

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Amaral Nunes de Souza

**MODERN PHYSICS: UM APLICATIVO PARA O ENSINO DE FÍSICA
MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Marabá
Junho de 2017

AMARAL NUNES DE SOUZA

**MODERN PHYSICS: UM APLICATIVO PARA O ENSINO DE
FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Luiz Moreira Gomes.

Marabá

Junho/2017

AMARAL NUNES DE SOUZA

**MODERN PHYSICS: UM APLICATIVO PARA O ENSINO DE
FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Versão corrigida de Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Luiz Moreira Gomes.

Marabá

Junho/2017

FICHA CATALOGRÁFICA

**MODERN PHYSICS: UM APLICATIVO PARA O ENSINO DE FÍSICA
MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Amaral Nunes de Souza

Orientador: Prof. Dr Luiz Moreira Gomes

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (UNIFESSPA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr. Luiz Moreira Gomes - FAFIS/UNIFESSPA - Orientador

Prof. Dr. Rodrigo do Monte Gester - FAFIS/UNIFESSPA – Membro interno

Prof. Dr. Luis Juracy Rangel Lemos – UFT- Membro externo

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais, Francisco Soares de Souza e Maria Evânia Nunes, que me incentivaram a prosseguir; aos meus colegas da turma de mestrado; aos professores do programa de mestrado no ensino de física da UNIFESSPA; ao meu filho, Augusto Silva de Souza; a amiga Marcela dos Santos Silva e, aos meus irmãos, Edson Nunes e Luciene Rodrigues.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela vida e pela oportunidade de realizar este trabalho. Sou grato aos meus pais que incondicionalmente tanto me ajudaram quanto me guiaram. Aos meus irmãos que contribuíram em muitos momentos da minha jornada.

Aos meus colegas de sala que se tornaram grandes amigos, que tanto me auxiliaram em muitas tarefas de trabalhos acadêmicos. Aos professores que tive que me deram conselho para prosseguir nos momentos difíceis.

À Instituição de ensino UNIFESSPA, à SBF e a CAPES pelo incentivo financeiro.

Enfim, gostaria de agradecer imensamente ao professor Prof. Dr. Luiz Moreira Gomes pela orientação, incentivo, e acima de tudo, por ter me ajudado em tudo até o último momento, pois sem ele não teria concluído este trabalho.

Obrigado a todos os colegas e aqueles de alguma forma me ajudaram nessa grande etapa de minha vida.

RESUMO

MODERN PHYSICS: UM APLICATIVO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO.

Amaral Nunes de Souza

Orientador: Luiz Moreira Gomes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Neste trabalho foi desenvolvido o Software Modern Physics com o objetivo de auxiliar professores na árdua tarefa de ensinar conceitos de Física Moderna para alunos do ensino médio. O aplicativo foi desenvolvido em linguagem computacional Visual Basic for Applications (VBA). Esta linguagem é uma implementação do Visual Basic da Microsoft incorporada em todos os programas do Microsoft Office, o que foi determinante em sua escolha para o desenvolvimento do aplicativo, uma vez que o Office é utilizado maciçamente na sociedade. Tal aplicativo tem como foco principal facilitar a compreensão dos temas de Física Moderna, levando o discente a uma aprendizagem por meio da interação, uma vez que o mesmo será capaz de simular situações e comparar resultados e, a partir daí, tirar suas próprias conclusões. Com o uso desta ferramenta, vislumbra-se um grande potencial para ensino e um facilitador da aprendizagem da Física moderna. Esse software foi utilizado em cinco turmas de terceiro ano da escola estadual Plínio Pinheiro. Os resultados obtidos mostraram-se bastante promissores, evidenciando que o aplicativo é uma excelente ferramenta auxiliar no ensino aprendizagem dos conceitos de Física Moderna.

Palavras-chave: Ensino de Física Moderna. Radiação. Efeito fotoelétrico. Efeito Compton.

ABSTRACT

MODERN PHYSICS: AN APPLICATION FOR THE EDUCATION OF MODERN PHYSICS IN MIDDLE SCHOOL.

Amaral Nunes de Souza

Leader: Luiz Moreira Gomes

Master's Dissertation presented to Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain a Master's Degree in Physics Teaching.

In this work the modern physics software was developed with the goal of helping teachers in the arduous task of teaching concepts of modern physics for high school students. The application was developed in Visual Basic for Applications (VBA) computational language. This language is an implementation of Microsoft Visual Basic embedded in all Microsoft Office programs, which was determinant in its choice for application development, since office is massively utilized in society. This application has the main focus to ease the comprehension of the themes of modern physics, leading the student to a learning through interaction, since the same will be able to simulate situations and compare results and, from there, draw their own conclusions. With the use of this tool, a great potential for teaching and a facilitator of learning of modern physics is envisaged. This software was used in five third-year classes of the Pine Fir State school. The results obtained were very promising, demonstrating that the application is an excellent auxiliary tool in teaching learning the concepts of modern physics.

KEYWORDS: Modern physics teaching. Radiation. Photoelectric effect. Compton effect.

SUMÁRIO

Capítulo 1.....	10
Introdução.....	10
Considerações gerais.....	10
Objetivos e contribuições.....	12
Capítulo 2.....	13
Revisão de literatura.....	13
2.1 O ensino de física	13
2.1.1 Principais dificuldades no ensino de física moderna.....	14
2.1.2 Os baixos resultados em física nos indicadores (ENEM).....	16
2.2.1 Uso de software de ensino.....	17
2.2.2 O ensino de física moderna no ensino médio e as dificuldades encontradas	20
2.2.3 Teorias de aprendizagem e o ensino de física moderna.....	22
Capítulo 3	25
O aplicativo educacional Modern Physics.....	25
3.1 O aplicativo	25
3.2 O ambiente do Modern Physics.....	25
3.2.1 Exemplos de aplicação do aplicativo Modern Physics.....	31
3.3 Conceitos físico abordados no aplicativo Modern Physics.....	33
3.3.1 Radiação Térmica – Teoria de Planck.....	33
3.3.2 Fótons e o Efeito Fotoelétrico.....	36
3.3.3 Efeito Compton – espalhamentos de raios X.....	39
Capítulo 4.....	44
Materiais e Métodos.....	44
4.1 Introdução.....	44
4.2 A escola.....	44
4.3 O uso do aplicativo nas turmas.....	45
4.3.1 O uso do software Modern Physics.....	45
4.3.2 Radiação Térmica	45
4.3.3 Objetivos.....	46
4.3.4 Metodologia.....	46
4.3.5 Efeito fotoelétrico.....	46
4.3.6 Objetivos	46

