectral para a região azul (TOZONI, 2012), entre os polímeros inertes utilizados nesse tipo de composição, destacam-se os polimetacrilatos (PnMAs), amplamente reconhecidos por sua alta transparência óptica, resistência mecânica e baixa reatividade química (MANO; MENDES, 1999), o que os torna excelentes candidatos para a formulação de blendas. Além disso, propriedades como a natureza do grupo lateral, massa molar média, distribuição molecular e a arquitetura da cadeia polimérica influenciam diretamente no comportamento físico-químico do material final.

4.5 Absorção Óptica nos Polímeros

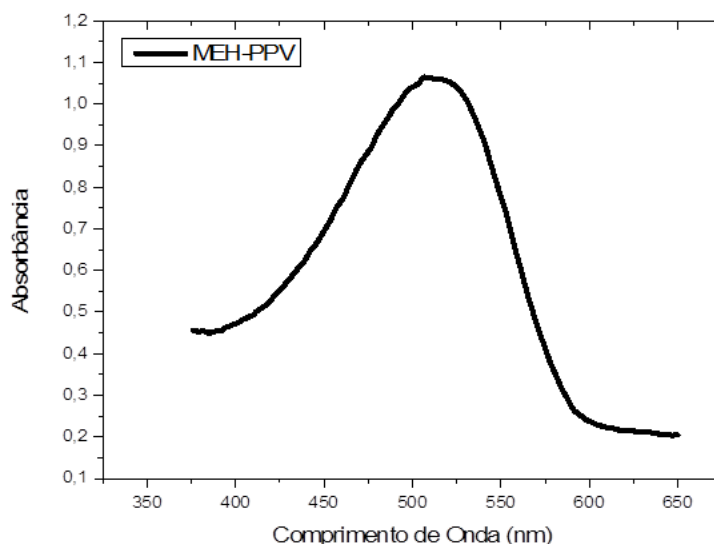
A absorção óptica acontece quando um feixe de luz com um único comprimento de onda (radiação monocromática) atravessa um material que possui substâncias capazes de absorver essa luz. Parte da energia da luz é absorvida por essas substâncias, e o restante é transmitido. Nos polímeros conjugados luminescentes, essas substâncias absorventes são chamadas de grupos cromóforos, eles têm a capacidade de absorver luz na região do UV-vis. A figura 6 mostra o espectro de absorção típico do MEH-PPV. Esse processo ocorre quando um fóton (partícula de luz), como mostrado na Figura 5, interage com um elétron presente no material. A energia do fóton é transferida para o elétron, que salta de um nível de energia mais baixo, chamado de HOMO (orbital molecular ocupado de maior energia), para um nível mais alto, conhecido como LUMO (orbital molecular desocupado de menor energia), onde a transição acontece sem que o spin do elétron se altere (SILVA, 2008).

Figura 5: (a) Representação do elétron em seu estado de menor energia (estado fundamental); (b) absorção de um fóton pelo elétron; (c) transição do elétron para um estado de maior energia (estado excitado).



Referências: (ARANTES, 2017)

