



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

WAGNER PEREIRA GOMES

EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA

FORTALEZA

2019

WAGNER PEREIRA GOMES

EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA

Monografia apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G618e Gomes, Wagner Pereira.

Experimentos para o ensino de Física Quântica / Wagner Pereira Gomes. – 2019.
44 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Física, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire.

1. Experimentos. 2. Física Moderna. 3. Ensino de Física. I. Título.

CDD 530

WAGNER PEREIRA GOMES

EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA

Monografia apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Aprovada em: 05 de Dezembro de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Cristiano Balbino da Silva
Secretaria de Educação do Estado do Ceará (SEDUC/CE)

Dedico este trabalho, em primeiro lugar, a Deus porque sem Ele nada poderia ser feito, à minha família por acreditar e especialmente à minha mãe por estar sempre ao meu lado ajudando e apoiando. Enfim, obrigado a todos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família que sempre esteve presente nessa minha caminhada. Ao meu orientador Paulo de Tarso, por sua dedicação, ajuda e confiança até o fim.

Meus agradecimentos a todos os professores do departamento de Física pela ajuda e pelo ensino de qualidade. E aos meus colegas e amigos: Rafael, João, Eudson, Marcos, Wallace, José Luiz, Emanuel e claro a todos que estiveram juntos nesse percurso sempre ajudando uns aos outros. E, em especial, a meu amigo Henrique Marinho por ajudar nas fotos dessa monografia.

E a Universidade Federal do Ceará - UFC por ser essa instituição com ensino de qualidade e pela oportunidade.

Ao PIBID e a CNPQ pela ajuda financeira e pela oportunidade de pesquisa que ajudou na minha carreira.

Obrigado a todos pela ajuda, sem vocês nada seria possível.

"Na vida, não existe nada a temer, mas a entender."

(Marie Curie)

RESUMO

Este trabalho mostra a importância do ensino de Física Moderna no ensino médio. Tem como base a falta de subsídios para esses conteúdos para os estudantes, mesmo sendo obrigatórios segundo os parâmetros curriculares nacionais. A partir disso, este trabalho mostra porque é importante o desenvolvimento desses conteúdos, apresentando da mesma forma as dificuldades que os educadores podem enfrentar ao desenvolver esses temas, mas apresentamos uma estratégia para ajudar os professores. Nesse sentido, iremos analisar os benefícios causados pela utilização de experimentos e utilizaremos experimentos fabricados com materiais acessíveis, para conteúdos específicos de Física Moderna. Assim, mesmo com as dificuldades relacionadas ao ensino de Física, existem temas que podem ter mais interesse para os alunos, uma vez que se trata de assuntos mais atuais. Com esse trabalho espera-se despertar um maior interesse dos estudantes aos conteúdos de Física, melhorando o aprendizado, que possa ajudar ao professor no desenvolvimento de suas aulas e motivá-lo a incluir os temas de Física Moderna.

Palavras-chave: Experimentos. Física Moderna. Ensino de Física.

ABSTRACT

This work shows the importance of teaching modern physics in high school. Has as based on the lack of subsidies for these contents for students, even though they are mandatory according to national curriculum parameters. From this, this work shows why it is the development of these contents is important, that educators may face in developing these themes, but we present a strategy to help the teachers. In this sense, we will analyze the benefits caused by experiments and we will use experiments made from affordable materials, for specific content of Modern Physics. So even with the difficulties related physics teaching, there are subjects that may be of more interest to the students, since These are more current issues. This work is expected to arouse greater interest from Physics content, improving learning, that can help the teacher in developing your classes and motivating you to include the themes of Modern Physics.

Keywords: Experiments. Modern Physics. Physics Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Montagem do experimento, "ouvir o controle remoto".	23
Figura 2 – Esquema do circuito para o experimento, "ouvir o controle remoto".	24
Figura 3 – Ligações no circuito para o experimento, "ouvir o controle remoto"	24
Figura 4 – Teste para observar o funcionamento, do experimento "ouvir o controle remoto".	25
Figura 5 – Montagem do experimento para se ouvir o controle remoto.	26
Figura 6 – Montagem do experimento, "placa solar".	27
Figura 7 – Esquema do circuito da placa solar.	28
Figura 8 – Circuito do experimento placa solar.	28
Figura 9 – Multímetro ligado no circuito, do experimento placa solar.	29
Figura 10 – Experimento da placa solar de LED.	29
Figura 11 – Montagem do experimento, "Espalhamento de Rutherford".	32
Figura 12 – Sugestão de forma geométricas para o experimento "Espalhamento de Rutherford".	32
Figura 13 – Sugestão de forma geométricas para o experimento "Espalhamento de Rutherford".	33
Figura 14 – Formas geométricas do isopor entre as duas placas de papelão, no espalhamento de Rutherford.	33
Figura 15 – Ilustração do experimento Espalhamento de Rutherford.	34
Figura 16 – Montagem do experimento, "Fluorescência".	36
Figura 17 – Texto utilizando marcador de texto, a ser utilizado no experimento de fluorescência.	36
Figura 18 – Texto utilizando protetor solar, a ser utilizado no experimento de fluorescência.	37
Figura 19 – Água Tônica, a ser utilizado no experimento de fluorescência.	37
Figura 20 – Efeito de fluorescência observado no experimento.	38
Figura 21 – Montagem do experimento, da dupla fenda.	40
Figura 22 – Efeito causado por uma fenda simples.	41
Figura 23 – Efeito produzido pelo experimento de dupla fenda.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Materiais para o experimento "ouvir o controle remoto"	23
Tabela 2 – Materiais para o experimento "Placa solar"	27
Tabela 3 – Materiais para o experimento "Espalhamento de Rutherford"	31
Tabela 4 – Materiais para o experimento "Fluorescência"	35
Tabela 5 – Materiais para o experimento "Dupla Fenda"	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>BNCC</i>	Base Nacional Comum Curricular
<i>EM</i>	Ensino Médio
<i>FM</i>	Física Moderna
<i>HFC</i>	História e Filosofia da Ciência
<i>LDR</i>	Light Dependent Resistor
<i>LED</i>	Light-emitting Diode
<i>PCN</i>	Parâmetros Curriculares Nacionais
<i>PCN+</i>	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
<i>UV</i>	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	A IMPORTÂNCIA DOS EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE FÍSICA	15
3	FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO	17
3.1	Importância do ensino de Física Moderna.	17
3.2	Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)	18
3.3	BNCC no ensino de Física moderna	20
3.4	Dificuldades de ensinar FM	21
4	EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA	22
4.1	Efeito Fotoelétrico	22
4.1.1	<i>Ouvir o controle remoto</i>	22
4.1.1.1	<i>Montagem</i>	22
4.1.1.2	<i>Funcionamento</i>	25
4.1.1.3	<i>Observações</i>	26
4.1.2	<i>Placa Solar</i>	26
4.1.2.1	<i>Montagem</i>	27
4.1.2.2	<i>Funcionamento</i>	30
4.1.2.3	<i>Observações</i>	30
4.2	Modelo atômico de Rutherford	30
4.2.1	<i>Espalhamento de Rutherford</i>	31
4.2.1.1	<i>Montagem</i>	31
4.2.1.2	<i>Funcionamento</i>	34
4.2.1.3	<i>Observações</i>	34
4.3	Modelo atômico de Bohr	34
4.3.1	<i>Fluorescência</i>	35
4.3.1.1	<i>Montagem</i>	35
4.3.1.2	<i>Funcionamento</i>	38
4.4	Dualidade Onda-Partícula da Luz	38
4.4.1	<i>Dupla Fenda</i>	39
4.4.1.1	<i>Montagem</i>	39

4.4.1.2	<i>Funcionamento</i>	40
4.4.1.3	<i>Observações</i>	41
5	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência que estuda a natureza e seus fenômenos, analisando suas características e tentando explicar suas relações. Ela pode ser dividida em ramos que estudam aspectos diferentes como: Mecânica, Ondulatória, Termologia, Óptica e a Moderna e Contemporânea.