4.3.7 Metodologia	47
4.3.8 Efeito Compton.....	47
4.3.9 Objetivos.....	47
4.3.10 Metodologia.....	48
Capítulo 5.....	50
Resultados e discussões.....	50
5.1 Primeira turma.....	50
5.1.1 Questionário A.....	50
5.1.2 Avaliação	51
5.2 Segunda turma.....	52
5.2.1 Questionário A.....	53
5.2.2 Avaliação	54
5.3 Terceira turma.....	55
5.3.1 Questionário A.....	55
5.3.2 Avaliação.....	56
5.4 Intervenção na terceira turma.....	57
5.4.1 Análise do rendimento da terceira turma após a intervenção com o aplicativo Modern Physics.....	57
5.5 Ponto de vista dos professores.....	59
5.6 Discussões dos resultados.....	59
Capítulo 6.....	61
Conclusão.....	61
Referências bibliográficas.....	62
Apêndice A – Questionário de qualidade dos materiais e metodologia utilizada – sondagem prévia.....	65
Apêndice B - Prova aplicada.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Janela mostrando a tela de login.....	25
Figura 2 - Janela mostrando botões de conteúdo do aplicativo.....	26
Figura 3 - Janela mostrando mostrado a tela inicial sobre radiação.....	26
Figura 4 - Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos relacionados às leis de Wien, de Planck e Stefan-Boltzman.....	27
Figura 5 - Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos relacionados à Lei de Wien.....	27
Figura 6 - Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos relacionados à Lei de Planck.....	28
Figura 7 - Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos relacionados à lei de Stefan-Boltzmann.....	28
Figura 8 - Janela mostrando mostrado a tela inicial sobre o efeito fotoelétrico.....	29
Figura 9 - Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos das grandezas sobre o efeito fotoelétrico.....	29
Figura 10 - Janela mostrando mostrado a tela inicial sobre o Efeito Compton.....	30
Figura 11- Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos do deslocamento Compton e também à plotagem o gráfico do Espalhamento.....	30
Figura 12 - Tela mostrando o cálculo da função trabalho.....	32
Figura 13 - Comprimento de onda da radiação emitida.....	34
Figura 14 - Comparação da lei de Planck e da lei de Rayleigh-Jeans com os resultados experimentos obtidos por W.W. Coblentz.....	36
Figura 15 - Experimento de Hertz que levou a descoberta do efeito Fotoelétrico.....	38
Figura 16 - Variação de i com V	38
Figura 17 - O espalhamento de raio X em um cristal.....	40
Figura 18 - Diagrama mostrado a diferença do comprimento de onda entre os raios incidentes e os raios espalhados.....	41
Figura 19 - Diagrama da conservação do momento linear na colisão.....	41
Figura 20 – E.E.E.M Plínio Pinheiro.....	45

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Atualmente ainda existe uma desconexão gigantesca no que diz respeito ao correlacionamento entre os temas de física discutidos no âmbito escolar e o meio social extraescolar. No entanto, mesmo a sociedade vivendo o maior pico tecnológico de todos os tempos, em que uma grande parcela da população tem acesso aos mais variados meios tecnológicos e de comunicação, ainda não foi possível fazer com que os estudantes tenham uma melhor interpretação de mundo, não conseguindo perceber a aplicação da ciência, mais especificamente, a física, como sendo a responsável pelo funcionamento de uma enorme gama de produtos tecnológicos encontrados, como por exemplo, os smartphone, os tablets, etc.

Nesse sentido, a reflexão sobre a utilização da tecnologia para usar como ferramenta de ensino, é de extrema importância. E essa reflexão deve ser feita por todos os agentes que fazem parte diretamente do processo educacional, como professores, gestores escolares, governos, etc.

Mas de que forma deve-se incentivar os alunos a utilizarem os meios tecnológicos para que os mesmos consigam compreender de forma mais sólida os temas abordados e que consigam também relacionar o conhecimento escolar com o meio social ao qual estão inseridos?

Assim, se faz necessário se pensar em formar pessoas que possam compreender o mundo que o cercam. Que possam ter opiniões críticas para com o mundo atual. Preocupação dessa natureza já são bastante antigas. É possível encontrar referências no diz respeito em fazer uma grade curricular que tenha como base a questão social, cultural e científica para que assim se tenha um maior impacto no meio social.

Nessa perspectiva, fazer com que o aluno consiga compreender o mundo extraescolar, é uma forma de inclusão social, pois dessa forma será possível formar cidadãos mais críticos e donos de suas próprias decisões.

Dessa forma, é perceptível que depois muito tempo ainda tal necessidade continua presente. E assim, surgem às indagações, quais os temas importantes de física para ensinar na escola? Quais os parâmetros mais importantes nesse contexto que possam contribuir com o processo de ensino e aprendizado? São perguntas recorrentes que sempre temos que fazer ao planejar e elaborar aulas e atividades sobre o ensino de física.

Ao iniciar o ao letivo, os professores encontram vários obstáculos para fazer suas aulas, pois cada turma tem uma mesclagem de perfil de alunos diferentes, levando a uma dificuldade no processo de ensino e aprendizagem. Essas dificuldades são de natureza variada, pois cada ser tem seu modo particular de desenvolvimento.

E com esses obstáculos, é necessário que a escola tenha uma saída em termos de uso da tecnologia para ensinar, uma vez que o aluo está inserido um meio social que de alguma forma se fala em tecnologia, talvez sem cunho educativo, mas se ouve falar.

Nessa perspectiva, o uso de tecnologia em sala de aula se torna indispensável, pois além de facilitar o aprendizado, faz com que as aulas se tornem mais interessantes e prazerosas, levando os alunos a compreender com mais facilidades os conteúdos e conseqüentemente, fazer uma conexão com o mundo em que vivem.

É preciso certo cuidados para aplicação desses recursos. O uso da tecnologia é de suma importância na formação do pensamento formal, que passa pelo desenvolvimento da simbologia, com a aprendizagem da escrita e da leitura, função esta que desempenha o papel de decodificação dos signos, em termos daqueles referentes internos do sujeito que lê (VIGOTSKY, 1993).

Assim, está dissertação tem como foco a criação de um aplicativo chamado “*Modern Physics*”, com o fim de ensinar Física Moderna para alunos do Ensino Médio. O aplicativo desenvolvido é de fácil utilização e pode ser utilizado nos computadores existentes nos laboratórios de informática das escolas, pois o pré-requisito para sua utilização é a existência da *Microsoft Office* instalada os computadores. Tal aplicativo visa facilitar a compreensão dos conceitos de física moderna, levando o aluno a uma aprendizagem por meio da interação, uma vez que o mesmo será capaz de simular situações e comparar resultados, tirando assim, suas próprias conclusões.

Para verificar a eficiência do software, como uma ferramenta pedagógica auxiliar do ensino aprendizagem, foi trabalhado em sala de aula o tema Física Moderna utilizando o aplicativo para auxiliar o aprendizado dos alunos. A escolha deste assunto foi motivada pelo fato de que a Física Moderna ainda é muito pouco debatida no Ensino Médio, sendo um tema de difícil assimilação.

A presente dissertação está dividida em seis capítulos. No capítulo introdutório é apresentado o assunto a ser abordado, o objetivo e a finalidade do trabalho. No capítulo 2 é direcionado sobre a revisão de literatura, no qual será feita uma análise sobre o ensino de física, principais dificuldades no ensino de física moderna e contemporânea, os baixos resultados em física nos indicadores (ENEM) no país, uso de software de ensino, o ensino de física moderna

no ensino médio, as dificuldades encontradas e teorias de aprendizagem e o ensino de física moderna.

No capítulo 3 será apresentado o aplicativo *Modern Physics*, bem como uma breve revisão dos conceitos físicos de Física Moderna existentes no referido *software*.

No capítulo 4 são apresentados os materiais e métodos utilizados na intervenção didática com o uso das ferramentas do software *Modern Physics*, visando à investigação interativa da teoria e prática, no ensino sobre conceitos relacionados à física moderna.

No capítulo 5 serão abordados os resultados obtidos através das intervenções realizadas nas turmas e o capítulo 6, a conclusão.