Figura 6: Espectro de absorção típico do MEH-PPV



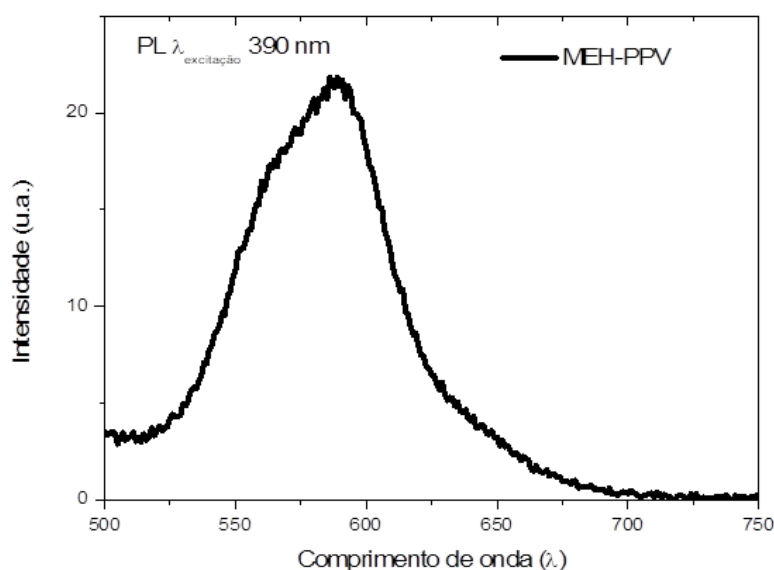
Fonte: autoria própria

4.6 Fotoluminescência

A luminescência é o fenômeno em que átomos, moléculas, polímeros e cristais emitem radiação óptica após serem excitados, ou seja, após absorverem energia. Quando essa radiação é emitida devido à absorção de luz, é chamada de fotoluminescência. A figura 7 mostra o espectro de fotoluminescência típico do MEH-PPV. Esse processo pode ocorrer de duas formas principais: fluorescência e fosforescência. Na fluorescência, a transição de energia acontece de maneira rápida, com a emissão de luz ocorrendo quase imediatamente após a absorção da luz. Essa transição ocorre entre estados com a mesma multiplicidade de spin, como, por exemplo, de singlete para singlete ou de tripleto para tripleto. Por outro lado, a fosforescência envolve uma transição mais lenta, em que a luz é emitida por um período maior de tempo. Isso acontece quando a transição de energia ocorre entre estados com multiplicidade de spin diferente, como de tripleto para singlete. Sendo assim, a luz emitida por materiais fosforescentes pode durar mais tempo, mesmo depois que a fonte de luz é retirada (FALEIROS, 2007).

Quando um material é exposto à luz, como luz ultravioleta ou outras fontes, seus elétrons absorvem essa energia e se movem para um nível de energia mais alto. O estado de excitação é temporário, e logo os elétrons voltam para seu estado original, liberando a energia na forma de luz. Esse processo de emissão pode acontecer em um tempo muito curto, de 0,1 a 10 nanossegundos, como ocorre na fluorescência, ou pode durar mais tempo, como na fosforescência. A emissão de luz tem diversas aplicações importantes, especialmente em materiais como polímeros fotoluminescentes. Um exemplo disso, é o polímero MEH-PPV (poli[2-metoxi-5-(2-etilhexiloxi)-1,4-fenilenvinileno]), que apresenta intensa emissão de luz visível e é utilizado em dispositivos como LEDs orgânicos (OLEDs), sensores ópticos e materiais para segurança (BRITO, FELINTO, CIUFFI e MALATESTA, 2010).

Figura 7: Espectro de emissão típico do MEH-PPV

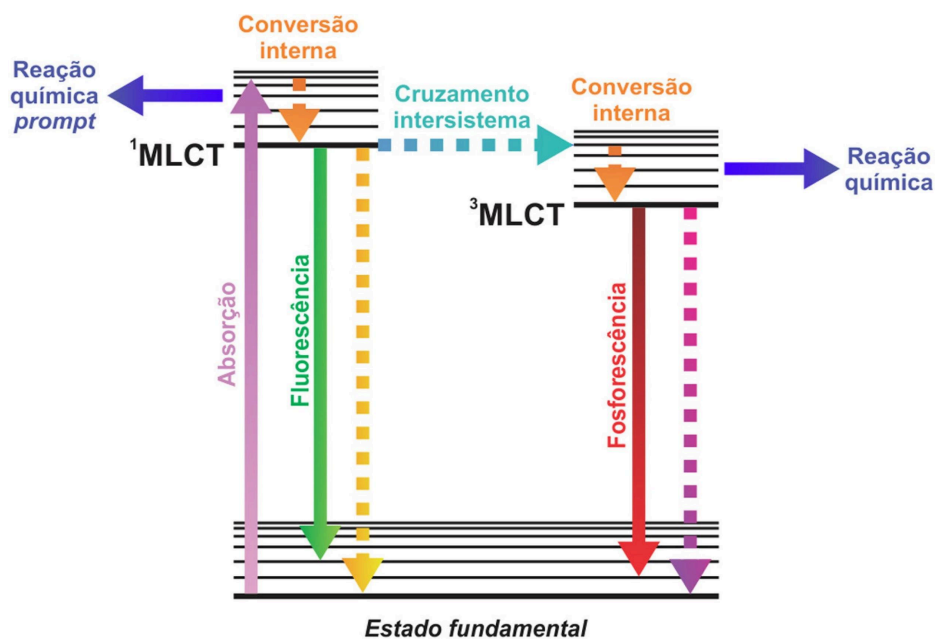


Fonte: autoria própria

Para entender melhor como funciona a fluorescência e a fosforescência, usamos uma ferramenta chamada diagrama de Jablonski. Esse diagrama é uma representação visual dos estados eletrônicos do material e das transições que ocorrem durante o processo de fluorescência e fosforescência. Com ele, os estados eletrônicos aparecem como diferentes níveis de energia, e as

transições entre esses estados são mostradas por setas as setas indicam a absorção e a emissão de fótons, como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Diagrama de Jablonski: Fluorescência e Fosforescência



Fonte: (MÜLLER, 2017)