A maioria desses ramos é ministrada no ensino médio, mas os conteúdos de Física Moderna que tratam de estudos mais recentes, tais como relatividade e teoria quântica, entre outros, não são ensinados e às vezes nem mencionados.

Então temos um ramo da Física que consta de conteúdos interessantes para os alunos, por serem temas que possuem relação com algumas tecnologias atuais e que podem prender a atenção dos alunos. Na maioria das vezes esses conteúdos não são ministrados por sua dificuldade de ensino ou, por falta de material, com isso os educadores preferem não colocar Física Moderna como conteúdo no ensino médio, mesmo sendo obrigatório segundo os parâmetros curriculares. (BRASIL, 2002)

Analisaremos os parâmetros curriculares nacionais e a base nacional comum curricular, que será o novo documento que regulamentará os temas que devem ser ministrados na educação brasileira, e, observaremos, segundo esses documentos, alguns temas de Física Moderna que devem ser ensinados nas escolas.

Para ajudar a diminuir a dificuldade de ministrar esses temas, podemos utilizar experimentos ou demonstrações para exemplificar e explicar as teorias, facilitando e eventualmente melhorando o aprendizado do aluno, além de ser uma forma de mostrar ao aluno a relação entre a teoria e prática.

Portanto, montamos alguns experimentos de Física Moderna para que o professor possa reproduzir e aplicar nas suas aulas. Também analisaremos a importância dos experimentos para o ensino e como poderá ajudar na aprendizagem dos alunos, além de discutirmos a importância da Física Moderna e suas dificuldades relacionados ao ensino.

2 A IMPORTÂNCIA DOS EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE FÍSICA

Atualmente podemos utilizar várias formas e metodologias para o ensino de Física. Entre essas metodologias está a utilização de fórmulas matemáticas (somente a parte teórica), experimentos, simulações, entre outras possibilidades. O professor possui várias formas de ministrar suas aulas; dependendo da situação, do conteúdo e dos alunos, alguns métodos podem ser melhores e mais apropriados que outros, então o professor deve observar e analisar qual melhor se adequa a seu propósito.

Neste capítulo discutiremos um pouco sobre o método de demonstração de experimentos para o ensino de Física, seus defeitos e qualidades.

Um dos principais objetivos da utilização de experimentos é tentar minimizar a dificuldade dos alunos e relacionar os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula com a vivência no dia a dia. Segundo Araújo e Abib:

O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente.(ARAÚJO; ABIB., 2003)

Com os experimentos podemos relacionar teoria e prática, além de tornar a aula uma atividade diferente da tradicional, podendo despertar o interesse, motivar os alunos nas aulas e melhorar o aprendizado a partir da observação dos experimentos.

Os experimentos muitas vezes são utilizados como um método de fixação de fórmulas e teorias, com a utilização de roteiros prontos, onde os alunos precisam segui-lo como uma “receita de bolo”. Isso necessita ser revisado e modificado para melhorar o aprendizado do aluno, como está sendo dito nos PCNs +:

As abordagens mais tradicionais precisariam, portanto, ser revistas, evitando-se “experiências” que se reduzem à execução de uma lista de procedimentos previamente fixados, cujo sentido nem sempre fica claro para o aluno.(BRASIL, 2002)

Muitas vezes o aluno somente segue o roteiro de um experimento fazendo tudo o que se pede, não aprende nada, nem a pensar, tornando o experimento algo mecânico. Algo muito proveitoso dos experimentos é a aproximação do trabalho de um cientista, onde tem-se um problema e utiliza-se seus conhecimentos e equipamentos disponíveis para resolvê-lo. O ideal é que o experimento não tenha roteiro para que o aluno crie um senso crítico e desenvolva a criatividade utilizando os conceitos aprendidos para interpretar os resultados produzidos pelos experimentos.

Na educação, a experimentação é essencial; segundo os PCNs +:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis.(BRASIL, 2002)

No mesmo documento se enfatiza a importância dos experimentos para uma ligação entre a sala de aula e a vida do aluno.

Experimentar pode significar observar situações e fenômenos a seu alcance, em casa, na rua ou na escola, desmontar objetos tecnológicos, tais como chuveiros, liquidificadores, construir aparelhos e outros objetos simples, como projetores ou dispositivos óptico-mecânicos. Pode também envolver desafios, estimando, quantificando ou buscando soluções para problemas reais.(BRASIL, 2002)

Em suma, as atividades experimentais podem contribuir de forma positiva na melhoria do aprendizado dos alunos, aumentando seus interesses nas aulas, servindo como motivação e permitindo a conexão entre teoria e prática.

3 FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

A Física Moderna (FM) compreende as teorias da relatividade e da Mecânica Quântica, que foram formuladas no início do século XX para corrigir certos aspectos da Física Clássica como por exemplo: a incapacidade de explicar o espectro do corpo negro, os resultados do experimento de Michelson-Morley, o efeito fotoelétrico, os espectros atômicos, os fenômenos relacionados aos raios – X e a radioatividade. Com a ausência de explicações desses fenômenos pela Física Clássica, muitos cientistas começaram a pesquisar e a criar teorias que explicassem esses fenômenos. Dessa forma nasceu a FM que reúne várias teorias que explicam esses fenômenos e muito mais.

Atualmente muitos discutem a importância da FM no ensino médio, se realmente é necessário, pela sua dificuldade de ensino e pela falta de preparo dos professores, entre outras coisas. Vamos analisar a importância do ensino de FM, suas dificuldades e se a FM é cobrada nos currículos escolares.

3.1 Importância do ensino de Física Moderna.

Os conteúdos ensinados em FM estão muito ligados às tecnologias utilizadas no nosso cotidiano. Essa é uma grande importância de FM no ensino, para mostrar a base de funcionamento de alguns aparelhos, além de incluir tecnologias e avanços científicos na sala de aula para despertar o interesse dos alunos nas aulas de Física.

O importante para o ensino de Física é mostrar para os alunos que a Física e outras ciências não estão terminadas, mas que estão sendo construídas todo dia com novas pesquisas e novas teorias. Atualmente, com os filmes de ficção científica, é comum ouvir-se falar de temas como buracos negros, relatividade, entre outras. Então, devemos incluir nos currículos escolares os conceitos de FM, para que os alunos possam aprender e observar se nos filmes os conceitos físicos estão representados corretamente. Segundo Ostermann e Moreira as principais razões da inclusão de FM na escola são:

- despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
- é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;

- é mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;
- Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la. (OSTERMANN; MOREIRA., 2000)

A FM tem grande importância para o ensino, podendo se tornar um instrumento que captive os alunos a se interessarem pelas ciências e mostrar que a ciência, ou no caso a Física, não é algo “chato”, porém algo interessante que está no seu cotidiano.

3.2 Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)

O Governo Federal formulou os PCNs que têm o objetivo de orientar os educadores a respeito do que deve ser ensinado e o conteúdo fundamental para cada disciplina. Então temos os PCNs e os PCNs + que relacionam as competências indicadas pela base nacional comum para o ensino médio para todas as áreas de ensino.

Observamos em muitas partes dos PCNs na área de Física uma presença importante de conteúdos de FM, sejam eles de conteúdos ou de compreensão do funcionamento de tecnologias. Analisaremos quais conteúdos de FM, segundo os PCNs, devem ser ensinados aos alunos do ensino médio.

Primeiro precisamos observar que os PCNs discutem ideias de que "É preciso discutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada."(PCN, 1999, p. 23).

É necessário mudar a maneira como se ensina Física nas escolas, mostrando a relação com o cotidiano e enfatizando a importância do conhecimento desses conceitos para a formação dos alunos como seres que interagem e transformam o meio e assim responder as perguntas: “para que estudo isso e porque isso é importante?”. Ou seja, é necessário mostrar que a Física é uma ciência que estuda tudo que está ao nosso redor, todos os fenômenos naturais e que esse conhecimento pode ser de grande valia no seu dia a dia.