1.2 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho tem os seguintes objetivos e contribuições:

- Desenvolvimento de um aplicativo para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio;
- Promover o uso em laboratório de informática do aplicativo para ensinar física moderna, obtendo assim um melhor rendimento no aprendizado dos alunos;
- Realizar atividades no laboratório de informática com o uso do aplicativo *Modern Physics* de modo a facilitar o entendimento dos alunos no que diz respeito aos fenômenos de radiação espectral, descolamento de *Wien*, Efeito Fotoelétrico e Efeito Compton.
- Calcular, com o uso do aplicativo *Modern Physics* os valores da Radiação espectral, do deslocamento de *Wien*, da energia de um fóton e da variação do comprimento de onda depois do choque entre uma radiação e um elétron.
- Avaliar após a utilização do aplicativo, se houve melhorias no rendimento dos alunos;

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O ENSINO DE FÍSICA

Aos poucos, percebe-se uma mobilização dos governantes e de dirigentes de redes particulares no sentido de suprir as escolas com computadores. Porém, boa parte de professores não se sente preparados para usá-los, muitos não sabem nem navegar na internet. Assim, para a implantação do computador na educação são necessários basicamente, o computador, o software voltado para o ensino de física, o docente capacitado para usar o computador como ferramenta para incentivar o aprendizado no meio educacional e o discente. Todos esses elementos são importantes. Mas, para iniciar, professores e alunos são os personagens principais mais importantes no processo. Portanto, se a escola possui laboratório de informática, isso é muito bom. Uma vez que já se pode pensar em aplicar o uso de software no processo de ensino aprendizagem.

Os computadores estão em todas as áreas do conhecimento humano. Eles são utilizados em aplicações que vão desde a construção de usinas atômicas à elaboração de uma simples planilha eletrônica para o controle do orçamento doméstico.

Mas o processo de ensino-aprendizagem e física atualmente tem muito destaque na decoração de fórmulas, e deixando de lado fato de que essa ciência deve aproximar o aluno de seu cotidiano. O ensino de física deveria ter como ponto de partida o conhecimento que aluno traz consigo, da sua história de vida, pois usaríamos o conhecimento prévio dos alunos para fazer com que eles se engajassem com mais interesse ao conhecimento físico dos fenômenos. Infelizmente, isso de um modo geral, não acontece.

Os PCN's sugerem que a física deve ser mostrada:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. (PCN+, 2002, p. 2).

Dessa forma, a física deve ser discutida em sala de aula de modo a permite a percepção da aplicação da tecnologia como fruto do conhecimento científico, e que assim se possa ter uma visão do mundo em que se vive, fazendo uma relação com o universo como um todo e com isso, mostrando para o aluno que as leis físicas estão presentes em nosso cotidiano. Assim, para ensinar física é preciso mostrar que a tecnologia e o conhecimento científico andam juntos e

ainda é preciso fazer a interdisciplinaridade. Outro fator preponderante que se deve ter como parâmetro no que diz respeito ao ensino de física é a interdisciplinaridade, a qual deve ter como pressuposto a necessidade percebida pelas escolas, pelos docentes e alunos, de explicar e ter compreensão, assim como fazer a intervenção de algo que se mostra desafiador de disciplina isolada, fazendo com que se tenha atenção de vários olhares.

Os PCNs fazem algumas afirmações que sugerem suas propostas ao afirmar que:

A correlação entre conteúdos e aquisição e desenvolvimento de competências manifesta-se quando se relacionam constantemente os saberes e a sua operacionalização em situações complexas. Isso vale para cada disciplina, para seu vínculo com a área e para os vínculos entre as áreas. Essa correlação pode ser uma saída para a aparente falta de pertinência, na vida cotidiana, do saber acumulado na escola: os saberes em si não carecem de pertinência, mas não se fornecem aos alunos condições para mobilizá-los e utilizá-los em situações concretas. (PCN, 2002, p. 32, apud. BRANDÃO, 2005, p. 3).

Portanto, percebe-se pelas orientações que o desenvolvimento de competência aparece no momento em que acontece a relação entre os saberes e a operacionalização dos mesmos. Valendo essa característica para os vínculos as variadas áreas de conhecimento do saber acumulado.

A educação ainda é tradicional, totalmente engessada, dando mais ênfase à resolução de cunho matemático do que a ao fator conceitual qualitativo dos fenômenos. Isso faz com que o processo de ensino fique demasiadamente comprometido, pois o acúmulo de conteúdos não faz com que o aluno se torne crítico, uma vez que a simples acumulação de saberes não forma o ser social que possa criar suas opiniões consistentes a respeito de determinado tema importante socialmente.

2.1.1. Principais Dificuldades no Ensino de Física Moderna

Uma das dificuldades encontrada no ensino de física moderna no ensino médio é a defasagem no conteúdo curricular. A grade curricular ainda mantém uma grande ênfase no ensino de física clássica em pleno século XXI. A grade curricular assim apresentada se mostra inadequado para que os alunos consigam fazer uma relação do conhecimento escolar com as tecnologias atuais. A enorme ênfase dada para física clássica tem levado a um total desinteresse por parte dos alunos em relação ao conteúdo. É importante ressaltar, também, que, além disso, a física está sendo apresentada e descrita apenas como se fosse uma disciplina de mera resolução matemática, deixando de lado o fator primordial, que são os fenômenos físicos envolvidos e isso, leva o aluno a não conseguir compreender ou relacionar os conteúdos escolares com os fenômenos vistos em seu cotidiano.

Essa dificuldade de compreensão da física moderna se agrava quando o aluno termina o ensino médio e continua sem compreender, de forma satisfatória, os fenômenos da física atual. Com isso, esse aluno perde a oportunidade de ser um cidadão mais crítico e informado, não podendo ter uma opinião plausível no que diz respeito à tecnologia atual e nem a compreensão da mesma, que se apresenta no cotidiano. Tecnologia essa, que tem a aplicação direta do conhecimento desenvolvido pela física moderna, como por exemplo, os sensores fotoeletrônicos que servem para ligar e desligar lâmpadas.

Segundo a Revista Brasileira de Física:

A lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive (*REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA*), v. 29, n. 3, p. 447-454, (2007).

Dessa forma, percebe-se que a essa desatualização curricular é um fator preponderante para a falta de compreensão do mundo atual em termos de aplicação da física moderna nas novas tecnologias encontradas atualmente.

Porém é importante salientar que não é somente a atualização curricular do ensino médio que irá resolver essa situação do ensino. É preciso também que a formação de professores nas graduações seja revista também, pois os novos professores de física serão agentes de fundamental importância no processo de ensino e aprendizagem em que se refere aos temas de física moderna, uma vez que esses novos professores irão mostrar a física atual para os alunos. De acordo com a Revista Brasileira de Física:

É importante ressaltar que a atualização do currículo não pode ser desvinculada da preocupação com a formação inicial e continuada de professores. Não basta introduzir novos assuntos que proporcionem análise e estudos de problemas mais atuais se não houver uma preparação adequada dos alunos das licenciaturas para esta mudança e se o profissional em exercício não tiver a oportunidade de se atualizar. Os professores precisam ser os atores principais no processo de mudança curricular, pois serão eles que as implementarão na sua prática pedagógica. (*REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA*), v. 29, n. 3, p. 447-454, (2007)).

Portando, se faz necessário discutir de forma mais ampla temas que envolvam o ensino de física moderna na atualidade nas escolas. Assim como é, também, de igual importância a formação continuada do docente, sobre temas atuais de física moderna e contemporânea. É preciso, de forma urgente, que se mude o modo ensinar física. É impreterível que todo o conhecimento produzido a partir do início do século XX seja ensinado nas escolas.