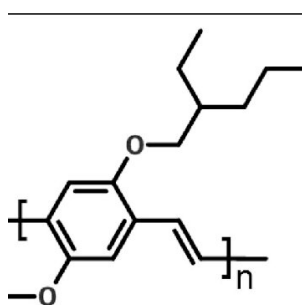
O diagrama acima, mostra o que acontece quando uma molécula absorve luz. Primeiro, ela passa para um estado excitado Metal-to-Ligand Charge Transfer ($^1\text{MLCT}$). A partir daí, podem ocorrer diferentes processos: parte da energia pode se perder em forma de calor (conversão interna), a molécula pode retornar rapidamente ao estado fundamental emitindo luz, processo chamado de fluorescência, ou ainda pode passar para outro estado ($^3\text{MLCT}$) e voltar de forma mais lenta, emitindo luz na forma de fosforescência. Além disso, em alguns casos, a molécula pode usar essa energia absorvida para realizar reações químicas.

4.7-MEH- PPV

O MEH-PPV (poli[2-metóxi-5-(2-etil-hexiloxi)-p-fenilenovinileno]) é um polímero derivado do poli(p-fenilenovinileno) (PPV) e se destaca por sua solubilidade em solventes orgânicos. Essa característica facilita seu processamento e o torna objeto de intensos estudos

devido às suas propriedades óticas e semicondutoras, que o tornam promissor para dispositivos eletrônicos, como sensores e células fotovoltaicas. Em vista disso, sua importância científica está relacionada à estrutura química peculiar, que possibilita a condução de elétrons ao longo da cadeia molecular (BATAGIN NETO, 2009). Isso é típico dos polímeros conjugados, em que as ligações simples e duplas alternadas permitem o movimento livre dos elétrons, conferindo características semicondutoras ao material, como mostra a Figura 9 abaixo:

Figura 9: Fórmula estrutural do MEH-PPV



Fonte: <Researchgate.*Chemical structure of MEH-PPV organic polymer*>

5 Materiais e Métodos

5.1 Materiais

Neste trabalho, foram utilizados polímeros fotoluminescentes para a preparação das soluções e as blendas, conforme descrito a seguir. O poli[2-metoxi-5-(2-etilhexiloxi)-1,4-fenilenvinileno] (MEH-PPV), com emissão na região do vermelho, foi adquirido da empresa Sigma-Aldrich e empregado sem procedimentos prévios de purificação ou tratamento. Além disso, utilizou-se o Poli(9,9-di-hexilfluoreno-diilvinileno-alt-1,4-fenilenevinileno) (LaPPs16), com emissão nas regiões verde/amarela, sintetizado no Laboratório de Polímeros Paulo Scarpa da Universidade Federal do Paraná (UFPR), e o oligômero de fluoreno (7F6), emissor na faixa azul, adquirido da American Dye Source. O solvente utilizado para a diluição dos polímeros fotoluminescentes foi o tolueno, também foi utilizado um verniz acrílico comercial e uma resina bicomponente também comercial.

5.2 Preparação das blendas

As amostras didáticas foram feitas no Laboratório de Química do GEM-INFIS, localizado no bloco 1X. O processo iniciou com o uso de cubetas plásticas, nas quais foi adicionada uma mistura contendo 1 g de resina bicomponente, 300 µL de solução de MEH-PPV em tolueno (um polímero com propriedades eletroluminescentes), que contribui para a cor e as características ópticas do material. Para garantir a cura e a solidificação da resina, foram acrescentadas 0,5 g do componente químico endurecedor das blendas. A mistura foi feita com cuidado e de forma lenta, para evitar bolhas de ar que poderiam prejudicar a transparência e as propriedades de emissão de luz, importantes para fins educativos do material.

Paralelamente, prepararam-se soluções em tolueno e verniz, utilizados como solventes, nas quais foram incorporados os materiais emissores responsáveis pela coloração do sistema. Os compostos empregados apresentam emissões características em diferentes regiões do espectro: o oligômero de fluoreno (7F6), com emissão na faixa azul; o Poli(9,9-di-hexilfluoreno-diilvinileno-alt-1,4-fenilenevinileno) (LaPPs16), com emissão nas regiões verde e amarela; e o poli[2-metoxi-5-(2-etilhexiloxi)-1,4-fenilenvinileno] (MEH-PPV),

com emissão na região vermelha, conforme ilustrado nas Figuras 10 e 11, evidenciando seu comportamento fotoluminescente.

Posteriormente, lentes foram produzidas a partir da combinação da resina bicomponente com o MEH-PPV, aplicando o mesmo método descrito anteriormente, porém com 5 g de resina e 100 μ L de MEH-PPV mais 2,5 g do componente endurecedor. Para isso, utilizou-se um recipiente plástico com molde específico, no qual a mistura foi despejada para iniciar o processo de cura, conforme ilustrado nas Figuras 12 e 13.