Segundo os PCNs, os conteúdos que devem ser ministrados no ensino médio (EM) na área de FM são:

A natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais, assim como os modelos de absorção e emissão de energia pelos átomos, são alguns exemplos que também abrem espaço para uma abordagem quântica da

estrutura da matéria, em que possam ser modelados os semicondutores e outros dispositivos eletrônicos contemporâneos.(BRASIL, 1999)

Alguns conteúdos de FM podem e devem ser ensinados no EM para que os alunos consigam compreender como a matéria é formada microscopicamente e como as partículas interagem. Acreditamos que atualmente é extremamente necessário incluir a tecnologia na sala de aula, que consiste em compreender os funcionamento das tecnologias e os aparelhos de telecomunicações, que estão baseados em teorias de FM. Como é algo que está na vida dos alunos e que utilizam constantemente (componentes eletrônicos e semicondutores), então essa é uma oportunidade de mostrar que a Física encontra-se no mundo deles.

Pelos PCNs + alguns conteúdos da FM são indispensáveis para os alunos. Alguns exemplos são: a ideia de como se constitui a matéria de diferentes materiais que são fabricados, (como cristais líquidos e lasers), além de circuitos eletrônicos e processadores que estão presentes nos utensílios tecnológicos (PCN +, 2002, p. 70).

As competências e habilidades que devem ser incluídas no ensino de FM são, segundo os PCNs:

Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos. Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico. Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.(BRASIL, 1999)

Além disso, com a FM podemos mostra a história da Física e como a ciência pode ser erigida com o trabalho dos cientistas, estudando e ajudando uns aos outros, mostrando que a ciência não é algo inquestionável e estático, mas que está sempre em construção e acabar com a ideia de “apresentar o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como as de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos tenham a ideia de que não resta mais nenhum problema significativo a resolver” (PCN, 1999, p. 23).

Com as competências e habilidades necessárias estruturadas e organizadas nos PCNs + escolheu-se 6 temas para organizar o ensino de Física, buscando abranger todo o conteúdo necessário e mostrar uma visão geral da Física para o aluno do ensino médio. Segundo os PCNs + esses temas são:

1. Movimentos: variações e conservações
2. Calor, ambiente e usos de energia
3. Som, imagem e informação

4. Equipamentos elétricos e telecomunicações
5. Matéria e radiação
6. Universo, Terra e vida (BRASIL, 2002)

Os últimos dois temas Matéria, Radiação e Universo, Terra e Vida podem ser trabalhados como conteúdos de FM. Matéria poderia envolver o estudo dos modelos atômicos criados até o modelo de Schrödinger, Radiação pode envolver o estudo dos tipos de radiação como a radiação do corpo negro e radioatividade de materiais nucleares. Na parte de Matéria podemos incluir outros temas que podem ser encontrados em eletrônicos como o funcionamento de semicondutores, processadores e equipamentos de informática. No tema 6 pode-se incluir alguns conceitos de relatividade numa forma teórica, somente de conceitos além de incluir uma área que muitos jovens têm interesse que é a Cosmologia; também pode-se incluir a Astrofísica, que poderia incentivar os alunos nas aulas de Física.

Portanto, mesmo que atualmente no EM não se ensine FM, acreditamos que é algo que deveria ser ensinado como está definido nos PCNs, para que o aluno esteja preparado com todas as ferramentas que eles possam precisar no dia a dia. E também que ele possa compreender pelo menos o funcionamento básico das tecnologias que cada vez estão mais presentes e necessárias na sua vida.

3.3 BNCC no ensino de Física moderna

A base nacional comum curricular (BNCC) é um documento normativo para a educação brasileira, definindo os conteúdos essenciais que os alunos devem aprender em cada etapa e modalidade na educação básica. A BNCC busca garantir que todos os estudantes brasileiros estejam no mesmo nível educacional, acabando com as desigualdades na educação, de tal forma que, todos os alunos estejam estudando os mesmos conteúdos em todo o país. Outra causa para essa normalização do ensino é para que alunos que mudem de estado ou cidade não seja prejudicado ou percam nada do que foi ensinado.

Pela BNCC, podemos observar conteúdos de FM como: a análise de fenômenos naturais nas relações de matéria e energia, que incluem o espectro eletromagnético, fusão e fissão nuclear e a evolução do Universo que inclui os modelos cosmológicos.

Com a BNCC os conteúdos de FM são reduzidos, mas ainda podemos ministrar algumas teorias importantes. Então, mesmo pela BNCC, os conteúdos de FM são sugeridos para o EM e devem ser ministrados aos alunos.

3.4 Dificuldades de ensinar FM

Atualmente existem muitos problemas ou dificuldades que podem estar relacionados ao ensinar FM no EM. Uma delas refere-se à falta de preparo dos professores que não possuíram uma formação adequada para ensinar sobre certos conteúdos. Assim, preferem deixar esses conteúdos de lado. Os professores para somar essas dificuldades devem buscar este conhecimento por conta própria ou ter alguma formação continuada nessa área, para que estejam preparados para ensinar e ministrar aulas sobre esses temas.

Outra dificuldade muito grande é a falta de material didático que inclua FM nos seus conteúdos. Poucos livros do EM incluem este tema e os que incluem, abordam os conteúdos de maneira bastante superficiais. Devemos ter uma mudança e melhoria na qualidade dos livros de Física para que possam proporcionar um melhor ensino e que também ajudem o professor nas suas aulas.

Outros problemas também comentados entre os professores é a falta de tempo e a matemática avançada. A falta de tempo, por ser uma matéria com bastante conteúdo, então quase não tem tempo de ministrar-se o conteúdo previsto, com isso não se pode colocar FM. Mas com a formulação dos PCNs, dividido em 6 temas, devemos planejar e incluir nos currículos escolares ou então relacionar FM com outros conteúdos. Por exemplo, quando se ensina em óptica, difração e interferência, citar e mostrar o experimento de fenda dupla e a dualidade onda-partícula; assim, poderia incluir FM quando possível e não perderíamos muito tempo.

Muitos conteúdos podem ser analisados de maneira qualitativa sem envolver a matemática, ela pode ser omitida em alguns momentos. De fato, ela é somente uma forma de representar a Física, através de fórmulas, mas podemos ministrar os conteúdos sem ela, utilizando outros meios para ajudar e melhorar o aprendizado como experimentos e simulações, entre outras.

Portanto, mesmo com todas as dificuldades, o conteúdo de FM é essencial para os alunos e além de permitir mostrar a eles algo novo, que a Física está sempre crescendo e descobrindo coisas novas. Ou seja, a Física, mesmo que eles não percebam, encontra-se no seu cotidiano, nas tecnologias e em muitas outras coisas que ajudam a tornar sua vida melhor, além de poder ajudar os alunos a se interessarem pelas aulas de Física.

4 EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA

4.1 Efeito Fotoelétrico

O estudo do efeito fotoelétrico se inicia em 1887, com Hertz e o seu experimento que confirmou a teoria ondulatória da luz de Maxwell. No experimento havia um circuito com um centelhador para gerar ondas e outro circuito para detectá-las com a produção de centelhas. Hertz observou que a luz facilitava a produção de centelhas. Após vários experimentos ele destacou que a luz poderia gerar faíscas. (TIPLER *et al.*, 2017)

Vários cientistas estudaram este fenômeno e a partir destes resultados, Einstein desenvolveu uma teoria para explicar o efeito fotoelétrico, publicada em 1905, que lhe rendeu o prêmio Nobel de 1921.

O efeito fotoelétrico é emissão de elétrons de um material quando iluminado por uma frequência eletromagnética específica. Segundo a teoria, a luz é constituída de quanta discretos de energia hf , denominados fótons, que ao incidirem no material transferem sua energia para o elétron que, se tiver energia suficiente, removerá esse elétron do material. Além disso, o efeito exige uma frequência mínima para ser observado. (TIPLER *et al.*, 2017)

Podemos utilizar os experimentos descritos a seguir para explicar e exemplificar o efeito fotoelétrico para os alunos.