O ato de ensinar requer muita responsabilidade e planejamento. O docente é um dos agentes primordiais no que se refere ao processo de ensino-aprendizagem. Outro fator que contribui também para a dificuldade encontrada para ensinar física moderna é tempo disponibilizado às aulas de Física, pois geralmente a carga horária de cada turma gira em torno

de cento e trinta e cinco minutos semanais no período do dia e noventa minutos semanais à noite. Outra dificuldade encontrada no ensino médio é o discurso de que não é possível trazer o formalismo matemático da Física Moderna para a sala de aula, pois os alunos iriam encontrar muitas dificuldades.

A forma da física moderna ser trabalhada pelo professor restringido a uma matematização, dificulta a construção de um ensino que esteja vinculado a questões sociais mais amplas.

Sem pretensão de generalizar, questiona-se até que ponto as graduações de licenciatura em física estão se preocupando com a formação de futuros professores de física que irão fazer parte da educação básica. É preciso também repensar essa questão da formação docente, pois uma boa aula tem sempre um bom professor.

2.1.2 Os Baixos Resultados em Física nos Indicadores (ENEM) no País

A questão que envolve o fator rendimento nos indicadores realizados no Brasil tem vários fatores que contribuí para os baixos rendimentos nessas provas, uma vez que os estados brasileiros têm realidades diferentes e, conseqüentemente, níveis de aprendizagem diferentes. E isso, de uma forma geral contribui para baixo resultados em certas disciplinas, como é o caso da física.

Historicamente Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) foi criado para fazer uma avaliação do aluno no fim do ensino médio, com o objetivo de verificar o nível de aprendizagem. De 1998 a 2008, essa prova era feita como prova única, com 63 questões de múltipla escolha e uma redação. Com base em parâmetros qualitativos eram construídas as características do ensino de física no ensino médio. Os dados do exame de 2009 foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), e analisando esses dados, é possível identificar certas dificuldades encontradas pelos alunos no que diz respeito à resolução das questões de física. As questões que de física que exigem um pouco mais do uso da matemática para serem resolvidas, foram as que mais os estudantes erraram, já as de caráter qualitativas, ou seja, aquelas que exigem pouco uso da matemática foram as que mais os alunos acertaram.

Hoje o ENEM se tornou a prova de critério de seleção para a maioria das universidades e faculdades brasileiras. E também se tornou como linha de acesso a benefícios disponibilizados pelo governo, como o PROUNI e o FIES.

O ENEM, dito como prova de cunho contextualizada, fazendo uma pesquisa, verifica-se que essa prova, ainda apresenta muitas questões de física de que dá muita ênfase a cálculos,

sem se preocupar com a interpretação dos fenômenos, sem contextualização alguma. (PEIXOTO; LINHARES, 2010).

No entanto, existe no Brasil uma diferença social muito grande no que se refere ao ensino de física, levando em consideração o nível de importância dada pelos alunos para compreensão das ciências da natureza. Na maioria das escolas públicas não se tem laboratório para mostrar algumas simulações de fenômenos físicos. E quando tem laboratório de informática, dificilmente os professores utilizam nas aulas, fazendo com que as aulas se tornem monótonas. Nesse sentido é fundamental que se reflita sobre a importância da tecnologia para o ensino de física, com objetivo de facilitar a compreensão da natureza, de uma forma mais interessante e que leve o aluno a tomar gosto por essa disciplina fantástica, que descreve como nenhuma outra, a natureza e o universo.

2.2.1 Uso de *Software* de Ensino.

A aplicação de software no processo de ensino-aprendizagem tem sido uma saída no que diz respeito à facilitação na compreensão de temas de física, pois essas ferramentas de ensino tem o caráter lúdico e conseguem simular situações que dificilmente seriam realizadas em laboratórios escolares, uma que certas experiências além de ter um caráter muito abstrato é de difícil realização com materiais simples. E sabe-se que as escolas, principalmente, as públicas, vivem em situações de abandono. Mas vale ressaltar que nos últimos tempos, as escolas vêm sendo equipadas com laboratórios de informática para que os alunos consigam ter uma maior facilidade na compreensão de conteúdos ministrado. No entanto, esses laboratórios estão sendo esquecidos nas escolas e, obviamente, sendo sucateados no decorrer do tempo.

A aplicação de ferramentas tecnológicas, como o uso do laboratório de informática nas escolas para ensinar física tem está bastante presente no processo de ensino aprendizagem. Essas possibilitaram uma nova metodologia nas escolas, proporcionando atividades novas que levam os alunos a compreenderem de forma mais simples os conteúdos. De acordo com Temporini:

Por isso, a utilização do computador é um dos temas debatidos entre professores das mais diversas áreas e modalidades de ensino, devido suas múltiplas ferramentas, que podem ser exploradas com a intenção de contribuir nos processos de ensino e aprendizagem. (TEMPORINI. 2013, p. 39)

Devido a isso a discussão sobre o uso de computadores para usar aplicativo no ensino é um dos temas muito debatidos entre professores das diversas disciplinas e nível de ensino, devido a uma grande quantidade de ferramentas oferecidas pelos computadores e que devem ser exploradas para que o aluno tenha maior facilidade na aprendizagem.

É importante salientar também que somente a disponibilidade de computadores com software voltado para o ensino, que levará a uma revolução na forma de ensinar. É preciso capacitar os professores com responsabilidade e fazer com que os mesmos entendam o porquê é necessário o uso de nova tecnologias para o processo de ensino aprendizagem.

Para Carneiro (2002), é de extrema importância que ao alunos e educadores tenham uma relação prazerosa com a tecnologia oferecida e que é preciso ocorrer uma quebra de paradigma em relação ao uso da tecnologia no ensino. Isso leva a reflexão de que ainda existem educadores que oferecem uma grande resistência ao uso das novas ferramentas de ensino, fazendo com o processo de ensino e aprendizagem fique comprometido como um todo. É comum ouvir sobre a resistência do uso da tecnologia por parte de certos professores. Segundo Nogai,

A informática na educação é vista como uma nova e promissora área a ser explorada e com potencial que pode possibilitar mudanças nos sistemas educacionais. Por isso, a importância que se reveste a formação de professores no domínio da tecnologia para que se tornem capazes de refletir e de participar ativamente desse processo de mudança da inserção da informática aplicada à educação. (NOGAI, 2005, p. 33 apud TEMPORINI, 2013).

Nesse sentido, faz-se necessário a intensificação de políticas voltadas para o processo de formação continuada dos professores da rede básica de ensino.

Percebe-se que o computador tem provocado novas direções na vida das pessoas. Os softwares, jogos, etc. passaram a ter o caráter de entretenimento e de pesquisa em todos os temas. Para Freire (2001)

A informática na educação de que estamos tratando enfatiza o fato de o professor da disciplina curricular ter conhecimento dos potenciais educacionais do computador e ser capaz de alternar, adequadamente, atividades não informatizadas de ensino aprendizagem e atividades que usam o computador. No entanto, a atividade de uso do computador pode ser feita tanto para continuar transmitindo a informação para o aluno e, portanto, para reforçar o processo instrucionista de ensino, quanto para criar condições para o aluno construir seu conhecimento em ambientes de aprendizagem que incorporem o uso do computador (FREIRE, 2001, p. 32. Apud. *Diálogos & Saberes*, Mandaguari, v. 9, n. 1, p. 39-59, 2013).

É importante frisar também que uso de novas ferramentas só surte o devido efeito esperado se as atividades propostas forem interessantes e o uso da tecnologia ter certa contextualização com o tema da aula, assim como as aulas devem estar bem planejadas para que os alunos tenham um bom aprendizado.

Mas certo autores afirmam que fatores como o a sala de aula com muitos alunos, escola em péssimas condições, falta de recursos tecnológicos para realização das tarefas leva em certo sentido, a uma péssima aula.

