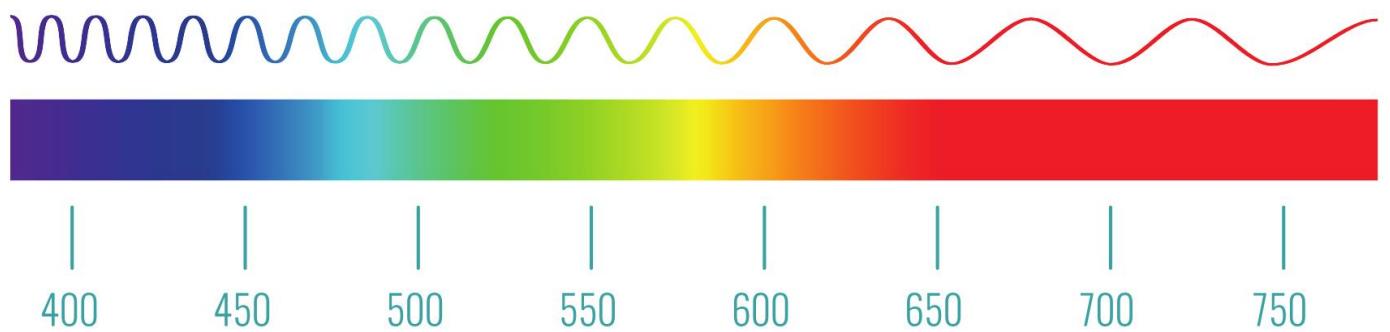


8. APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ - REITORIA DE PÓS - GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



Júlio César Santos Nascimento

Orientação: Profª. Dra. Mirleide Dantas Lopes

Produto Educacional

Instituição de Ensino: Universidade Estadual da Paraíba

Programa: Programa de Pós-graduação Profissional em Ensino de Física/ Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

Nível: Mestrado

Área de Concentração: Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio

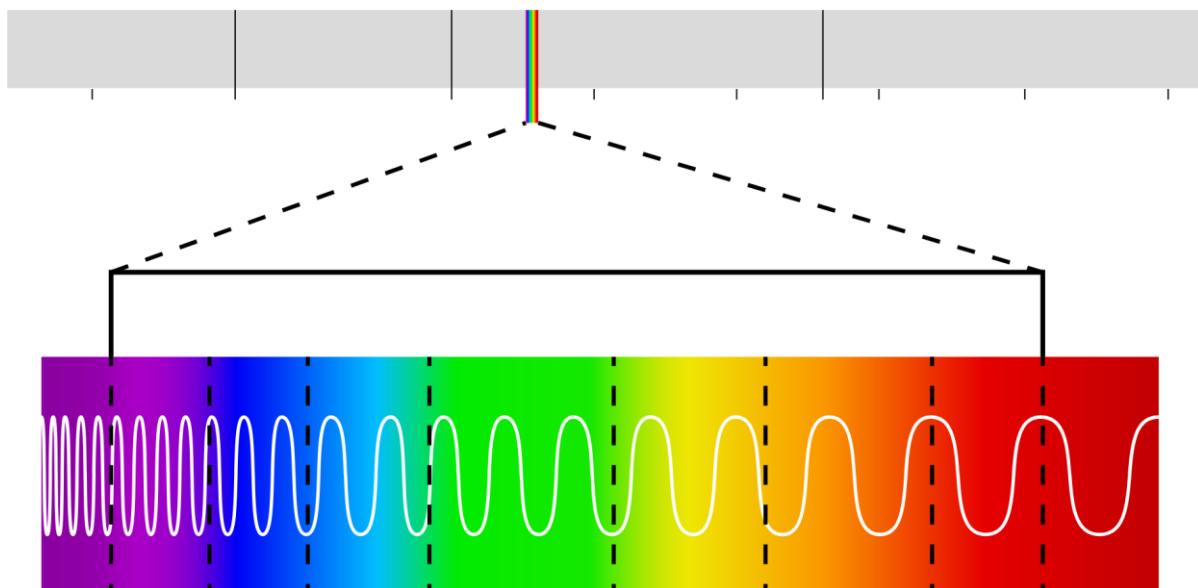
Título da Dissertação: A instrução por modelagem como metodologia norteadora para investigar o acendimento de um LED à luz da física moderna e contemporânea

Produto Educacional: Investigando a cor do LED

Autores: Júlio César Santos Nascimento, Mirleide Dantas Lopes

Orientadora: Prof^a. Dra. Mirleide Dantas Lopes

Ano: 2025



É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

N244i Nascimento, Julio Cesar Santos.

Investigando a cor do LED [manuscrito] / Julio Cesar Santos Nascimento. - 2025.

19 f. : il. color.

Digitado.

Produto Educacional apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Física/UEPB

"Orientação : Prof. Dra. Mirleide Dantas Lopes, Professora".

1. Física moderna e contemporânea,. 2. Instrução por modelagem. 3. Diodo emissor de luz. I. Título

21. ed. CDD 530.7

APRESENTAÇÃO



Este produto educacional é parte integrante da dissertação: A INSTRUÇÃO POR MODELAGEM COMO METODOLOGIA NORTEADORA PARA INVESTIGAR O ACENDIMENTO DE UM LED À LUZ DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 48 – UEPB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Na atualidade, com o avanço tecnológico, é perceptível que os jovens estão imersos em ambientes onde os dispositivos eletrônicos estão cada vez mais presentes, seja em casa, na escola, no trabalho. Estes dispositivos são grandes aliados na praticidade e no conforto das pessoas. Contudo, geralmente quem utiliza essas tecnologias não sabe como elas funcionam.