4.1.1 Ouvir o controle remoto

O experimento tem a iniciativa de criar uma curiosidade no aluno utilizando algo que não é comum no seu dia a dia, como ouvir um controle remoto. Com isso podemos melhorar sua participação na sala de aula e seu aprendizado.

4.1.1.1 Montagem

Os materiais são descritos na Tabela 1.

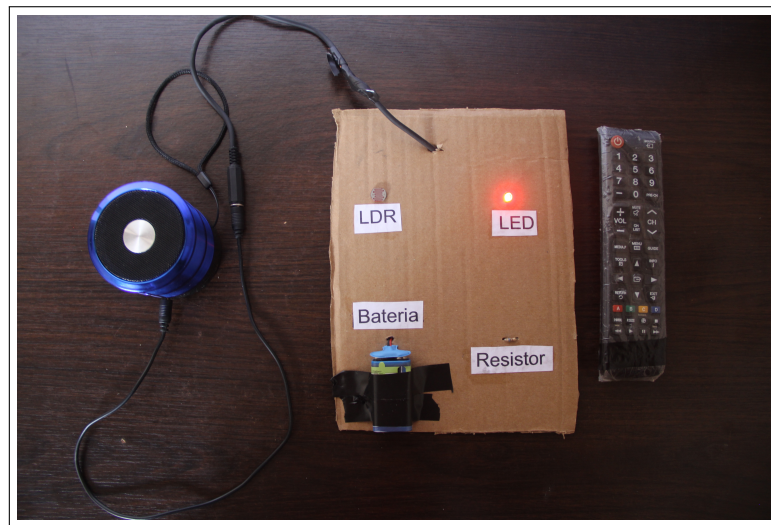
Tabela 1 – Materiais para o experimento "ouvir o controle remoto"

Materiais
1 bateria de 9V
1 LDR de 7 mm
1 LED vermelho
1 resistor de 680 ω e 1/8 W
1 suporte para bateria
1 Pino fêmea P2
1 cabo auxiliar tipo P2/P2
1 metro de cabo de audio
1 caixa de som
1 controle remoto

Fonte: o autor.

A montagem do experimento está representada na Figura 1.

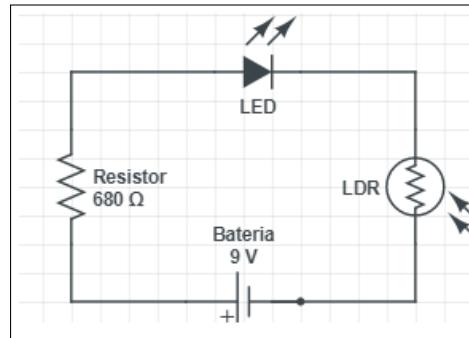
Figura 1 – Montagem do experimento, "ouvir o controle remoto".



Fonte: o autor.

O esquema do circuito está representado na Figura 2.

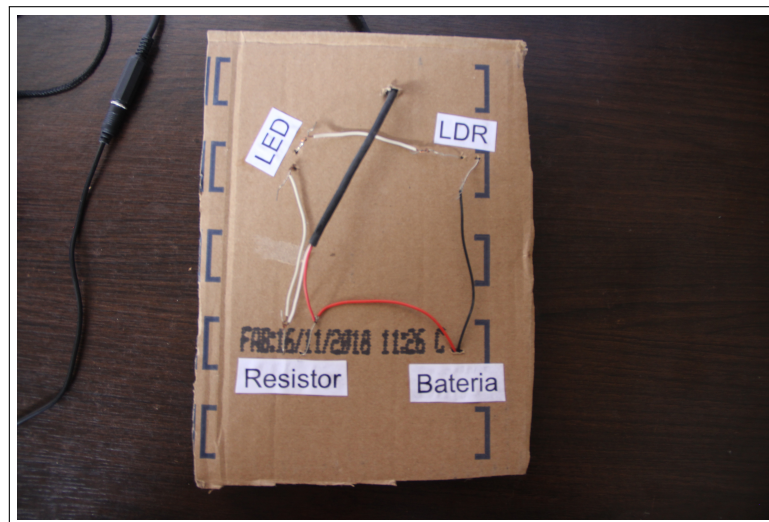
Figura 2 – Esquema do circuito para o experimento, "ouvir o controle remoto".



Fonte: o autor.

A ligação do circuito é em série, primeiro ligamos o polo negativo do LED (do inglês, *light-emitting diode*) (que seria a “perna menor”) no LDR (do inglês, *light dependent resistor*) e o polo positivo no resistor. O resistor e o LDR não possuem polaridade então não existe diferença em qual “perna” será ligado o LED. E por último, o suporte de bateria que liga o fio positivo do suporte (fio vermelho) no resistor e o fio negativo (fio preto) no LDR.

Figura 3 – Ligações no circuito para o experimento, "ouvir o controle remoto"



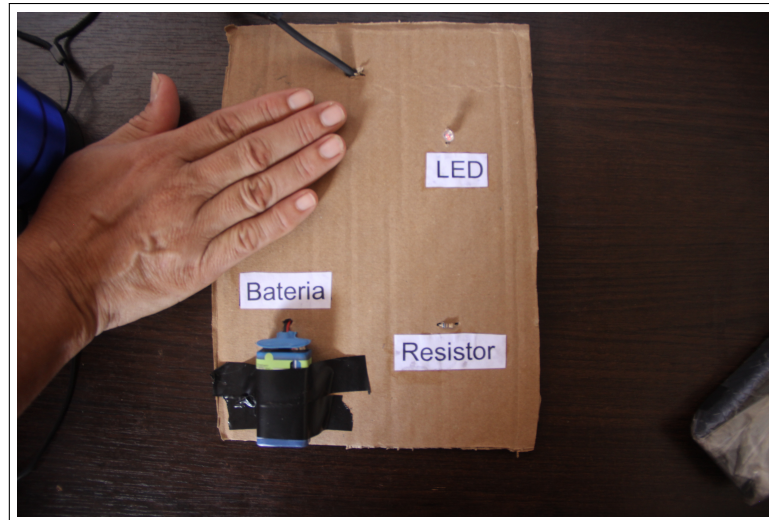
Fonte: o autor.

O som vai ser escutado pela variação de tensão no resistor, então ligaremos um fio de áudio no resistor em paralelo e soldamos o fio em um pino P2 fêmea, porque a caixa de som possui uma entrada auxiliar onde conectaremos um cabo auxiliar P2/P2, um na caixa e outro no P2 fêmea. Por fim, é só ligar o circuito com a bateria e conectar na caixa de som.

Para testar o funcionamento basta ligar a bateria no suporte e o LED deve acender e para testar o LDR basta cobri-lo para bloquear a luz incidente sobre ele que deve fazer o LED

diminuir de intensidade.

Figura 4 – Teste para observar o funcionamento, do experimento "ouvir o controle remoto".



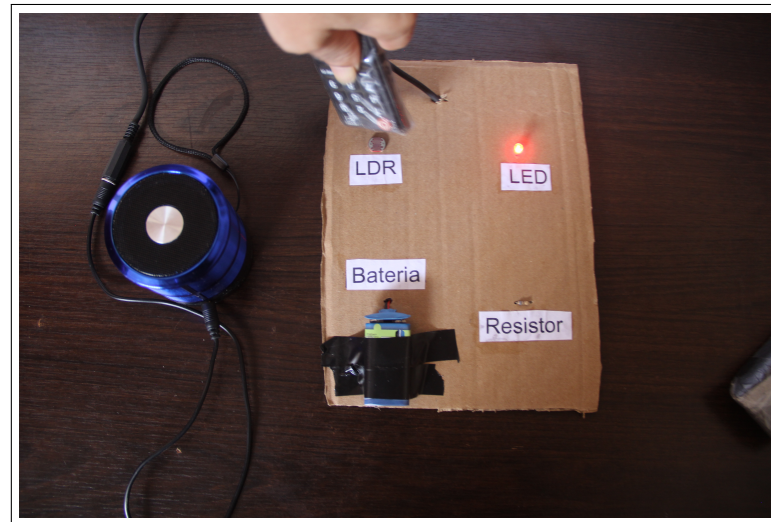
Fonte: o autor.