Segundo Moreira (1983)

Uma Abordagem Cognitivista ao ensino da Física caberia acrescentar, ainda, e talvez como consequência dos fatores anteriores, a tradicional aversão que os alunos apresentam pela Física, considerada como uma disciplina de difícil compreensão, pois desde muito cedo a aversão à Física, como disciplina ou área de estudo, já se manifesta em grande parte dos estudantes, onde a matéria desenvolvida nos primeiros ciclos do ensino fundamental, ainda não figura como a disciplina Física e, sim, como Ciências (Moreira, 1993, p. 47 apud *Diálogos & Saberes*, Mandaguari, 2013).

Nos últimos anos, a informatização da educação teve grande avanço. Nesse sentido é importante que aconteçam reflexões em torno das vantagens e as desvantagens de um processo do uso da informática tão acelerado no mundo moderno.

Como assinala Oppenheimer (1997)

A revolução da Informática Educacional faz parte de uma história mais longa da Tecnologia da Educação. Desde o início do século XX, várias ondas tecnológicas inovadoras têm assolado a Educação com promessas e perspectivas mirabolantes (OPPENHEIMER, 1997, p. 39).

“Em um futuro próximo, a informática substituirá o uso dos livros didáticos” (OPPENHEIMER, 1997).

Por mais que sejam fascinantes os avanços e as possibilidades da tecnologia na educação, é bom lembrar que os desdobramentos fazem parte do um ciclo de Tecnologia da educação que se referiu. Por isso, é preciso fazer uma análise crítica dos seus benefícios e perceber que o uso de tal ferramenta tem que ser sincronizado a capacitação docente, uma vez que é o professor a agente provocador de novas discussões.

Hoje a Informática se aplica de forma diversificada para o ensino de física, podendo ser usada em medições, gráficos, avaliações, apresentações, modelagens, animações e simulações, entre outros. Esse uso deve ser cada vez mais constante, pois vivemos numa sociedade que de uma forma ou de outra, tem acesso ao mundo informatizado.

O desenvolvimento de técnicas computacionais vem tornado as simulações computacionais muito acessíveis e espetaculares. Contudo, essas técnicas têm criado uma tendência perigosa de uso exagerado de animações e simulações considerando-as como alternativas aos experimentos reais, como se tivessem o mesmo peso epistemológico, cognitivo e educacional.

Em torno do tema discutido, vale lembrar que os professores, agentes ativos, na mudança do processo de ensino aprendizagem. Esses educadores vivem sobre carregados, em muitos casos trabalham em várias escolas e isso diminui o tempo que o mesmo tem para pelo menos pensar em planejar as aulas e aplicar juntamente com o uso de algum software voltado para a educação.

2.2.2. O Ensino de Física Moderna no Ensino Médio e as Dificuldades Encontradas

Quando o século vinte chegou, as novas tecnologias haviam alcançado um nível tal que tornavam os cientistas capazes de projetar experimentos a fim de explorar o comportamento de partículas muito pequenas. Com a descoberta do elétron em 1897, e com a investigação sobre a radioatividade pela mesma época, os experimentos começaram a sondar a estrutura atômica da matéria. Em 1900 o físico Max Planck lançou a hipótese de que os corpos aquecidos emitiam energia radiante em pacotes discretos. E a partir de então foram descobrindo a aplicabilidade desses pacotes de energia, como no efeito fotoelétrico nas células fotoelétricas. Nesse contexto de mais de cem anos de pesquisa, percebe-se que ainda não foi difundido esse conhecimento por completo nas escolas, levando ainda alunos a se deterem nos estudos da mecânica clássica, como, a mecânica newtoniana que leva em consideração todas as forças que atuam em um sistema, ou lagrangiana, que leva em consideração a energia cinética e a potencial.

Esse último século, a ciência deu um salto em direção a novas concepções, como espaço e tempo que eram considerados absolutos, passaram a ser relativos, assim como o mundo subatômico se mostrou de forma fantástica levando a compreensão de muitos temas a física. Diante dessa nova física, começou certo descompasso entre o que está sendo ensinado na escola e o que de mais novo tem no mundo atual, a escola não acompanhou as novas descobertas, ainda se ensina como se nada tivesse de novo, continua engessada no mundo clássico, como se nada tivesse sido descoberto.

A física do século vinte mudou a compreensão de conceitos como energia, massa, tempo e espaço. Esse desenvolvimento originou a Física Moderna, em que a Relatividade explica os fenômenos em altas velocidades e a Mecânica Quântica se encarrega do mundo subatômico.

Atualmente, com os avanços científicos, a Física Moderna tem despertado a curiosidade das pessoas. Isto está ligado à melhora no modo de vida das pessoas, após a miniaturização dos componentes eletrônicos, por exemplo, estar fundamentada na Física do século XX. (MARTINS, 2004).

Mas, de física moderna no ensino médio não tem acompanhado o desenvolvimento tecnológico. Segundo Leonel e Souza (2009), essa desconexão entre ensino e o desenvolvimento da tecnologia é prejudicial no que tange a alfabetização científica e tecnológica, fazendo com que o aluno não faça uma relação com o mundo que o cerca. Atualização no currículo é importante para formar um cidadão crítico e consistente, que compreenda o mundo criado em que vivemos hoje.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) o seguinte registro mostra que:

É preciso rediscutir qual física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos todos que, para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara. É sempre possível, no entanto, sinalizar aqueles aspectos que conduzem o desenvolvimento do ensino na direção desejada (BRASIL, 2000, p. 23).

É importante notar que a atualização do currículo não pode ser desvinculada da preocupação com a de professores do ensino básico. Não basta introduzir novos temas de física se não houver uma boa formação dos alunos de graduação de licenciatura em física. O docente tem de ser o ator principal na mudança curricular, uma vez que serão eles que mudarão a sua prática pedagógica.

De acordo com análise de texto da LDB (BRASIL, 1996) e com os PCN's, mostra que o ensino médio deve priorizar:

A formação geral em oposição à formação específica; o desenvolvimento de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização (MENEZES; SANTOS, 2001, p. 1).

Com relação ao ensino de física nesse nível de ensino, indicam que a escolha dos temas a serem abordados deve ser feita de modo que o conhecimento de física deixe de se estruturar como um objeto em si mesmo, passando a ser entendido como um instrumento para a compreensão do mundo.

Os textos mostram que os conhecimentos de física são importantes para na formação científica do ser humano e que o estudo dos temas de física deve ser contextualizado e fazer a interação com outras disciplinas.

Uma outra dificuldade encontrada para ensinar física moderna no ensino é o fato de os alunos, na maioria deles, não dominam a matemática elementar que seria um suporte para resolução de problemas relacionados com o tema. Na maioria das vezes, os alunos citam que não gostam de física porque essa disciplina exige muito cálculo.

Vale ressaltar que não se pode também alegar que é somente a falta de conhecimento do aluno em matemática que leva os mesmos a sentirem dificuldades no que refere à aprendizagem da física moderna. O professor, também tem sua contribuição sobre esse fato,

uma vez que ele deverá se utilizar do conhecimento que tem para conseguir mudar tal situação. E assim fazer com que os alunos tenham menor dificuldade em termos de aprendizagem. É de suma importância que o professor perceba nos primeiros dias de aula as dificuldades dos alunos em relação ao uso da matemática, pois esse procedimento lhe dará subsídio para que consiga planejar a aula de acordo com o que o aluno já tem de conhecimento.