Preocupados com o uso inadequado de novas tecnologias sem uma consciência crítica, desenvolvemos um produto educacional que traz uma atividade acerca do funcionamento de um LED, que funciona regido pelos princípios estudados pela Física Moderna e Contemporânea e é amplamente utilizado nos mais diversos equipamentos eletrônicos.

O objetivo da atividade é fazer com que os(as) estudantes, trabalhando em equipe, interajam com o experimento, que está descrito no apêndice B, consigam estabelecer relações entre as grandezas presentes no fenômeno e que a partir dessas relações desenvolvam um modelo matemático para ser apresentado para as outras equipes em pequenos quadros brancos, que podem ser confeccionados pelo(a) professor(a) e está descrito no apêndice B.

Aliado ao experimento, trabalhamos com uma metodologia ainda pouco difundida no Brasil, mas de grande aceitação nos Estados Unidos, conhecida como *Modeling Instruction*, em uma tradução livre: Instrução por Modelagem. Assim, os estudantes realizam uma investigação da situação problema (acendimento de um LED), e com isso, estudam a Física que está por trás do funcionamento de um material semicondutor.

A sequência de ensino trazida neste trabalho está organizada para ser ministrada em onze aulas de cinquenta minutos e está dividida em seis estágios. A turma a qual é indicada trabalhar com esta sequência é a terceira série do ensino médio, mas o(a) professor que tem interesse em desenvolvê-la pode fazer na turma que desejar. A atividade está detalhada, porém pode ser modificada, dependendo do contexto onde ela será realizada.

A SEQUÊNCIA DE ENSINO

8.1. Objetivo Geral :



Discutir conceitos de Física Moderna e Contemporânea relacionados ao funcionamento de um LED a partir de um aparato experimental, seguindo a Instrução por modelagem como metodologia de ensino norteadora para realização da atividade e instigar os estudantes a desenvolverem um modelo matemático que descreva o fenômeno físico associado à situação problema.

8.2. Descrição da Sequência de ensino



Nesta sequência de ensino será realizada uma atividade, envolvendo uma situação problema, que é desenvolvida inicialmente através da manipulação do potencial elétrico fornecido a um circuito para acender um LED. Desse modo, os(as) estudantes serão instruídos(as) a desenvolver um modelo matemático que venha elucidar a situação problema apresentada inicialmente.

Através de um potenciômetro os(as) alunos(as) irão manipular o potencial fornecido ao circuito. No experimento utilizaremos LEDs de diferentes cores, a saber: vermelho, amarelo, verde, azul e violeta; cada um deles acende apenas quando o potencial fornecido ao circuito é suficiente para que a barreira de potencial seja vencida. Os(as) estudantes irão realizar medidas do potencial elétrico, a partir de um multímetro, e farão os registros seguindo as etapas do ciclo de modelagem.

Ao controlar o potencial elétrico fornecido ao sistema, os(as) estudantes serão instruídos(as) pelo professor a perceberem que os LEDs acendem com diferentes potenciais, a depender da cor que cada um emite. Assim, mediante as observações realizadas, o problema a ser investigado consiste em: identificar e relacionar as variáveis físicas envolvidas no acendimento de um LED. A exploração deste problema objetiva fazer com que, ao final da implementação da sequência de ensino, os(as) estudantes sejam capazes de compreender a natureza quântica do princípio de funcionamento deste dispositivo.

A turma deve ser dividida em grupos, cada um contendo em média 3 pessoas. Cada equipe ficará responsável por fazer uma investigação acerca do experimento, que será mediada pelo(a) professor(a). Ao final da investigação cada equipe fará uma apresentação nos quadros brancos dos resultados obtidos, momento em que será realizado um aprofundamento da

temática trabalhada. Os quadros brancos serão produzidos com materiais de baixo custo, cuja descrição está no apêndice B deste trabalho.

É importante registrar que antes de iniciar a aplicação da sequência de ensino desenvolvida, deve ser ministrada para os(as) alunos(as) uma aula sobre o espectro contínuo e discreto da luz, na qual serão trabalhadas as principais características desse fenômeno físico, a saber: velocidade da luz, frequência e comprimento de onda.

O conteúdo físico subjacente a esta sequência de ensino consiste em compreender o comportamento de materiais semicondutores, que são explicados a partir da Física Moderna e Contemporânea. Os semicondutores são importantíssimos no desenvolvimento da eletrônica moderna e têm características especiais quanto a sua condutividade elétrica, pois ora podem se comportar como condutores elétricos, ora podem se comportar como isolantes. O que vai definir a condutividade do material é a dopagem realizada no mesmo (Capuano; Marino, 1998).

Toda a turma deve ser informada que está participando de uma pesquisa científica voluntária e que os nomes dos(as) participantes serão mantidos em sigilo, assegurando assim a privacidade de todos(as) os(as) envolvidos(as).