4.1.1.2 Funcionamento

A parte importante é o LDR que é um fotorresistor, um resistor que depende da luz. Então, se a intensidade da luz aumenta sua resistência diminui e se a intensidade diminui sua resistência aumenta. Em outras palavras, sua resistência depende da intensidade de luz.

Com a bateria ligada, o som será gerado pela variação de ddp obtida no resistor. Como a ddp depende da resistência do circuito, utilizamos o LDR para alterar essa resistência, utilizando o controle próximo do LDR para que o LED do controle cause uma variação de intensidade luminosa e com isso uma variação na resistência. Essa última variação causa o som que ouvimos na caixa de som utilizando o controle. (SILVA; ASSIS., 2012)

Figura 5 – Montagem do experimento para se ouvir o controle remoto.



Fonte: o autor.

O efeito fotoelétrico está relacionado com o LDR que é um componente sensível a luz.

O professor pode utilizar o experimento como demonstração, fazendo os alunos interagirem e testarem suas ideias, sendo uma forma de apresentar aos alunos novas tecnologias e conceitos.

4.1.1.3 Observações

Pode existir alguma dificuldade em fazer a ligação dos pinos P2 "macho". Então também funcionará se tiverem um cabo auxiliar de tipo P2 "macho" P2 "macho", basta enrolar os dois fios de áudio que estão em paralelo no resistor em um dos P2 "macho" e ligar o outro na caixa de som. Entretanto, isso deve ser feito com cuidado, porque se os fios desenrolarem do pino o som irá cessar.

4.1.2 Placa Solar

Esse experimento tem a capacidade de poder explicar e mostrar o funcionamento de uma placa solar, que se utiliza bastante atualmente, como forma de transformar energia solar em elétrica. Também poderia incluir nesse tema a importância de energias limpas e as fontes energéticas usadas atualmente.

4.1.2.1 Montagem

Para a montagem, usem-se os materiais que são descritos na Tabela 2

Tabela 2 – Materiais para o experimento "Placa solar"

Materiais
6 LED vermelhos
1 m de fio
1 capacitor 10 μ e 63 V
1 multímetro
1 calculadora ou relógio
1 Ferro de solda
1 estanho em fio

Fonte: o autor.

A montagem está representada na Figura 6.

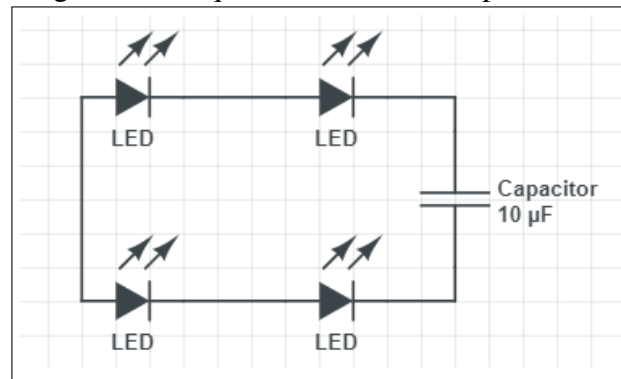
Figura 6 – Montagem do experimento, "placa solar".



Fonte: o autor.

O circuito formado pelos LED é em série e o capacitor, sendo em paralelo, conforme o esquema da Figura 7

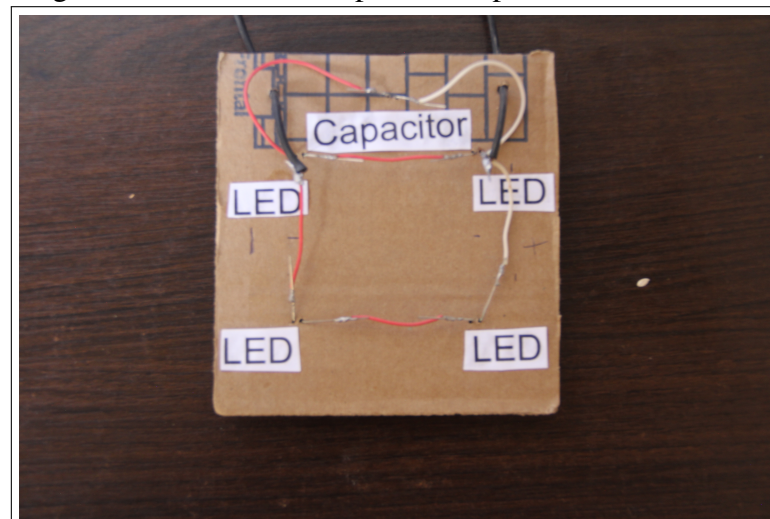
Figura 7 – Esquema do circuito da placa solar.



Fonte: o autor.

Depois de fazer o circuito, soldamos as “pernas” dos LEDs e do capacitor e colocamos dois fios no mesmo local onde soldamos o capacitor para que a energia elétrica passe para o capacitor e para os fios (veja-se a Figura 8).

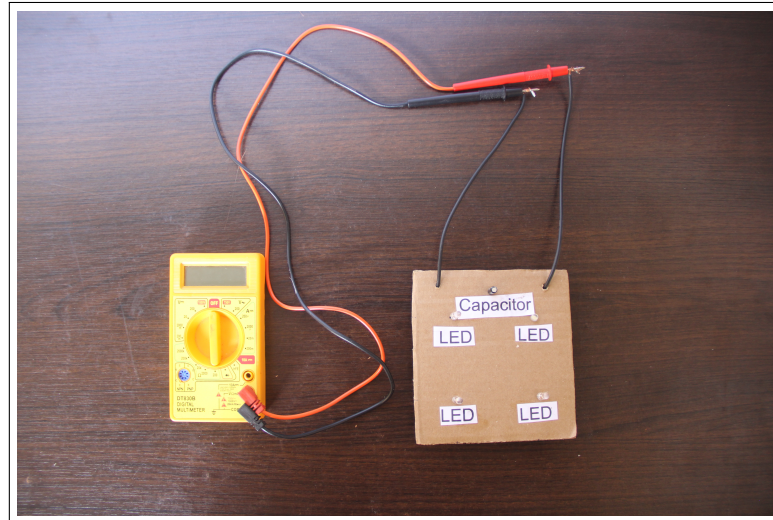
Figura 8 – Circuito do experimento placa solar.



Fonte: o autor.

Por fim, é só conectar os fios no multímetro ou na calculadora, ou qualquer outro equipamento que necessite de pouca voltagem para seu funcionamento, para podermos testar se conseguimos converter energia solar em elétrica.

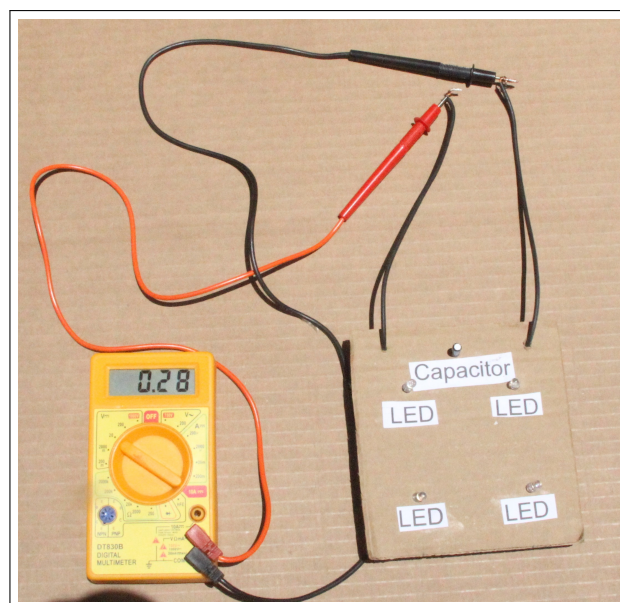
Figura 9 – Multímetro ligado no circuito, do experimento placa solar.



Fonte: o autor.