2.2.3 Teorias de Aprendizagem e o Ensino de Física Moderna

O ensino de física há muito tempo é feito de modo a dar prioridade aos temas de física clássica, como por exemplo, a mecânica newtoniana, a termodinâmica e eletromagnetismo. Mas não é dada prioridade aos temas de física moderna, como, o efeito fotoelétrico e efeito Compton, nas escolas de ensino médio. Esse fator é visto como um problema grave no ensino de física na atualidade, pois a vida moderna está incrementada de tecnologia no cotidiano e isso faz com que se tenha uma absoluta necessidade de inserção de temas de física moderna no ensino de física nas escolas de ensino médio. Pois, por exemplo, muitas pessoas já viram uma porta se abrir com a presença de calor emitido por nossos corpos em um shopping, mas não sabem que isso se deve a um efeito descrito no século passado, o efeito fotoelétrico.

No contexto que se vive percebe-se que o conhecimento científico é tão presente e ao passo que se mostra tão desconhecida da maioria das pessoas, no sentido de que as pessoas não sabem a aplicabilidade da nova física que começou lá no início do século XX.

Dessa forma, se faz necessário a inserção do ensino de física de forma estratégica com temas que estejam relacionados aos interesses dos alunos para que os mesmos tenham interesses. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais.

[...] e esse sentido emerge, na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir-se em um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. [...]. (BRASILMEC, 2000, p. 4).

Nos PCN's, no que se refere à física, verifica-se a necessidade de atualizar o currículo, inserindo temas como a parte relacionada à matéria e radiação para que se possa ter um ensino de física moderna e contemporânea.

Mesmo sendo opinião da maioria de professores sobre a importância do ensino física moderna, não existem muitos materiais voltado a esse fim, para que se concretize uma aprendizagem sólida sobre os novos temas de física.

Para Terrazzan,

[...] a influência crescente dos conteúdos de FMC para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de ensino médio (TERRAZZAN, 1992, p. 209).

Ultimamente, os temas referentes à física moderna estão sendo colocados nos livros didáticos voltados para a educação básica. Porém, grande parte de docentes não dão ênfase nesses conteúdos, fazendo com que os alunos de ensino médio terminem esse ciclo de estudos sem ter ao menos ouvido falar, por exemplo, do que se trata o efeito. O ensino escolar tem como papel fundamental na construção de uma cultura científica que venha facilitar a compreensão do mundo atual.

Para Ausubel (1973), a aprendizagem, que ele chama de aprendizagem significativa, é aquela na qual o aluno em posse de uma nova informação sobre determinado tema, faz com que essa informação tenha um significado importante na sua vida cotidiana. E essa informação só tem sentido real para o aluno se ele conseguir fazer uma relação com ideias que ele tem sobre determinado assunto, os chamados subsunsores. Assim, ao aprender determinado conteúdo, o aluno é capaz de explicá-lo com suas próprias palavras.

Se aprendizagem significativa ocorrer, a informação ainda irá sofrer alterações, uma vez que sempre irá acontecer de o aluno atribuir significados de cunho pessoal. Segundo Ausubel (1980) o aprendizado significativo é atribuição de significação a temas estudados e relacionar ao que já se conhece.

A vontade de aprender é considerado como o ponto de partida por parte do aluno, uma vez que influencia a sua percepção no que diz respeito ao conteúdo de estudo. Nesse sentido, as aulas introdutórias sobre determinado tema têm que ser precedidas de discussão de temas relacionados com temas que sejam de conhecimentos do aluno, para que os mesmos consigam correlacionar com o seu cotidiano e dessa forma compreender o mundo com mais facilidade e, perceber também que o ensino escolar está diretamente ligado com sua vida. Assim, o aluno vai construindo seu próprio conhecimento na medida em que consegue fazer o elo entre os temas tratados na escola e a aplicação da ciência no mundo moderno. Para GARCIA (199)

A explicação do que chamamos conhecer, compreender, explicar surgirá, conseqüentemente, da investigação dos processos de mudança de um nível a outro, mais que da análise dos estados em cada período ou nível. E essa pesquisa leva, necessariamente, a considerar a níveis cada vez mais elementares, sem possibilidade, no atual estado da ciência, de retroceder o estudo até antes do nascimento, mas com

crescente necessidade de considerar os processos biológicos que o precedem. A psicologia e a epistemologia, que estudam esses processos, foram classificadas por Piaget, com toda propriedade, como psicologia genética e epistemologia genética, já que seu objetivo é estudar a gênese do conhecimento. (GARCIA. 1999, p. 22).

Assim percebe-se também que a explicação do conhecimento está ligada ao fato da investigação nos processos de mudanças de um nível a outro, comparativamente a análise de dados em cada período de desenvolvimento do aluno. Nesse sentido, percebe-se também que o aprendizado está ligado de alguma forma a fatores mais elementares, inclusive biologicamente, no que refere à psicologia genética.

CAPÍTULO 3

O APLICATIVO EDUCACIONAL “*MODERN PHYSICS*”

Neste capítulo será apresentado o aplicativo *Modern Physics*, bem como uma breve revisão dos conceitos físicos de Física Moderna existentes no referido *software*.

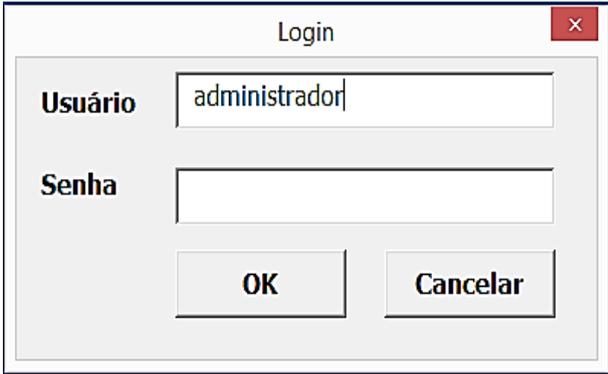
3.1 O APLICATIVO

O *software Modern Physics* foi desenvolvido com o fim de ser uma ferramenta auxiliar ao aprendizado do conteúdo de Eletrodinâmica no Ensino Médio, de fácil manuseio por professores e alunos. Esse software dá a possibilidade aos alunos a investigação de fenômenos físicos envolvidos nos tópicos de Física Moderna. O aplicativo auxilia os alunos no desenvolvimento de sua capacidade de analisar gráficos, principalmente na dependência de suas variáveis, nas leis que regem suas correlações, e auxilia nos cálculos. A ideia é que o professor e alunos utilizem o *software* durante as aulas expositivas, criando assim um ambiente dinâmico e interativo, propício ao aprendizado efetivo, levando alunos a participarem mais das aulas e não apenas sendo meros expectadores ou ouvintes.

3.2 O AMBIENTE DO *MODERN PHYSICS*

O aplicativo foi desenvolvido no VBA do Excel 16. Quando o aplicativo é iniciado, aparece a tela de login solicitando o nome do administrador e a senha. E então, basta o usuário inserir a senha e clicar em **OK**, como ilustra a figura a seguir acessar o aplicativo.

Figura 4 - Janela mostrando a tela de login.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Após clicar em **OK**, será carregada a tela inicial do aplicativo (Figura 2).

Figura 5 – Janela mostrando botões de conteúdo do aplicativo.