6 Proposta Didática

6.1 Aplicação do projeto utilizando kit didático

A atividade foi realizada em uma escola estadual de Uberlândia, com o objetivo de despertar o interesse dos alunos por temas relacionados à ciência e à tecnologia, promovendo uma abordagem integrada entre as disciplinas de Física, Química e Biologia, no formato de uma feira de ciências, que ocorreu das 7h às 12h. Foi levado o kit contendo cubetas nos estados sólido e líquido para tornar a apresentação mais visual e interativa, dentro da caixa tinha uma lâmpada violeta utilizada para incidir sobre os materiais e induzir o fenômeno da fotoluminescência, conforme ilustrado na Figura 14. Durante a atividade, o conceito de fotoluminescência foi explicado de forma acessível, utilizando exemplos do cotidiano para facilitar a compreensão. Dessa forma, foram abordadas as relações desse fenômeno com o espectro da luz visível, destacando as cores emitidas e suas variações conforme a frequência e o comprimento de onda da luz.

Para tornar o conceito mais concreto, foram mencionados objetos que brilham no escuro, explicando-se o funcionamento dos polímeros fotoluminescentes. Nesse momento, foi perguntado aos alunos se já haviam visto materiais que brilham quando expostos à luz, e alguns citaram exemplos do cotidiano, como adesivos de estrelas que brilham no teto à noite, sabão em pó e água tônica, entre outros. Esses exemplos ajudaram a aproximar o conteúdo da realidade dos estudantes. Então, explique que os materiais possuem a capacidade de absorver energia na forma de luz, especialmente da luz violeta, e posteriormente liberá-la na forma de brilho visível, esse processo ocorre, porque as moléculas dos polímeros, ao absorverem energia, entram em um estado excitado e, ao retornarem ao estado fundamental, emitem essa energia na forma de luz, a cor do

brilho depende do tipo de polímero e da energia da luz absorvida, variando conforme o comprimento de onda. A participação dos alunos foi ativa e engajada, eles fizeram perguntas, compartilharam ideias e contribuíram para as discussões, tornando o momento ainda mais dinâmico e enriquecedor, como mostrado na Figura 15.

6.2 As fontes de luz utilizadas

Utilizamos uma lâmpada violeta para observar a fotoluminescência dos polímeros nas cubetas e um laser verde e vermelho para analisar os fenômenos de reflexão e refração das lentes tanto do kit comprado e dos fabricados.

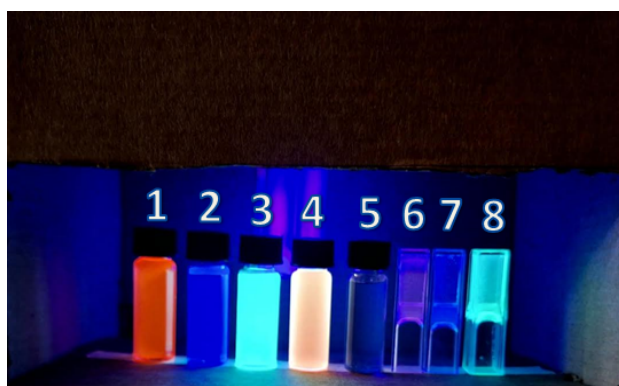
6.3 Imagens das amostras

Figura 10 - Cubetas com MEH-PPV e Resina polimérica bicomponente expostas a luz violeta



Fonte: autoria própria

Figura 11: Amostras dos polímeros no estado sólido e líquido iluminadas com a luz violeta



Fonte: Autoria própria

Na Figura 11, à esquerda, estão cinco frascos contendo amostras líquidas de polímeros. À direita, encontram-se três cubetas com blendas poliméricas fotoluminescentes no estado sólido. Abaixo, são indicados os materiais presentes em cada amostra.

1 verniz + MEH-PPV;

2 verniz + 7F6;

3 verniz + LaPPS16;

4 verniz + MEH-PPV + LaPPS16 + 7F6;

5 verniz;

6 resina + MEH-PPV;

7 resina + 7F6, resina + LaPPS16.