Para isto, basta colocar no sol para observar seu funcionamento. Para comprovar é só colocar o multímetro, conectar seus cabos e colocar na escala de voltagem contínua, observar que o multímetro vai medir uma certa voltagem, dependendo de como está a intensidade de luz do sol. Agora, se estiver conectado nos fios do circuito algum outro equipamento, como a calculadora, é só observar se o equipamento está funcionando. Mas é importante lembrar que o aparelho deve funcionar com uma voltagem baixa, porque o circuito não gera uma voltagem muita alta e depende da intensidade da luz do sol.

Figura 10 – Experimento da placa solar de LED.



Fonte: o autor.

4.1.2.2 Funcionamento

O LED é um diodo mais utilizado para emitir luz, mas podemos utilizá-lo como uma célula solar que diferente dos convencionais e possui um custo muito menor.

O LED é composto de um material semicondutor dentro de seu encapsulamento. Esse material semicondutor utilizado em grande quantidade em células fotovoltaicas, possui a capacidade de gerar fluxo de energia quando são expostos a fontes de luz. Então, o LED possui a capacidade de converter a energia solar em elétrica. Com o multímetro ligado no circuito podemos medir a voltagem, se ligarmos algum aparelho podemos observar seu funcionamento. (ALVES; SILVA, 2008)

4.1.2.3 Observações

O aparelho deve funcionar com pouca voltagem porque diferente das placas solares convencionais, que possuem grande área com material semicondutor, o LED possui pouca quantidade desse material, então ele não consegue converter grande quantidade de energia elétrica.

4.2 Modelo atômico de Rutherford

Inicialmente o modelo atômico mais promissor era o modelo de Thompson, mas foi desacreditado depois dos experimentos de Rutherford. Nesses experimentos ele utilizou o conhecimento de que substâncias radioativas se desintegram emitindo partículas alfa, que possuem alta energia e uma massa elevada e pode ser um instrumento perfeito para investigar o interior dos átomos. (TIPLER *et al.*, 2017)

Rutherford realizou novos experimentos incidindo partículas alfa em uma folha de ouro. Ele observou que a maioria das partículas não sofria deflexão ou sofria por um ângulo pequeno, mas algumas poucas sofriam uma deflexão próxima de 90°. Para explicar essas deflexões Rutherford criou seu modelo atômico onde essas deflexões eram devidas ao fato da partícula alfa ser fortemente repelida por uma carga positiva confinada, que ele chamou de “núcleo”. Portanto, através desse experimento que ficou conhecido como espalhamento (ou dispersão) de Rutherford, desenvolveu-se a teoria do átomo como um núcleo carregado positivamente e rodeado de elétrons de carga negativa.

4.2.1 *Espalhamento de Rutherford*

Essa atividade possui o intuito de ser uma analogia ao trabalho feito por Rutherford para comprovar seu modelo atômico de um núcleo e ao seu redor a eletrosfera, onde se localizam os elétrons. Os estudantes terão o trabalho de observar e conhecer como é formado um objeto que não pode ser visto diretamente. O que poderá aproximar aos alunos ao trabalho dos cientistas, onde deveram encontrar as formas para resolver o problema e encontra a forma do objeto utilizando o seu conhecimento obtido e os equipamentos disponíveis. Além de ter a possibilidade de discutir sobre os modelos atômicos e aproximar com uma discussão análoga aos da comunidade científica para poderem validar e confirmar algum modelo ou teoria.

4.2.1.1 *Montagem*

Os materiais para a montagem do experimento Espalhamento de Rutherford são descritos na Tabela 3.

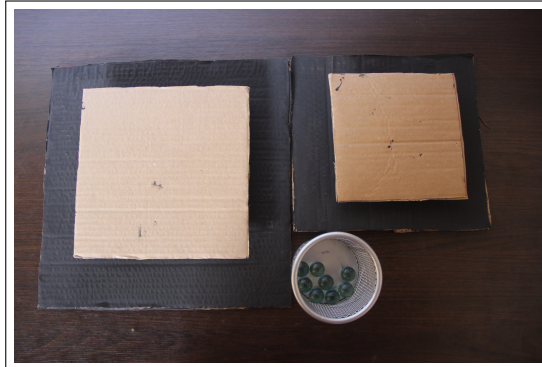
Tabela 3 – Materiais para o experimento "Espalhamento de Rutherford"

Materiais
1 placa de papelão 30 cm x 30 cm
1 placa de papelão 50 cm x 50 cm
1 folha de isopor de 15mm
Bolinhas de gude

Fonte: o autor.

A montagem do experimento está representada na Figura 11.

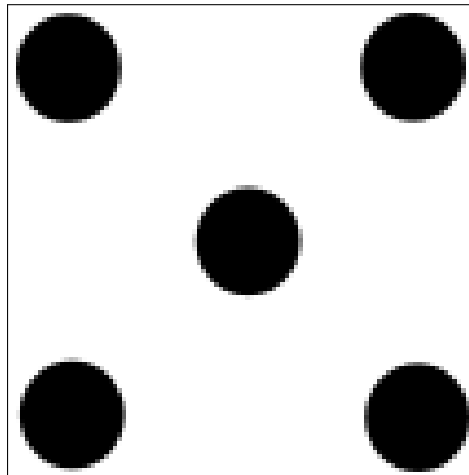
Figura 11 – Montagem do experimento, "Espalhamento de Rutherford".



Fonte: o autor.

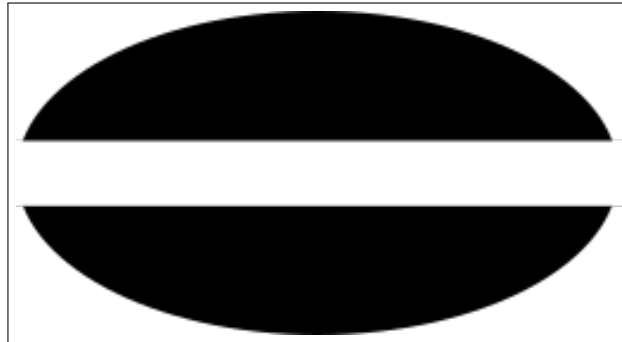
Para o experimento deve-se cortar dois quadrados de papelão de 30 cm x 30 cm e outros dois de 50 cm x 50 cm, para fazermos dois experimentos de espalhamento. Deve-se pintar os quadrados de papelão de preto, para dificultar o reconhecimento da forma se algum aluno olhar. A seguir deve-se recortar o isopor nas formas geométricas da Figura 12 e 13 ou qualquer outra forma que preferir, mas que não fique maior que o quadrado de 30 cm.

Figura 12 – Sugestão de forma geométrica para o experimento "Espalhamento de Rutherford".



Fonte: o autor.

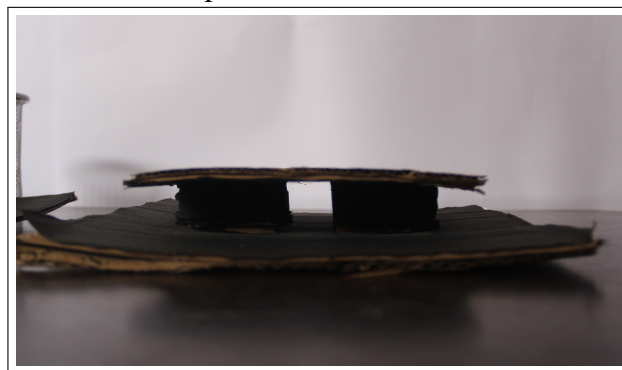
Figura 13 – Sugestão de forma geométricas para o experimento "Espalhamento de Rutherford".



Fonte: o autor.

Depois pinta-se também o isopor de preto para dificultar a observação. Cola-se um lado da figura no quadrado menor e depois cola-se no outro quadrado maior, de tal maneira que a forma geométrica do isopor fique no meio entre os dois quadrados, como na Figura 14

Figura 14 – Formas geométricas do isopor entre as duas placas de papelão, no espalhamento de Rutherford.