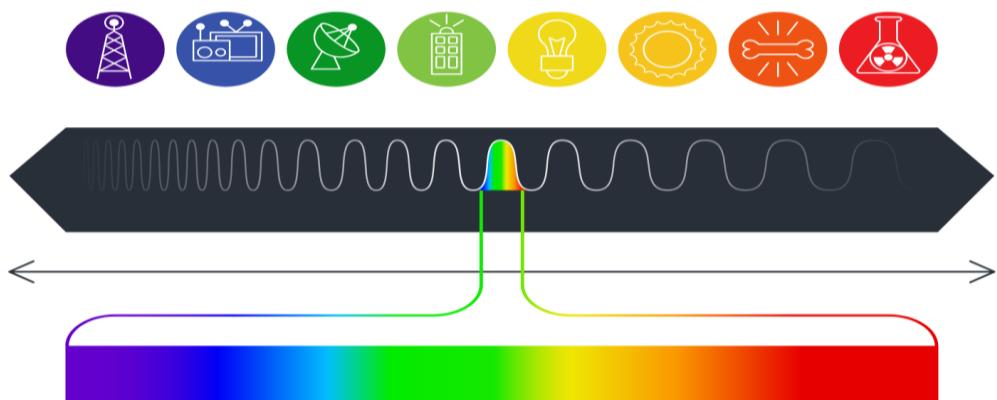
Seguindo as etapas dos ciclos de modelagem, os(as) estudantes devem ser orientados pelo professor a buscar uma solução para o problema descrito anteriormente. A atividade será baseada nos ciclos de modelagem, assim passará por todos os estágios necessários, como está descrito no Quadro 3, que apresenta um esquema de como se dará cada etapa dos ciclos de modelagem.

Quadro 3: Síntese das etapas dos ciclos de modelagem.

Estágio	Objetivos	Desenvolvimento	Tempo
Estágio Inicial	<ul style="list-style-type: none"> Conhecer o tema, o problema e o experimento que serão trabalhados no decorrer do ciclo de modelagem. 	<p>Inicialmente os(as) estudantes devem ser divididos em grupos e cada grupo ficará com um exemplar do experimento para que possam realizar suas próprias investigações. Na sequência, o professor deve fazer uma discussão inicial, apresentando o problema e o experimento, e orientando como deve ser a manipulação deste, durante todos os estágios do ciclo de modelagem.</p>	50 min
I Conhecendo o fenômeno	<ul style="list-style-type: none"> Manipular o experimento; Reconhecer as grandezas físicas envolvidas; Esboçar um esquema representando o circuito elétrico manipulado 	<p>Neste momento os(as) estudantes devem ser orientados a conhecer e manipular o experimento. Assim, o professor deve instigar as equipes a realizar as primeiras observações, começando com o LED que apresenta luz de menor frequência e estendendo posteriormente aos demais.</p>	100 min

II Manipulando e construindo o modelo	<ul style="list-style-type: none"> Realizar medidas com o multímetro; Anotar os dados obtidos e organizar em uma tabela. Esboçar um gráfico a partir de dados obtidos em uma tabela. Elaborar um modelo conceitual. 	Com todas as equipes conhecendo o experimento, cada uma delas deverá fazer anotações acerca dos diferentes potenciais necessários para o acendimento dos LEDs. Os dados coletados serão organizados em uma tabela, que posteriormente deverão ser utilizados para a construção de gráficos.	100 min
III Validando o modelo	<ul style="list-style-type: none"> Testar as previsões feitas a partir do modelo matemático construído; Avaliar a consistência do modelo. 	Trabalhar com o LED violeta, buscando validar o modelo que foi encontrado através dos dados levantados e da tecnologia digital utilizada.	100 min
IV Analizando a proposta em outros contextos	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar as observações realizadas para investigar uma nova situação; Discutir o novo fenômeno físico, apontando semelhanças e diferenças com o experimento trabalhado. 	Trabalhar com a luz branca, questionando os(as) estudantes sobre o seu princípio de funcionamento, bem como a diferença de potencial para seu acionamento.	100 min
Estágio Final	<ul style="list-style-type: none"> Discutir sobre a evolução das lâmpadas; Refletir sobre o princípio de funcionamento de diferentes lâmpadas; Dialogar sobre o processo de dopagem nos materiais semicondutores existentes nos LEDs. 	Nesta sessão os estudantes deverão fazer apresentações nos quadros brancos acerca do modelo que eles desenvolveram. Na sequência, o professor discutirá o modelo conceitual já conhecido na literatura. Neste sentido, será feita uma discussão geral acerca do princípio de funcionamento de diferentes tipos de lâmpadas, ocasião em que será discutido de forma mais profunda o processo de dopagem dos materiais semicondutores que compõem os LEDs.	100 min

Fonte: Próprio autor, 2024.



Estágio inicial

A atividade será iniciada com a divisão de grupos e distribuição dos quadros brancos. Cada equipe ficará responsável por manipular um exemplar do experimento, que será comum a todos e está descrito no apêndice B deste trabalho. Para que realizem a investigação de maneira independente, as equipes ficarão um pouco afastadasumas das outras.

A escolha dos grupos será feita pelo(a) professor(a). Desse modo, a ideia é constituir grupos mais heterogêneos, uma vez que a literatura aponta que grupos com este tipo de configuração se dispersam menos e têm maior potencial para resolver coletivamente problemas complexos (Cohen; Lotan, 2017).

Com as equipes de posse do experimento, o professor inicialmente realizará uma discussão geral, apresentando os diferentes componentes que serão manipulados, especialmente o LED, a fim de que os(as) estudantes possam ir construindo modelos mentais que lhe permitam identificar as grandezas físicas envolvidas no experimento (15 min).