8 resina + LaPPS16

Figura 12: Lente polimérica iluminada com laser verde em processo de cura



Fonte: autoria própria

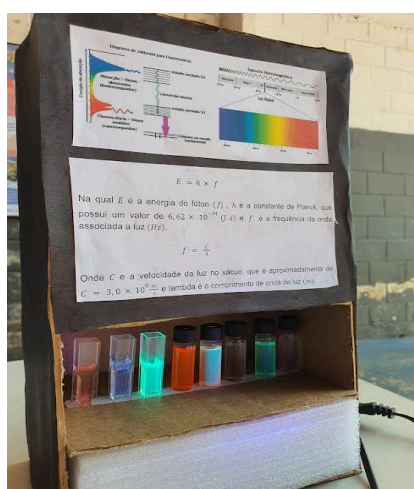
Figura 13: Lentes poliméricas retiradas do molde após o tempo de cura



Fonte: autoria própria

Nas Figuras 14 e 15 abaixo, estão os materiais usados na atividade, feitos para aproximar os alunos da Fotoluminescência e Ótica de forma prática, com recursos simples. Durante a mostra, os alunos puderam observar os fenômenos e relacioná-los com situações do dia a dia. Esses objetos brilham porque os polímeros fotoluminescentes absorvem energia da luz, especialmente violeta, passando a um estado excitado e liberando essa energia na forma de brilho visível ao retornarem ao estado fundamental.

Figura 14: Kit didático com as cubetas fotoluminescentes em estado sólido e líquido.



Fonte: Autoria própria

Figura 15: Explicação do fenômeno ocorrendo para alunos



Fonte: Autoria própria

As imagens abaixo mostram um kit de óptica comprado, com lentes de acrílico, utilizado para analisar fenômenos de reflexão e refração, complementando o estudo com as amostras produzidas, conforme ilustrado na sequência didática apresentada no apêndice.

Figura 16: Kit de óptica com as lentes de acrílico comprada



Fonte: autoria própria

Figura 17: Lente de acrílico iluminada com luz vermelha



Fonte: autoria própria

7 Conclusões

O kit didático desenvolvido mostrou-se eficaz no ensino prático dos conceitos de fotoluminescência e óptica para alunos do Ensino Médio. As amostras foram produzidas a partir de blendas poliméricas fotoluminescentes, utilizando uma resina polimérica bicomponente associada ao polímero MEH-PPV. Quando expostas à luz violeta, essas blendas emitiram brilho visível, permitindo aos estudantes observar de forma clara o fenômeno da fotoluminescência. Além disso, com o mesmo material, foram confeccionadas lentes ópticas simples, que possibilitaram a exploração dos fenômenos de refração e reflexão.

A aplicação ocorreu em uma escola estadual de Uberlândia, com explicações contextualizadas e exemplos próximos da realidade dos alunos, o que contribuiu significativamente para a compreensão dos conteúdos abordados. A participação dos estudantes foi marcada pelo interesse, curiosidade e engajamento ao longo da atividade. O uso das blendas poliméricas nos estados sólido e líquido favoreceu uma abordagem visual e interativa, tornando o aprendizado mais dinâmico e estimulante.

Os resultados indicam que é possível ensinar conteúdos científicos de forma atrativa, utilizando materiais acessíveis e de baixo custo. Dessa forma, o trabalho reforça o potencial de metodologias experimentais e recursos inovadores no ensino de ciências, promovendo uma aprendizagem mais significativa e despertando o interesse dos alunos pelo conhecimento científico.

8 Referências

- ALMEIDA, V. O.; MOREIRA, Marco A. Mapas conceituais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos da óptica física. *Pesquisa em Ensino de Física*, v. 30, n. 4, p. 1-9, dez. 2008.
- ALZATE, Diego; RODRIGUEZ, Ricaurte; SIERRA, Cesar. Rendimiento cuántico de fluorescencia en sistemas fenilvinilideno. *Revista Colombiana de Química*, [S.l.], v. 39, n. 3, p. 309-319, set. 2010. ISSN 2357-3791.
- ARAÚJO, Estácio Paiva de. *Estudo de blendas poliméricas com aplicações em células eletroquímicas emissoras de luz (LEC)*. 2017. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- ARANTES, Adryelle do Nascimento. *Estudo da fotodegradação de blendas poliméricas fotoluminescentes para o desenvolvimento de dosímetros de luz azul*. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física Médica) – Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- BATAGIN NETO, Augusto. *Estrutura eletrônica do polímero orgânico conjugado MEH-PPV em solução sob radiação ionizante*. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Materiais) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2009.
- BLAND, D. *Quantum theory of solids*. New York: Academic Press, 1996.
- BRITO, H. F.; FELINTO, M. C. F. C.; CIUFFI, K. J.; MALATESTA, V. Luminescência em complexos de terras raras: aplicações em dispositivos eletroluminescentes e marcadores luminescentes. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 627-639, 2010.
- COELHO, Isnaldo José de Souza. *Injeção e transporte de portadores em dispositivos optoeletrônicos orgânicos e inorgânicos*. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.
- DIAS, L. *Utilização de blendas poliméricas fotoluminescentes para a detecção e dosimetria de luz azul*. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física Médica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.
- EIRAS, W. C. S. *Investigando as atividades demonstrativas no ensino de Física*. 2003. 235 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2003. Disponível em: https://www2.ufjf.br/centrodeciencias/wp-content/uploads/sites/98/2023/03/2019_02-EIRAS-Protagonismo-aut%C3%B4nomo-de-crian%C3%A7as.pdf. Acesso em: 3 mar. 2024.
- FALEIROS, Marcelo Eira. *Fotoluminescência excitada no ultravioleta em polímeros conjugados*. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