Fonte: o autor.

Portanto, agora é só os alunos lançarem bolinhas de gude entre os dois quadrados e observar onde a bolinha bate e seu desvio para tentar descrever a forma do objeto escondido (veja-se a Figura 15).

Figura 15 – Ilustração do experimento Espalhamento de Rutherford.



Fonte: o autor.

4.2.1.2 Funcionamento

A bolinha de gude está simbolizando as partículas alfa lançadas na folha de ouro. Ao lançar as bolinhas várias vezes, de locais diferentes e observar o desvio de cada uma, os alunos poderão deduzir e criar um modelo de como é a forma do objeto escondido. De maneira semelhante a Rutherford, o experimento pode aproximar os alunos aos cientistas e lhes mostrar como eles trabalham. (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2010)

4.2.1.3 Observações

Como esse experimento é uma analogia ao experimento de Rutherford poderia ser incluído junto com outra estratégia de ensino como o HFC (História e Filosofia da Ciência), onde poderia ser contada a história de como foi criado o modelo atômico de Rutherford. Esse experimento tenta fornecer aos alunos a mesma experiência que Rutherford teve ao criar seu modelo.

4.3 Modelo atômico de Bohr

A partir do modelo atômico de Rutherford, Bohr dedicou-se ao estudo da estabilidade do átomo, criando alguns postulados que auxiliavam na interpretação dos problemas do modelo de Rutherford. O primeiro afirma que o elétron se move numa órbita circular ao redor do núcleo e não irradia energia enquanto se encontra nessa órbita. O segundo postulado afirma que os elétrons somente irradiam energia quando eles sofrem uma transição do estado fundamental para um estado excitado, absorvendo uma quantidade de energia específica e ao retornarem ao estado

fundamental, irradiam essa energia na forma de radiação eletromagnética. (TIPLER *et al.*, 2017)

Portanto, o modelo de Bohr se baseia na quantização, que estabelece que os elétrons apresentam somente valores definidos de energia e para emitirem energia é necessário que eles absorvam uma quantidade específica de energia.

4.3.1 *Fluorescência*

A luminescência consiste no fenômeno da emissão luminosa de uma substância quando esta é submetida a algum tipo de estímulo luminoso. Consiste em dois tipos, a fluorescência e a fosforescência que diferem pelo tempo que a emissão luminosa dura depois da retirada do estímulo luminoso.

Por ser algo visivelmente atrativo, pode ser útil para atrair a atenção dos alunos e uma ótima oportunidade para ensinar o modelo atômico de Bohr.

4.3.1.1 *Montagem*

Os materiais são descritos na Tabela 4

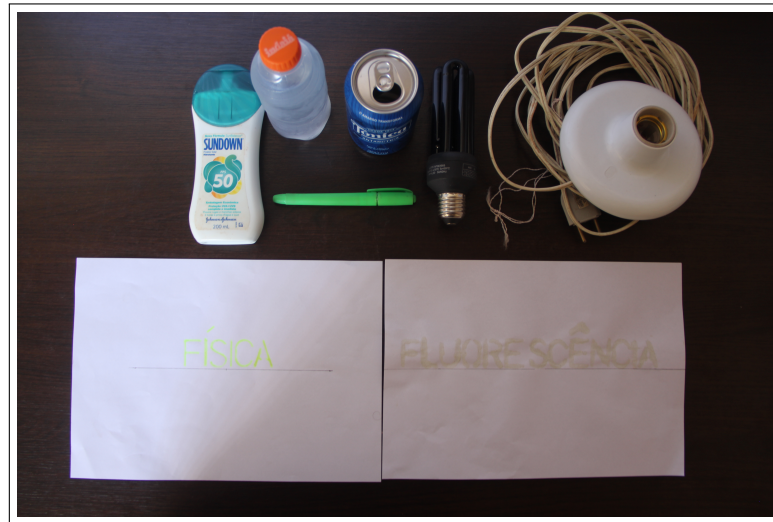
Tabela 4 – Materiais para o experimento "Fluorescência"

Materiais
1 luz negra
1 marcado de texto
1 protetor solar
1 lata de água tônica
1 caixa

Fonte: o autor.

A montagem do experimento está representada na Figura 16.

Figura 16 – Montagem do experimento, "Fluorescência".



Fonte: o autor.

Para luz negra é necessário um soquete bocal para lâmpada e cabos para conectar um plug macho com o objetivo de ligar na tomada. Deve-se escrever em um papel ou fazer desenhos com o marcador de texto conforme mostrado na Figura 17 e 18.

Figura 17 – Texto utilizando marcador de texto, a ser utilizado no experimento de fluorescência.



Fonte: o autor.

Figura 18 – Texto utilizando protetor solar, a ser utilizado no experimento de fluorescência.



Fonte: o autor.

Coloca-se a água tônica em um recipiente transparente, conforme a Figura 19.

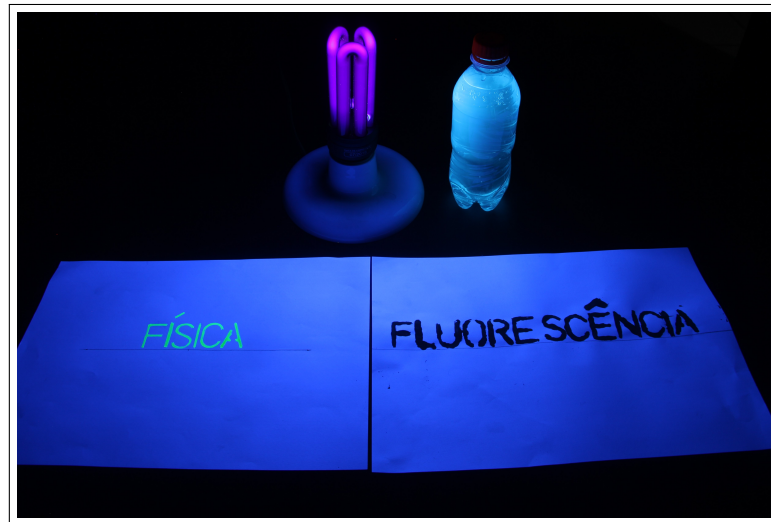
Figura 19 – Água Tônica, a ser utilizado no experimento de fluorescência.



Fonte: o autor.

Por fim, liga-se a luz negra em um ambiente sem muita luminosidade. Se não tiver como deixar o ambiente escuro, poderá realizar o experimento dentro de uma caixa com somente uma abertura para observação. Depois é só expor os objetos próximos da luz negra e observar o que acontece com os objetos, como está sendo representado na Figura 20.

Figura 20 – Efeito de fluorescência observado no experimento.



Fonte: o autor e Henrique Marinho.

4.3.1.2 Funcionamento

Quando incidimos a luz negra nos objetos fluorescentes então eles começam a emitir luz como o marcador de texto e a água tônica. Agora o protetor solar protege e filtra os raios UV que são basicamente os emitidos pela luz negra. Como o protetor solar filtra esses raios, então não existe emissão de luz no protetor, ficando totalmente escuro como mostrado na Figura 20.

Portanto, nas substâncias fluorescentes quando expostas à luz negra, os elétrons excitados retornam instantaneamente ao estado fundamental (menor energia) emitindo luz, e por isso alguns objetos emitem luz ao incidirmos a luz negra. (NERY; FERNANDEZ, 2004)

4.4 Dualidade Onda-Partícula da Luz

A Física é constituída de vários modelos para explicar os fenômenos da natureza. Na Mecânica Quântica temos dois modelos para as partículas: o modelo corpuscular e o modelo ondulatório, que possuem características distintas. A luz, assim como, elétrons, prótons, etc, possui uma natureza capaz de apresentar aspectos dos dois modelos. Esse aspecto dual - corpúsculo e onda- foram observados em vários experimentos. Primeiro foi o experimento de Young, em 1801, onde uma luz produzida por uma fonte luminosa passava por uma fenda e sofria uma difração, depois sendo direcionada a duas fendas e sofrendo novamente a difração e chegando a um anteparo. Young observou no anteparo duas ondas luminosas que sofrem interferências, com regiões claras e escuras. Portanto, a experiência de Young demonstrou que a

luz possui características ondulatórias. (TIPLER *et al.*, 2017)

Mas em 1905 Albert Einstein propôs em um dos seus artigos que no efeito fotoelétrico, onde temos quantum discretos de energia que são chamados de fótons, que podem ser considerados como partículas de luz. Agora com o efeito fotoelétrico a luz se comporta como partícula. Então ficou claro que a luz pode se comportar como onda em determinadas situações e como partículas em outras.