Compreendida a ideia geral da atividade, o professor apresentará o problema a ser investigado a todas as equipes, qual seja: como identificar e analisar as variáveis físicas envolvidas no acendimento de um LED, relacionando-as com a composição deste dispositivo? Assim, todas as equipes iniciarão a manipulação do seu experimento, (20 min) com o acompanhamento do(a) professor(a), que conduzirá a instrução de tal modo que os(as) estudantes consigam refletir sobre a natureza do material semicondutor que constitui o LED.

Sabemos que apesar de o tempo de aula ser de 50 minutos sempre existem contratempos em sala que não planejamos, assim o tempo de atividade por vezes não contempla os 50 minutos, como previsto para cada aula. Para facilitar o acompanhamento do estágio inicial desenvolvemos o quadro 4, observe:

Quadro 4: Dicas de como organizar o estágio inicial.

Objetivo	Dicas	Tempo médio
Conhecer o tema, o problema e o experimento que serão trabalhados no decorrer do ciclo de modelagem.	Iniciar com a divisão de grupos e distribuição dos quadros brancos.	5 min
	Realizar uma discussão geral do que vai ser investigado.	15 min
	Apresentar o problema a ser investigado e conduzir os(as) a manipular o experimento.	20 min

Fonte: O próprio autor, 2024

Estágio I

Nesta etapa, cada equipe estará de posse de seu próprio kit experimental, no entanto, os LEDs de diferentes cores serão entregues paulatinamente, partindo do que possui a menor frequência entre os que foram disponibilizados. É interessante que os LEDs utilizados na atividade sejam de alto brilho, pois a parte do plástico que compõe a estrutura deles é transparente, então os(as) estudantes não poderão afirmar qual cor que eles possuem, até que consigam acendê-los.

Cada um dos LEDs têm um potencial de acionamento diferente do outro. Em vista disso, os(as) estudantes serão orientados(as) a controlar o potencial do circuito elétrico, através do potenciômetro, a fim de acender os diferentes LEDs e observar esta diferença no potencial de acionamento, a princípio apenas do ponto de vista qualitativo.

Após os estudantes conseguirem acionar o primeiro LED (o vermelho), o docente deve solicitar que eles(as) mantenham o potenciômetro na mesma posição e conectem o LED de frequência subsequente, neste caso, o amarelo (20 min). A ideia é fazer com que eles(as) percebam que este LED, assim como os demais, precisará de um potencial maior para ser acionado. O(A) professor(a) deve orientar os(as) estudantes a controlar o potenciômetro com bastante cautela, para não queimar o LED.

Esta etapa será apenas de reconhecimento do experimento, assim o professor deve caminhar entre as equipes e observar se cada uma delas está manipulando o experimento de forma coerente e se todos(as) estão participando, instigando-os(as) a responderem quais são as grandezas que estão manipulando. Eles(as) não serão orientados quanto à posição adequada do LED no circuito, para que percebam que este dispositivo só será acionado se estiver sido conectado da forma correta, ou seja, com uma polarização direta (Valadares; Chaves; Alves, 2005).

Quando o professor observar que todas as equipes já estão conseguindo acender os LEDs, ele perguntará se foi percebida alguma diferença para acender cada um deles. É provável que a essa altura os grupos tenham percebido a diferença, então o(a) professor(a) questionará toda a turma sobre a razão disso acontecer. Outro questionamento que deve ser feito pelo(a) professor(a) é se o material que constitui o LED é um condutor, um isolante ou um semicondutor. A equipe terá cerca de vinte minutos para refletir a respeito e posteriormente cada uma elegerá um(a) estudante para responder de forma oral sobre os questionamentos realizados, sintetizando as ideias do grupo.

Em seguida, o professor solicitará que cada equipe faça uma representação (cada

apresentação deve durar 3 min), em seu quadro branco, do circuito elétrico investigado. Na ocasião, cada grupo apresentará e defenderá a imagem que desenvolveu, a partir da sua interação com o experimento. Esta é a representação simbólica, que será reproduzida seguindo as orientações da IpM (Hestenes, 2010).

Após os grupos apresentarem seus quadros brancos, a atividade avançará para o estágio II, que será descrito adiante. Para facilitar o acompanhamento do estágio I desenvolvemos o Quadro 5, observe:

Quadro 5: Dicas de como organizar o estágio I.

Objetivos	Dicas	Tempo médio
Manipular o experimento; Reconhecer as grandezas físicas envolvidas; Esboçar um esquema representando o circuito elétrico manipulado.	Iniciar com a entrega dos Kits experimentais, mas sem entregar os LEDs. O ideal é entregar uma cor de cada vez, iniciando com o de menor frequência, até o de maior frequência.	5 min
	Entregar os LEDs paulatinamente e observar as equipes manipulando o experimento.	20 min
	Solicitar às equipes para refletir que tipo de material constitui o LED e esboçar sua ideia no quadro branco.	20 min
	Solicitar que cada equipe apresente seus argumentos no quadro branco.	3 min (Cada equipe)
	Solicitar que as equipes desenvolvam uma representação do circuito em forma de imagem no quadro branco.	20 min
	Apresentação da imagem desenvolvida pelos estudantes no quadro branco.	3 min (Cada equipe)

Fonte: O próprio autor, 2024

Estágio II

Neste estágio os(as) estudantes farão o levantamento de dados necessários para que possam refletir melhor sobre as hipóteses levantadas e responder ao questionamento realizado no estágio inicial. Para isso as equipes recebem o Kit experimental e um multímetro, para realizar a aferição do potencial elétrico necessário para acionar o limiar de acendimento de cada LED. Aqui o(a) professor(a) vai orientar os(as) estudantes a anotarem os valores de potencial elétrico necessários para acender cada LED. Isso será feito na tabela 1, que está disponível no apêndice B deste trabalho.