GARCÍA, B. C. História da luminescência. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1301-1308, jan./mar. 2014. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/circumhc/article/download/13367/10197/0>. Acesso em: 3 mar. 2024.

GOVERNO DO PARANÁ. *Diretrizes Curriculares da Educação Básica do Estado do Paraná*. Curitiba, 2008. Disponível em: https://www.educacao.pr.gov.br/arquivos/File/educacao/diretrizes_curriculares.pdf. Acesso em: 9 ago. 2025.

HUSER, T.; YAN, M. Aggregation quenching in thin films of MEH-PPV studied by near-field scanning optical microscopy and spectroscopy. *Synthetic Metals*, v. 116, p. 333-337, 2001.

LAKOWICZ, Joseph R. *Principles of fluorescence spectroscopy*. 3. ed. New York: Springer, 2008.

LECLERCK, M. Polyfluorenes: twenty years of progress. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, v. 39, n. 17, p. 2867-2873, 2001.

LIN, H. et al. Single chain versus single aggregate spectroscopy of conjugated polymers: Where is the border? *Physical Chemistry Chemical Physics*, v. 12, p. 11770-11777, 2010.

LOPES, R. A.; SILVA, A. F. Práticas experimentais no ensino de Física: desafios e possibilidades em escolas públicas. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 14, n. 1, p. 1-17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3895/rbect.v14n1.1234>.

MANO, Eloisa Biasotto; MENDES, Luís Cláudio. *Introdução a polímeros*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

MÜLLER, A. V. et al. A importância do estado excitado 3MLCT de compostos de Ru(II), Re(I) e Ir(III) no desenvolvimento de fotossensores, OLEDs e fotorredução de CO₂. *Química Nova*, v. 40, p. 200-213, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/xch9pT8PsRG8K8CJkCgty8Q/?lang=pt>. Acesso em: 6 mar. 2024.

PALACIOS-LIDON, E. et al. Photobleaching of MEH-PPV thin films: correlation between optical properties and nanoscale surface photovoltage. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, v. 117, p. 15-21, 2013.

PARANÁ (Estado). Secretaria de Estado da Educação. *Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física*. Curitiba: SEED, 2008.

RESEARCHGATE. Chemical structure of MEH-PPV organic polymer. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-MEH-PPV-organic-polymer_fig1_329774084. Acesso em: 3 dez. 2024.

ROTHBERG, J. *Photophysics of phenylene vinylene polymers*. New York: Marcel Dekker, 1996.

ROTHBERG, L. J. et al. Photophysics of phenylenevinylene polymers. *Synthetic Metals*, v. 80, p. 41-58, 1996.

SANTOS, N. *Detectores de radiação*. [s.d.]. Tese (Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica) – Instituto Superior Técnico, Departamento de Física, Lisboa. Disponível em: http://web.ist.utl.pt/ist155746/monografia_ist_frad.pdf.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. Atividades experimentais e o ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 20, p. 30, 2003.

SÍPOS, R.; SIMA, J. El Diagrama de Jablonski revisitado. *Revista Cubana de Física*, v. 37, n. 2, p. 125-131, 2020. Disponível em: <https://www.revistacubanadefisica.org/RCFextradata/OldFiles/2020/v37n2/RCF2020v37p125>.

Acesso em: 2 mar. 2024.

SILVA, M. A. T. da. Propriedades ópticas de filmes finos de MEH-PPV preparados por “spin-coating” em diferentes velocidades de rotação. *Semina: Ciências Exatas e da Terra*, Londrina, v. 29, n. 1, p. 15-38, jan./jun. 2008.

TOZONI, J. R. *Estudo de materiais magnéticos utilizando-se RMN em campo zero e estudo da influência da dinâmica e da estrutura molecular na fotofísica de polímeros fotoluminescentes no estado desagregado*. Projeto de Pesquisa – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

TOZONI, J. R. et al. De-aggregation of poly(loride derivative by blending with a series of poly (alkyl methacrylate)s with varying sidegroup sizes. *European Polymer Journal*, v. 45, n. 8, p. 2467-2477, 2009.