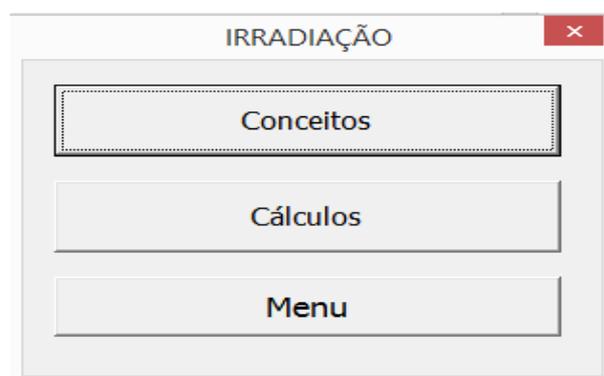


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Nesta tela, o usuário terá acesso aos conteúdos básicos referentes à Física Moderna do software.

Ao clicar no botão **IRRADIAÇÃO** (figura 2), será carregada a tela relacionada aos conceitos e cálculos sobre radiação térmica (Figura 3).

Figura 6 – Janela mostrando a tela inicial sobre radiação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Na tela da figura 3, ao clicar no botão Conceitos, o usuário terá acesso aos conceitos de irradiação térmica. Clicando no botão Cálculos, será aberta a janela Cálculos, onde o usuário acessará as seguintes equações: lei de Wien, Lei Planck e a lei de Stefan-Boltzmann (figura 4).

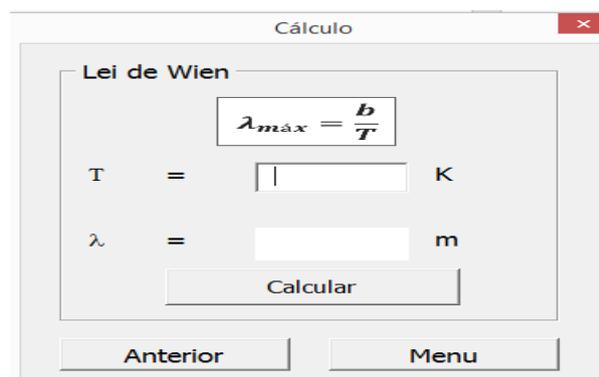
Figura 4 – Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos relacionados às leis de Wien, de Planck e Stefan-Boltzmann.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Clicando no botão da Lei de Wien na janela de Cálculos (figura 4), será aberta a janela mostrada na fig. 5. Nesta janela o usuário tem a opção de calcular o comprimento máximo de uma radiação em função da temperatura absoluta. Para isso basta inserir o valor da temperatura absoluta e clicar no botão **CALCULAR** que o resultado aparecerá.

Figura 5 – Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos relacionados à Lei de Wien.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Ao clicar no botão **LEI DE PLANCK** (figura 4), será aberta a janela para os cálculos da lei de Planck (figura 6). Nesta janela é possível calcular a irradiação térmica em função da

frequência e da temperatura, assim como é possível plotar o gráfico da irradiação em função da temperatura e da frequência.

Figura 6 – Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos relacionados à Lei de Planck.

The screenshot shows a software window titled "Cálculos" with a red close button in the top right corner. The main content area is titled "Lei de Planck" and displays the equation
$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$
. Below the equation are three input fields: "T = [] K", " ν = [] Hz", and "I = []". To the right of the equation is a "Calcular" button. Below the equation area are two graphing sections. The left section is titled "Gráfico (ν)" and has inputs for "T = [] K", " ν 1 = [] Hz", and " ν 2 = [] Hz", with a "Plotar Gráfico" button below. The right section is titled "Gráfico (T)" and has inputs for " ν = [] K", "T1 = [] Hz", and "T2 = [] Hz", with a "Plotar Gráfico" button below. At the bottom of the window are "Anterior" and "Menu" buttons.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Ao clicar no botão Stefan-Boltzmann (figura 4), a janela relacionada aos cálculos da lei de Stefan-Boltzmann será aberta. Nela, será possível calcular a potência irradiada e também plotar o gráfico correspondente para um intervalo de temperatura absoluta (figura 7).

Figura 7 – Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos relacionados à lei de Stefan-Boltzmann.

The screenshot shows a software window titled "Cálculos" with a red close button in the top right corner. The main content area is titled "Lei de Stefan-Boltzmann" and displays the equation
$$j = \sigma T^4$$
. Below the equation are two input fields: "T = [] K" and "J = [] W/m^2". To the right of the equation is a "Calcular" button. Below the equation area is a "Gráfico" section with inputs for "T1 = [] K" and "T2 = [] K", with a "Plotar Gráfico" button below. At the bottom of the window are "Anterior" and "Menu" buttons.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os procedimentos apresentados devem ser feitos para todos os conteúdos do aplicativo, de modo que o software *Modern Physics* é extremamente fácil de ser utilizado. O aplicativo é um poderoso recurso para ministrar aulas de Física Moderna no ensino médio. Por exemplo, se o aluno quiser estudar sobre o Efeito Fotoelétrico, basta clicar no botão EFEITO FOTOELÉTRICO (figura 2), que a janela exibida na figura 8 será mostrada.

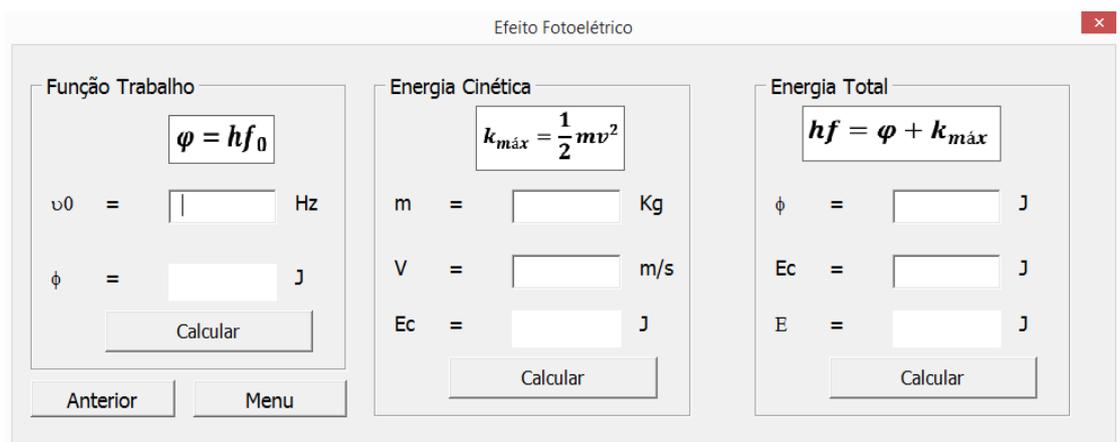
Figura 8 – Janela mostrando a tela inicial sobre o efeito fotoelétrico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Nesta tela o aluno terá acesso aos conceitos referentes ao efeito fotoelétrico e como fazer os cálculos. Ao clicar no botão cálculos, a seguinte tela (fig. 9) será exibida.

Figura 9 – Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos das grandezas sobre o efeito fotoelétrico.

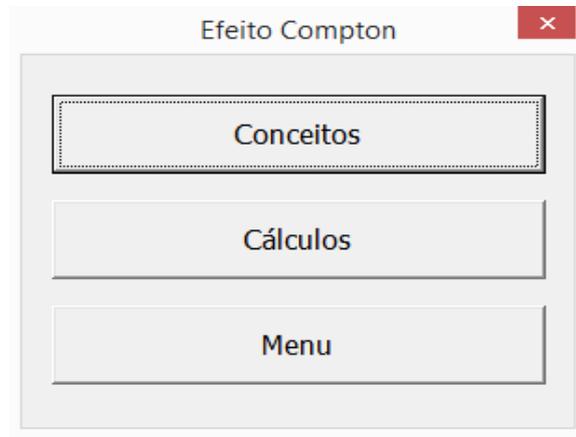


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Nesta tela (figura 9), o aluno poderá calcular a frequência mínima que uma radiação deve ter para que ocorra o efeito fotoelétrico. Poderá também calcular a energia cinética de

um elétron ejetado e a energia total. E, finalmente, ao clicar no botão **EFEITO COMPTON** (figura 2), a janela do Efeito Compton (fig.10) será exibida.