O(A) professor(a) continuará com seu trabalho participativo em meio aos grupos, orientando-os caso alguma das equipes esteja fazendo anotações de forma equivocada. É importante lembrar que o docente nunca deve mostrar como “deve ser feito”, mas sim,

questionar se aquela é a melhor forma de os(as) estudantes obterem os dados. Este momento é importante, pois os(as) discentes estarão manipulando o potenciômetro e checando junto ao multímetro qual é o potencial de acendimento de cada LED. O papel do(a) professor(a) é de mediar a investigação, para que as equipes se certifiquem de que existe um valor específico para o potencial de acionamento de cada LED (20 min).

Após registrar todos os potenciais de acionamento na tabela, as equipes deverão investigar qual modelo matemático pode relacionar às grandezas físicas presentes no experimento. Apenas com os dados dos potenciais elétricos não é possível esboçar um gráfico, assim o(a) professor(a) deve mostrar para a turma o espectro eletromagnético que é encontrado nos anexos deste trabalho, para que as equipes possam relacionar o potencial elétrico de acendimento ao comprimento de onda ou frequência da luz emitida pelo LED. O(A) professora deve instigar os(as) estudantes a refletir sobre uma forma de representar o fenômeno a partir de um gráfico. Ainda neste estágio o professor entregará papel milimetrado para que os(as) estudantes começem a modelar o gráfico com os dados que obtiveram e anotaram na tabela, a partir das grandezas físicas envolvidas no experimento. Lembrando sempre de orientar todos os grupos de maneira geral e continuar com sua visitação, equipe por equipe (20 min).

Após todos os grupos desenvolverem seus modelos no papel milimetrado, o(a) professor(a) vai conduzi-los a representar seus gráficos nos quadros brancos para realizarem uma apresentação para toda a turma. Após isso, cada equipe fará uma apresentação (3 min para cada equipe) para toda a turma e argumentará sobre como conseguiu desenvolver seu gráfico.

Realizada a discussão com todas as equipes, o(a) professor(a) vai incentivar os(as) estudantes a anotarem os dados obtidos em uma tabela no Excel. Na ocasião, orientados pelo(a) professor(a), os grupos vão realizar uma regressão linear no Excel, para descrever as grandezas graficamente e em forma de equação. Assim, os(as) estudantes poderão realizar uma comparação entre os modelos elaborados por eles(as) e o modelo reproduzido no aplicativo (20 min para preenchimento da planilha e regressão).

Neste momento, o professor deve comentar acerca de possíveis equívocos que cada grupo cometeu e também enaltecer os pontos positivos alcançados na investigação. Realizada esta discussão, passaremos ao estágio III, no qual os(as) estudantes farão uma análise da proposta elaborada. Para facilitar o acompanhamento do estágio II desenvolvemos o Quadro 6, observe:

Quadro 6: Dicas de como organizar o estágio II

Objetivos	Dicas	Tempo médio
Realizar medidas com o multímetro; Anotar os dados obtidos e organizar em uma tabela; Esboçar um gráfico a partir de dados obtidos em uma tabela; Elaborar um modelo conceitual.	Iniciar distribuindo os Kits experimentais junto com o multímetro.	5 min
	Mediar a manipulação do experimento na aferição do potencial de acendimento.	20 min
	Mediar a elaboração do gráfico em papel milimetrado a partir da tabela preenchida.	20 min
	Mediar a representação do gráfico no quadro branco.	10 min
	Apresentação dos quadros brancos.	3 min (para cada equipe)
	Mediar a elaboração da tabela e regressão linear do gráfico no Excel.	20 min
	Discussão com todas as equipes do comportamento de gráfico no Excel e possíveis equívocos no desenvolvimento do gráfico em papel milimetrado.	10 min

Fonte: O próprio autor, 2024.

Estágio III

Nesta etapa, o(a) professor(a) vai inserir mais um LED na investigação, o violeta. Mas como esta é uma etapa de verificação do modelo, a princípio os(as) estudantes não irão manipular este LED, porém serão questionados(as) sobre qual seria a posição dele no gráfico que construíram. Os estudantes devem apontar no gráfico qual é o ponto de interseção do LED violeta e para isso será disponibilizado aos estudantes uma imagem com o espectro eletromagnético que se encontra nos anexos deste trabalho. Os estudantes devem relacionar o comprimento de onda ou a frequência em seu gráfico para apontar qual é o ponto de interseção (20 min). Em seguida farão uma apresentação (3 min para cada equipe) nos quadros brancos de seus gráficos e qual o ponto de interseção que o modelo deles aponta. Este estágio visa analisar a capacidade preditiva do modelo, bem como a compreensão dos estudantes em relação ao que foi produzido até então.