VALADARES, Marcelo. *Propriedades ópticas de blendas e bicamadas de polímeros semicondutores e aplicações em dispositivos emissores de luz*. 2008. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/ESCZ-7N3GZN>. Acesso em: 20 ago. 2025.

VASCONCELOS, K. B. de; BIANCHI, R. F. Polímeros luminescentes como sensores de radiação não ionizante: aplicação em fototerapia neonatal. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 17, n. 4, p. 325-328, 2007.

XAVIER, J. C. O ensino de Física e a realidade da escola pública. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: SBF, 2003. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xv/trabalhos/trabupload/R138421.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2025.

XAVIER, J. C.; LEAL, C. E. S.; BRANDÃO, L. P. Kits experimentais de baixo custo para o ensino médio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 4., 2009, Dourados. Anais [...]. Dourados: UFGD, 2009. Disponível em: http://portal.ufgd.edu.br/arquivos/apresentacoes_posteres.pdf. Acesso em: 6 jul. 2025.

YAN, M. et al. Defect quenching of conjugated polymer luminescence. *Physical Review Letters*, v. 73, p. 744, 1994.

YU, G.; HEEGER, A. J. In: SCHLEFFER, M.; ZIMMERMAN, R. (ed.). *The physics of semiconductors*. Singapore: World Scientific, 1996. v. 1.

YU, J.; HU, D.; BARBARA, P. F. Unmasking electronic energy transfer of conjugated polymers by suppression or O₂ quenching. *Science*, v. 289, p. 1327-1330, 2000.

APÊNDICE A – Proposta de Sequência Didática para Aulas Futuras com o Kit Fabricado e o Kit de Óptica Comprado.

Esta sequência tem como objetivo principal trabalhar os conceitos da luz com exemplos do dia a dia e fenômenos de reflexão e refração, usando como recurso didático um kit de lentes de acrílico e leds vermelhos, como mostra a Figura 16, acima. Esses materiais permitem aos estudantes observar como a luz se comporta ao atingir e atravessar diferentes superfícies, como mostra a Figura 17. Também será trabalhado o fenômeno de Fotoluminescência utilizando blendas poliméricas fotoluminescentes nos estados sólido e líquido e luz violeta. A proposta está alinhada com a BNCC e busca tornar a aprendizagem mais significativa por meio da experimentação.

Público-alvo: Estudantes do Ensino Médio

Área: Física (Óptica)

Conteúdo: Introdução à Luz e sua propagação, Fenômenos de Reflexão, Refração e Fotoluminescência.

Habilidade da BNCC: EM13CNT103 – Investigar propriedades da luz com base em observações experimentais.

Objetivos da Sequência Didática

- Compreender o que é Luz, Reflexão, Refração e Fotoluminescência .
 - Observar esses fenômenos usando um kit de lentes de acrílico, leds vermelhos e blendas poliméricas fotoluminescentes nos estados sólido e líquido e as lentes fotoluminescentes.
 - Relacionar teoria e prática por meio de uma experiência simples.
 - Estimular a curiosidade e o pensamento científico.
-

Materiais Necessários

- Quadro branco e pincel

- Kit didático com polímeros fotoluminescentes
 - Kit de óptica
 - Leds ou laser
 - Folha de papel branca ou régua (para observar o caminho da luz)
 - Ficha de observação (para que os alunos anotem o que viram)
 - Sala com pouca luz ou escurecida para facilitar a observação do fenômeno.
-

Execução da sequência Didática:

Aula 1- Introdução à Luz e sua Propagação

Objetivo da aula: Compreender o que é a luz, como ela se propaga, e reconhecer que a luz se comporta como uma onda que se propaga em linha reta em meios homogêneos, formando a base para entender reflexão e refração.

Materiais:

- Lanterna;
- Papel com fendas (furado);
- Quadro branco, pincel;
- Folhas brancas;
- Sala escurecida.

Etapas da Aula:

1. Introdução(10 min):

Perguntar para os alunos:

- O que é a luz?
- De onde vem a luz que enxergamos?
- A luz precisa de um meio para se propagar?

2. Exposição teórica (15 min):

- Luz como onda eletromagnética; Luz visível.
- Propagação retilínea em meios transparentes.
- Fenômenos da luz: reflexão, refração, absorção e dispersão.
- Exemplo do cotidiano: Formação de sombra, entre outros

3. Atividade prática (15 min):

- Em sala escurecida, usar uma lanterna e papel com fenda para mostrar:
 - Propagação retilínea da luz
 - Formação de sombra e penumbra
 - Alunos desenharam o experimento e registram no caderno o que observaram.