4.4.1 Dupla Fenda

Neste experimento podemos observar a dualidade onda partícula da luz, onde em algumas situações a luz se comporta como onda e em outras como partícula e mostraremos algo similar com o experimento de Young.

4.4.1.1 Montagem

Os materiais necessários para o experimento da dupla fenda são descritos na Tabela 5.

Tabela 5 – Materiais para o experimento "Dupla Fenda"

Materiais
1 Laser Pointer
1 Pente fino
1 Livros e cadernos
1 Fita Isolante
1 Cartolina Preta

Fonte: o autor.

A montagem do experimento está representada na Figura 21.

Figura 21 – Montagem do experimento, da dupla fenda.



Fonte: o autor.

Primeiro confeccionamos as fendas, utilizando fita isolante cobrindo os dentes do pente, de tal forma que fique somente uma e duas fendas no pente e que possuam a menor largura possível. A outra forma é construir as fendas utilizando uma cartolina preta. Faz-se dois quadrados de 6 cm de aresta, no primeiro quadrado produz-se no centro uma pequena fenda com o estilete e no segundo faz-se duas fendas, mas as distâncias entre elas deve ser no mínimo de 2 mm.

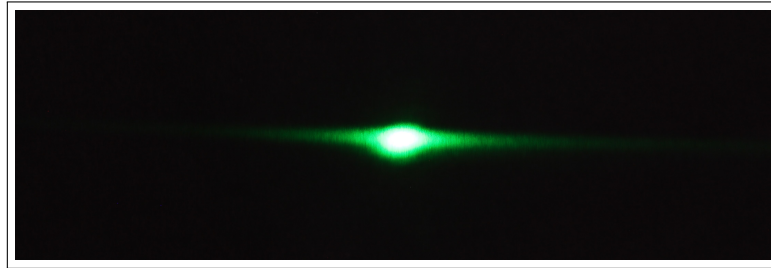
Os equipamentos devem estar posicionados em uma certa distância, as fendas devem estar a uma distância de 2 m do anteparo (cartolina preta para melhor visualizar o efeito), e o *laser* deve estar com 30 cm de distância das fendas, lembrando que as fendas podem ser tanto o pente como a cartolina.

Para posicionar o pente e as fendas pode-se utilizar de livros e cadernos para regular a altura e deixá-los na posição correta. E por fim, basta ligar o laser e incidir o feixe em cada uma das fendas e observar o resultado na fenda simples e na fenda dupla.

4.4.1.2 Funcionamento

Primeiro com uma fenda, ao incidirmos o *laser*, podemos observar algo parecido com o comportamento de partícula, onde temos somente um ponto de maior intensidade devido a incidência do *laser*, como pode-se observa na Figura 22.

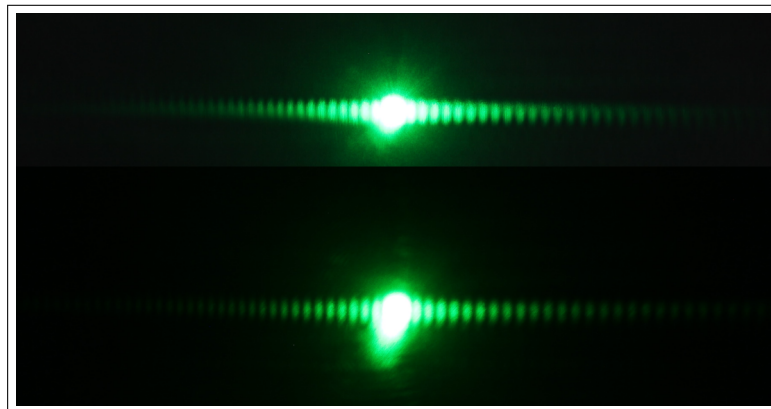
Figura 22 – Efeito causado por uma fenda simples.



Fonte: o autor e Henrique Marinho.

Com uma fenda dupla temos uma mudança no padrão de interferência, onde é possível observar o caráter de onda, com regiões claras de interferência construtivas e regiões escuras de interferência destrutivas. O resultado dos experimentos com a dupla fenda é mostrado nas Figuras 23.

Figura 23 – Efeito produzido pelo experimento de dupla fenda.



Fonte: o autor e Henrique Marinho.

Portanto, podemos observar que a luz se comporta em alguns momentos como onda e em outros como partícula, com isso confirmando a dualidade onda-partícula da luz.

4.4.1.3 Observações

Esse experimento será melhor realizado em um ambiente escuro. Sendo muito delicado, é importante ter calma e paciência para alinhar corretamente o *laser* e as fendas.

5 CONCLUSÃO

Como apontado por especialistas, o ensino de FM é muito importante e deve ser ministrado nas escolas. Analisamos sua importância e as dificuldades de seu ensino. Mas mesmo com as dificuldades, esses temas podem ser muito úteis para os alunos por estarem relacionados a teorias que estão bastante presentes em suas vidas.

Propusemos uma estratégia de ensino para ajudar no aprendizado dos alunos que é a utilização de experimentos, mostramos como fabricar alguns experimentos para utilização em aulas de determinados conteúdos de FM como: efeito fotoelétrico, espalhamento de Rutherford, átomo de Bohr e dualidade onda-partícula.

Dessa maneira, a FM pode ser ensinada no ensino médio mesmo com as dificuldades apresentadas, basta uma motivação dos educadores, induzindo a uma maior atenção dos alunos. Com isso uma melhora na qualidade do aprendizado dos conteúdos de Física pode ser esperado, mostrando como são interessantes e como estão presentes na vida dos discentes.

Os experimentos podem ajudar os professores a incluírem esses temas em suas aulas, sempre lembrando que a imaginação do docente de criar algo diferente para suas aulas é o que impressiona e incentiva os alunos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. G.; SILVA, A. F. Usando um led como fonte de energia. **Física na Escola**, Belo Horizonte, Mg, v. 9, n. 1, p. 26–28, maio 2008. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol09-Num1/led1.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2019.
- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB., M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, SP, v. 25, n. 2, p. 176–194, abril 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2019.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN)**: Ciências da natureza e suas tecnologias. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2019.
- BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+)**: Ciências da natureza e suas tecnologias. Brasília : MEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.
- NERY, A. L. P.; FERNANDEZ, C. Fluorescência e estrutura atômica: Experimentos simples para abordar o tema. **Química Nova na Escola**, São Paulo, SP, v. 19, p. 39–42, maio 2004. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/19-a12.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2018.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA., M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, RS, v. 5, n. 1, p. 23–48, março 2000. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600/390>>. Acesso em: 17 ago. 2019.
- PARANÁ, S. de Estado da Educação. Superintendência de E. A inserção de física moderna no ensino médio por meio de práticas experimentais e aplicações na astronomia. **OS DESAFIOS DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE NA PERSPECTIVA DO PROFESSOR PDE**, Foz do Iguaçu, PR, v. 2, 2014. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_unicentro_fis_pdp_luiz_claudio_garcia.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2018.
- SILVA, L. F. da; ASSIS., A. Física moderna no ensino médio: Um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 29, n. 2, p. 313–324, agosto 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n2p313>>. Acesso em: 24 nov. 2018.
- SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. O espalhamento rutherford na sala de aula do ensino médio. **Física na Escola**, Ilhéus, BA, v. 11, n. 2, outubro 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num2/a04.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2018.
- TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A.; BIASI, R. S. de (ed.). **Física Moderna**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.