Posteriormente, as equipes receberão o LED violeta para coletar os dados e testar suas hipóteses. Os(as) estudantes farão o teste como em todos os outros e anotam na Tabela 1 (que se encontra no apêndice B deste trabalho), observando com o multímetro qual o potencial elétrico de acendimento. De posse desses dados, a ideia é que eles(as), tomando como referência

o modelo elaborado, e observem se o potencial de acendimento do LED é próximo do que eles(elas) estimaram.

Os grupos devem usar seus modelos e representá-los em seus quadros brancos. Assim, quando todos terminarem, teremos uma nova seção de apresentações (3 min para cada grupo), para que cada equipe defenda seus argumentos e descreva quais estratégias utilizaram para chegar a tais conclusões. O(a) professor acompanhará todas as apresentações e, ao final, mencionará possíveis equívocos apresentados, enaltecendo os pontos positivos. Para facilitar o acompanhamento do estágio III desenvolvemos o Quadro 7, observe:

Quadro 7 : Dicas de como organizar o estágio III

Objetivos	Dicas	Tempo médio
Testar as previsões feitas a partir do modelo matemático construído; Avaliar a consistência do modelo.	Iniciar a aula entregando os gráficos produzidos no estágio anterior e os quadros brancos	5 min
	Mediar as discussões das equipes buscando o ponto de interseção do LED violeta.	20 min
	Apresentação do ponto de interseção nos quadros brancos.	3 min (Para cada equipe)
	Distribuição do Kit experimental, junto do LED violeta e multímetro	5 min
	Aferição do potencial de acendimento do LED violeta com o multímetro.	20 min
	Apresentação dos quadros brancos.	3 min (Para cada equipe)
	Discussão geral com o (a) professor(a) corrigindo possíveis equívocos das equipes e enaltecendo os acertos	10 min

Fonte: O próprio autor, 2024.

No estágio seguinte, os(as) estudantes irão se deparar com uma situação cotidiana. Dessa forma, o(a) professor(a) deve realizar uma conexão entre o dia a dia dos(as) discentes e a presença da Física em tarefas corriqueiras, como segue na descrição do estágio IV.

Estágio IV

Neste estágio, os(as) estudantes serão confrontados com uma situação cotidiana que envolve a discussão realizada até o momento, qual seja, o acendimento de uma lâmpada LED. Esta atividade tem como objetivo fazer com que eles(as) percebam que muitos conceitos físicos

trabalhados em sala de aula fazem parte do mundo vivencial.

Sabemos que o potencial elétrico fornecido às lâmpadas de LED presentes nas instalações elétricas das casas na Paraíba é geralmente em torno de 220V. Desse modo, um dos questionamentos feitos pelo professor será: Como é possível uma lâmpada LED suportar um potencial de 220V sem ser danificada? O(A) professor(a) vai levar para a aula uma lâmpada de LED desmontada, pois, desta forma, será possível observar os LEDs conectados em série, associação que favorece a distribuição do potencial elétrico fornecido ao sistema. Assim, todos os grupos poderão propor uma solução a este questionamento e apresentar suas hipóteses.

Outro questionamento feito aos(as) estudantes será: Tomando como referência os LEDs de diferentes cores manipulados anteriormente, como é possível uma lâmpada feita de LEDs emitir luz na tonalidade branca? O desafio é que eles(as) consigam perceber que a luz branca emitida é resultante de uma mistura de cores, associada à composição do LED branco.

Os(as) estudantes irão sistematizar suas respostas nos quadros brancos e após uma sessão de discussões, primeiramente em grupo e posteriormente com toda a turma, seguiremos para a culminância da atividade. Para facilitar o acompanhamento do estágio IV desenvolvemos o Quadro 8.

Quadro 8: Dicas de como organizar o estágio IV

Objetivos	Dicas	Tempo médio
Utilizar as observações realizadas para investigar uma nova situação; Discussir o novo fenômeno físico, apontando semelhanças e diferenças com o experimento trabalhado	Mostrar a todas as equipes uma lâmpada de LED desmontada.	5 min
	Entrega dos quadros brancos e mediação das equipes na investigação sobre o porquê a lâmpada de LED emite luz branca.	40 min
	Apresentação dos quadros brancos.	3 min (Para cada equipe)
	Discussão geral mediada pelo professor sobre as semelhanças e diferenças da lâmpada de LED com o experimento trabalhado	15 min

Fonte: O próprio autor, 2024

Culminância da IpM

Podemos afirmar que este é um dos momentos mais importantes de nossa atividade, pois aqui as equipes farão uma apresentação geral de tudo que foi desenvolvido por elas nos quadros brancos. Na ocasião, cada grupo irá argumentar sobre possíveis soluções ao problema inicial, utilizando o quadro para expor suas hipóteses e conclusões (5 min para cada equipe).

Ao final de todas as apresentações, o professor ou a professora deverá apontar os equívocos e vai enaltecer os pontos positivos de cada equipe durante a investigação. Neste momento, como Hestenes (2010) destaca, é o mais rico da aprendizagem, pois todos os(as) estudantes participam da argumentação, observam possíveis equívocos que foram cometidos e têm sua autoestima levantada pelas colocações do professor perante seus acertos.

Após as apresentações dos(as) estudantes e apontamentos feitos pelo professor, será conduzida uma reflexão sobre todos os questionamentos levantados no decorrer da investigação. Neste momento de aprofundamento, previsto na IpM, o(a) professor(a) iniciará uma discussão, abordando as primeiras lâmpadas produzidas, até as atuais lâmpadas de LED. Desse modo, ele(a) irá também discutir sobre o que são e como funcionam os materiais semicondutores, evidenciando o processo de dopagem destes materiais, uma vez que este é o processo que determina a cor que o LED emite.