4. Encerramento e conexão (5 min):

- Recapitulação do conteúdo.
- Apresentar a próxima aula: o que acontece quando a luz encontra uma superfície?

Aula 1 – Reflexão da Luz com Kit de Lentes Acrílicas

Objetivo específico da aula:

Compreender o fenômeno da reflexão da luz e reconhecer suas aplicações cotidianas. Identificar e compreender os fenômenos de reflexão utilizando um kit de lentes de acrílico e LEDs vermelhos.

Materiais necessários:

- Quadro branco e pincel
- Kit de óptica com lentes de acrílico
- LEDs vermelhos ou ponteiros laser
- Folhas brancas ou régua transparentes

- Fichas de observação
- Sala escurecida

Etapas da aula:

1. Introdução do conteúdo (15 min)

- Pergunta inicial: “O que acontece com a luz quando ela bate em um objeto? Ela volta? Atravessa?”
- Conceito de reflexão: a luz retorna ao encontrar uma superfície (espelho, por exemplo).
- O professor desenha no quadro os raios incidentes e refletidos.

2. Atividade prática – Observação com lentes (25 min)

- Alunos, em grupos, testam o comportamento da luz ao incidir nas lentes de acrílico.
- Com o auxílio dos LEDs, observam:
- O feixe de luz sendo refletido em superfícies planas ou curvas.
- Usam folhas brancas ou régua para visualizar a trajetória da luz.
- Anotam suas observações nos seus cadernos.

3. Discussão final – Sistematização (10 min)

- Compartilhamento das observações dos grupos.
- Reforça o conceito físico envolvido.

Aula 2 – Refração da Luz com Kit de Lentes Acrílicas

Objetivo específico da aula:

Compreender o fenômeno da refração da luz e reconhecer suas aplicações cotidianas. Identificar e compreender os fenômenos de reflexão utilizando um kit de lentes de acrílico e LEDs vermelhos.

Etapas da aula:

1. Revisão e introdução (15 min):

- Recapitular a aula anterior sobre reflexão.
- Pergunta: “E se a luz atravessar o material, o que acontece?”
- Explicação da refração com exemplo: lápis parece quebrado dentro da água.
- Representação no quadro com raios refratados.

2. Atividade prática – Observação com lentes (25 min)

- Alunos, em grupos, testam o comportamento da luz ao incidir nas lentes de acrílico.
- Com o auxílio dos LEDs, observam:
- O feixe de luz sendo refletido em superfícies planas ou curvas.
- O feixe sendo refratado ao atravessar lentes convexas ou côncavas.
- Usam folhas brancas ou réguas para visualizar a trajetória da luz.
- Anotam suas observações nos seus cadernos.

3. Discussão final – Sistematização (10 min)

- Compartilhamento das observações dos grupos.
- Reforça o conceito físico envolvido.

Aula 4 – Aplicação e Ampliação com Fotoluminescência:

Objetivo específico da aula:

Observar a fotoluminescência e retomar os conceitos de reflexão e refração usando blendas poliméricas fotoluminescentes.

Materiais necessários:

- Cubetas com polímeros fotoluminescentes (sólido e líquido)
- Lanterna violeta ou ponteira laser
- Folha branca ou régua
- caderno para fazer anotações.
- Sala escurecida

Etapas da aula:

1. Início – Recapitulação e introdução (10 min)

- Revisão breve: “O que aprendemos sobre reflexão e refração?”
- Apresentação do novo fenômeno: Fotoluminescência
 - Explicação: materiais que absorvem luz e continuam emitindo brilho por um tempo, podendo ser curto ou longo

2. Atividade prática – Observação com cubetas (25 min)

- Em grupos, os alunos:
 - Iluminam as cubetas lateralmente com lanterna UV ou laser.
 - Observam a **reflexão e refração** da luz dentro dos materiais.
 - Após a exposição à luz, observam o **brilho residual** (fotoluminescência).
 - Usam régua ou folha branca para identificar desvio da luz.
 - Registram suas observações.

3. Discussão final – Relato coletivo (10 min)

- Alunos compartilham o que perceberam.
 - Discussão orientada:
 - “O que mudou em relação à aula anterior?”
 - “Como identificamos a fotoluminescência?”
 - “A luz refletiu ou refratou de forma diferente nesses materiais?”
 - Fechamento com reforço dos três conceitos: **reflexão, refração e fotoluminescência.**
-

Avaliação

A avaliação será feita com base:

- Na participação dos alunos durante o experimento;
- Nas anotações feitas no caderno;
- Na capacidade de explicar, com suas palavras, o que viram.