Por fim, o(a) docente voltará à pergunta inicial e fará o fechamento da atividade, mostrando aos estudantes as relações entre o que eles produziram e os modelos presentes na literatura.

REFERÊNCIAS

COHEN, E.; LOTAN, R. A. **Planejando o trabalho em grupo:** estratégias para salas de aula heterogêneas. 3a edição. Porto Alegre: Penso, 2017.

VALADARES, E. C.; CHAVES, A.; ALVES, E. G. **Aplicações da física quântica: do transistor à nanotecnologia.** São Paulo: Livraria da Física, 2005.

HESTENES, D. Modeling theory for math and science education. In: LESH, R. et al. (Ed.), **Modeling student's mathematical modeling competencies** (pp. 13-41). New York: Springer, 2010.

9. APÊNDICE B - MATERIAIS PARA A SEQUÊNCIA

Materiais para o experimento

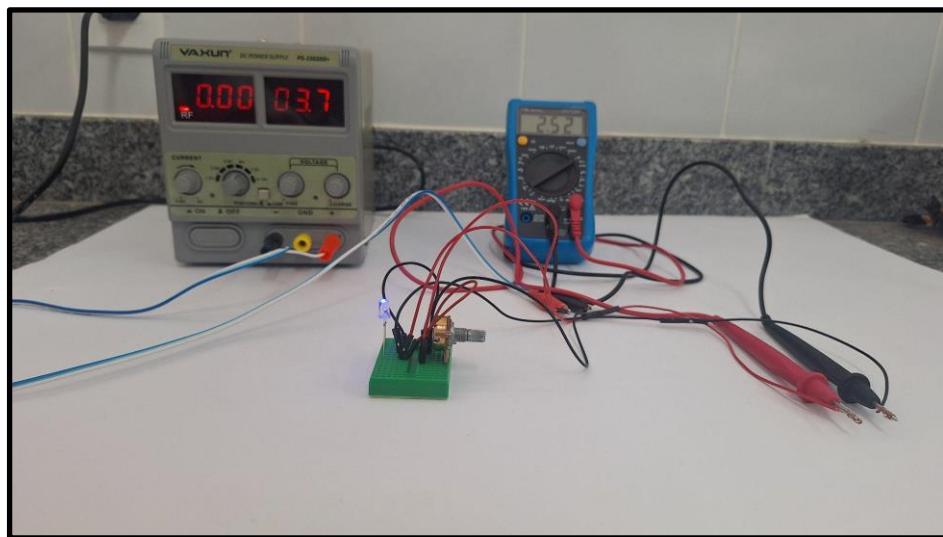
Os materiais necessários para reproduzir o experimento são de baixo custo e podem ser adaptados de acordo com a realidade de cada educador em seu ambiente de ensino aprendizagem, como segue:

- ❖ 1 fonte controladora de tensão (pode ser substituído por bateria de 9V);
- ❖ 1 potenciômetro de 5 kohms;
- ❖ jumpers;
- ❖ 1 protoboard;
- ❖ LEDs de alto brilho com diferentes cores;
- ❖ Multímetro.

Neste experimento conseguimos controlar o potencial fornecido ao circuito com o auxílio do potenciômetro, com o multímetro é possível registrar a tensão suficiente para acender cada um dos LEDs, observe na Imagem 4.

Imagen 4: Montagem do Kit experimental com a fonte de potencial

Monte seu Kit experimental



Fonte: O próprio autor, 2024.

TABELA DO POTENCIAL ELÉTRICO

Na tabela abaixo o(a) professor(a) deve motivar os(as) estudantes a anotarem o potencial necessário para o acendimento de cada LED. O ideal é que seja entregue aos estudantes pelo menos 3 LEDs da mesma cor, para que as equipes consigam calcular a média aritmética no acendimento entre eles. No espaço “Luz emitida”, os(as) estudantes preenchem com a cor que o LED emite.

Tabela 1: Potencial elétrico capaz de acionar o LED

Registre aqui o potencial aferido no multímetro					
Luz emitida					
Potencial (V) de acendimento					
Média de V					

Fonte: O próprio autor, 2024.



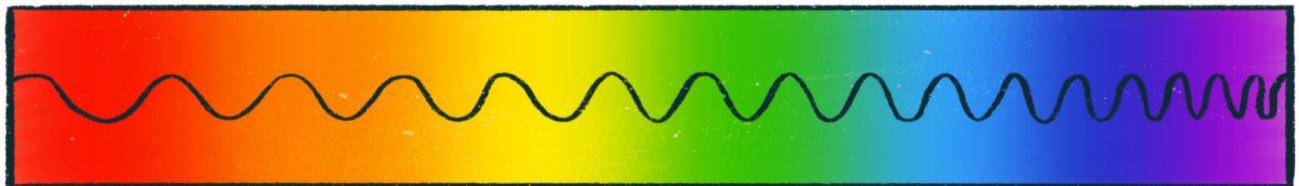
TABELA DAS GRANDEZAS FÍSICAS ASSOCIADAS AO FENÔMENO

Nesta tabela o(a) professor(a) deve motivar os(as) estudantes a inserirem a média dos potenciais elétricos, obtida na Tabela 1. Assim, as equipes podem relacionar o potencial de acendimento com o comprimento de onda da luz emitida ou a frequência. Observe a Tabela 2.

Tabela 2 - Comprimento de onda e frequência do espectro visível

Registre as médias dos potenciais aferidos com multímetro			
Cor do LED	V de acendimento	Comprimento de onda em nm	Frequência em THz
Vermelho		645	464
Amarelo		595	503
Verde		565	530
Azul		430	697

Fonte: Tabela adaptada pelos autores (2024), baseada em Villate, 2015.



Quadro branco de baixo custo

Em nossas atividades utilizamos o quadro branco como um material recursivo, fizemos uma adaptação para melhor se adequar à realidade da nossa escola, desse modo, segue algumas dicas de como construir o seu próprio quadro branco.

Materiais necessários

1 Papel cartão branco (48 x 66 cm) 250g/m²;

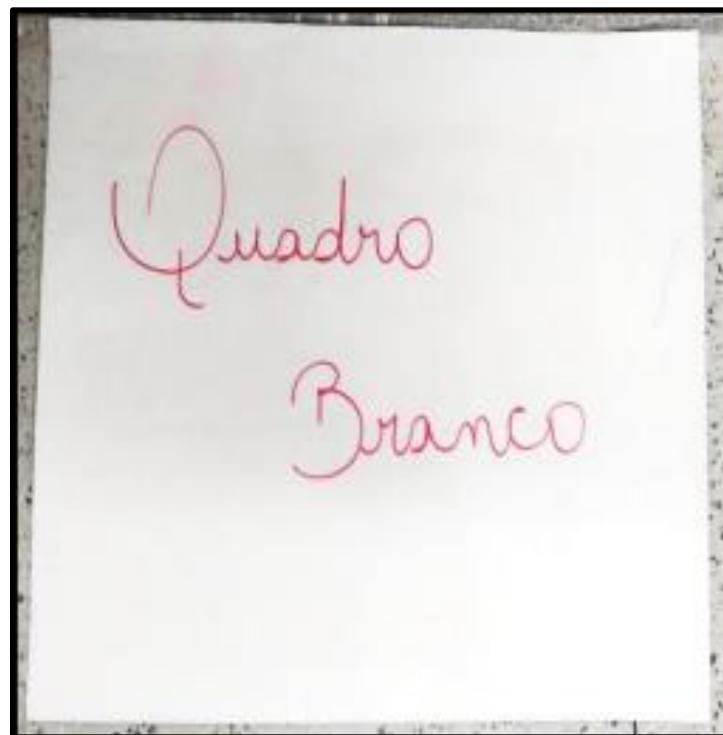
1 Plástico adesivo transparente;

1 tesoura sem ponta.

Montagem

Primeiramente, é necessário colocar o plástico adesivo na parte branca do papel cartão, temos que cobrir toda a área. Com o plástico totalmente aplicado no cartão podemos escrever com o pincel de quadro branco e depois apagar. Observe o modelo na Imagem 5.

Imagen 5: Quadro branco



Fonte: O próprio autor, 2024.

Questões norteadoras - Agenda pedagógica

Algumas questões são importantes para servir de orientação ao professor durante o desenvolvimento da sequência de ensino, segue abaixo algumas destas questões;

QUESTÕES NORTEADORAS

Estágio I:

Existem diferenças entre potenciais de acionamento para os diferentes LEDs? Quais?

R.:

Após as observações realizadas, como você classificaria os materiais que compõem os LEDS, em condutores, isolantes ou semicondutores? Por quê?

R.:

Estágio II:

Na sua opinião, por que LEDs tão parecidos apresentam comportamentos diferentes? Isso poderia estar relacionado à composição destes dispositivos?

R.:

Estágio III:

O LED violeta é semelhante aos demais? Em que aspectos?

R.:

Estágio IV:

Como é possível uma lâmpada LED suportar um potencial de 220V sem ser danificada?

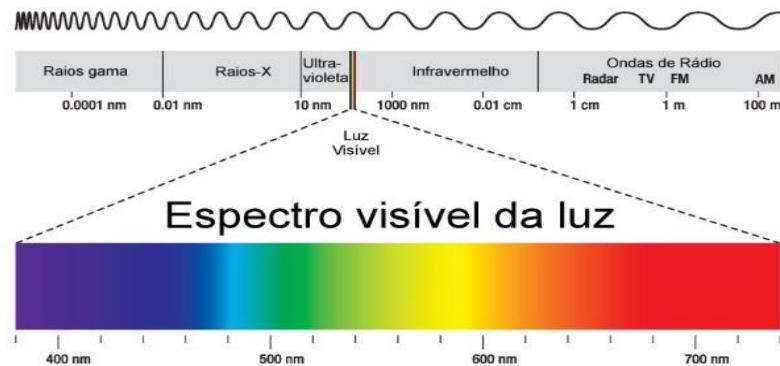
R.

Tomando como referência os LEDs de diferentes cores manipulados anteriormente, como é possível uma lâmpada feita de LEDs emitir luz na tonalidade branca?

R.

10. ANEXOS - ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Figura 42: Espectro eletromagnético



Fonte: Infoescola³

REFERÊNCIAS

CARVALHO, T. Espectro Eletromagnético. **Infoescola**, 2025. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>. Acesso em: 30/06/2025

³ Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>> Acesso em: 17 de out. de 2024.