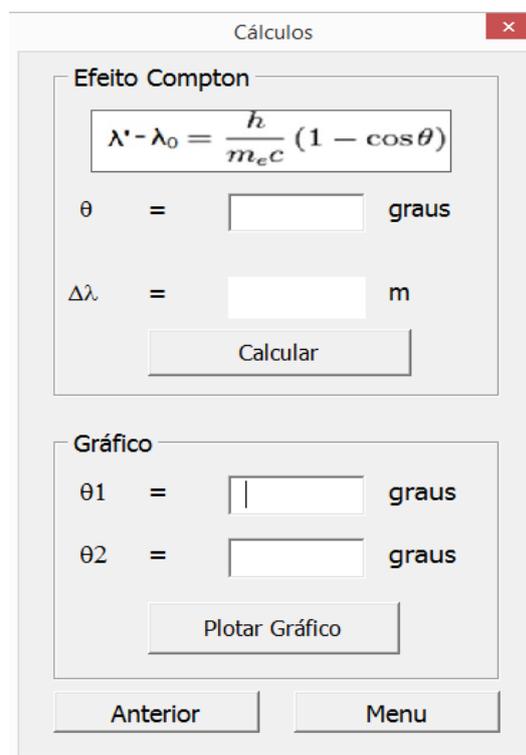
Figura 10 – Janela mostrando a tela inicial sobre o Efeito Compton.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Nessa tela há dois botões. Ao clicar no primeiro, os conceitos sobre o Efeito Compton serão exibidos em um arquivo em formato PDF. Clicando no segundo, será carregada uma nova janela (fig. 11) para a realização dos cálculos.

Figura 11 – Janela mostrando os botões de acesso aos cálculos do deslocamento Compton e também à plotagem o gráfico do Espalhamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

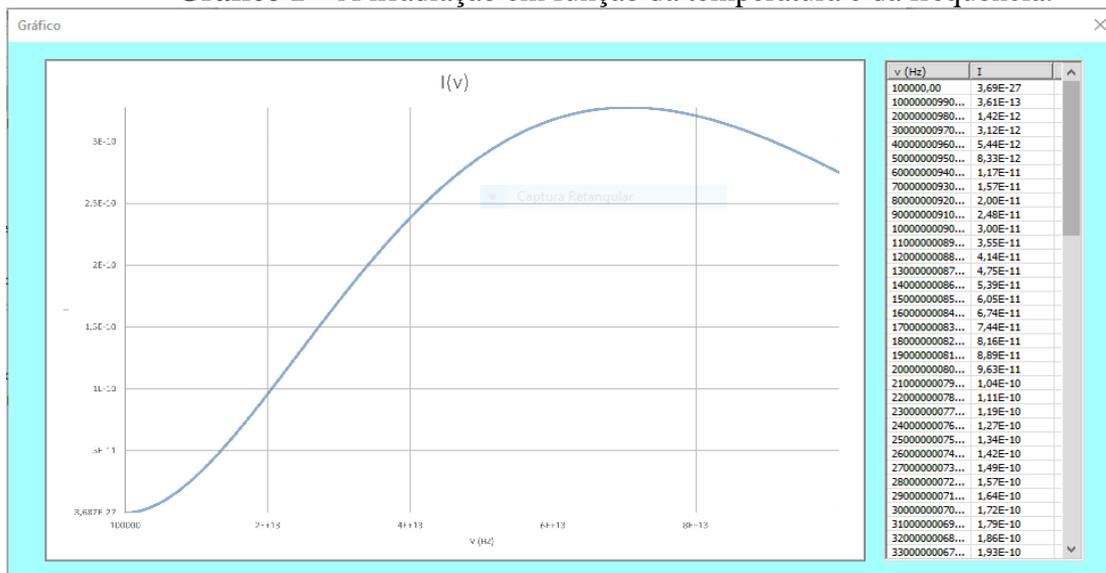
3.2.1 Exemplos de Aplicação do Aplicativo Modern Phisycs

A Figura 6 apresenta a tela do *Modern Physics*, onde o usuário poderá efetuar o cálculo da irradiação em função da frequência e da temperatura absoluta, assim como também é possível plotar o gráfico da irradiação utilizando a temperatura (T) e a frequência (ν). Observe-se que a partir da análise dos gráficos gerados, o professor pode facilmente instigar os alunos para que percebam a relação existente entre as variáveis e, a partir desta análise, estabelecer juntamente com eles a lei física.

a) Irradiação em função da temperatura e da frequência

No gráfico 1, a irradiação em função de ν (frequência) e da temperatura absoluta (T). No exemplo foi usado os seguintes dados: A temperatura absoluta $T = 1200$ K; a frequência $\nu = 1 \times 10^{14}$ Hz e o gráfico foi plotado no intervalo de frequência de 1×10^5 Hz a 1×10^{14} Hz.

Gráfico 1 – A irradiação em função da temperatura e da frequência.

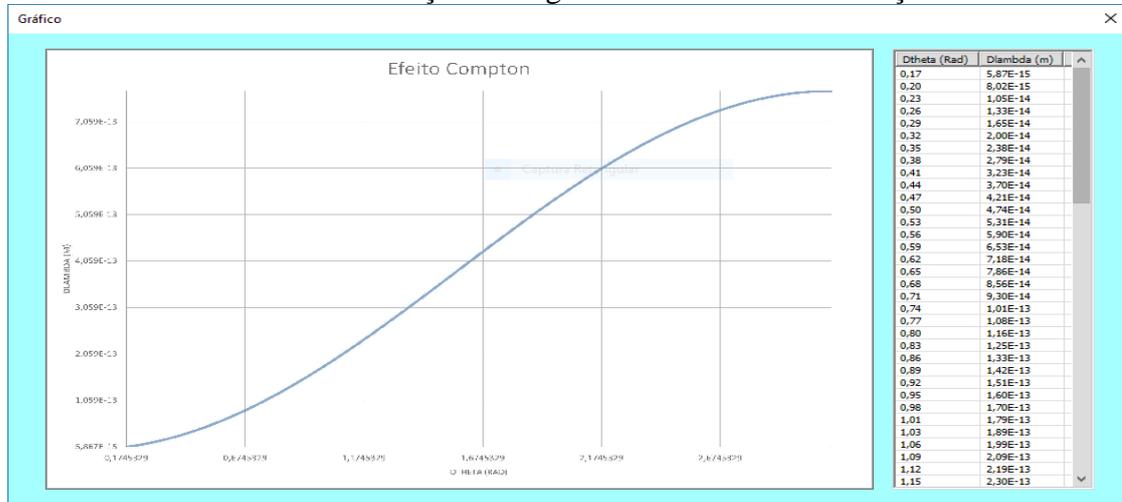


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

b) Efeito Compton

Outro exemplo, usando o software *Modern Physics*, refere-se ao efeito Compton. Utilizando a tela do *Modern Physics* mostrada no gráfico 2 e usando como exemplo os seguintes ângulos dados para plotar o gráfico: $\theta_1 = 10$ graus e $\theta_2 = 180$ graus.

Gráfico 2 – Variação do ângulo de incidência da radiação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

c) Efeito fotoelétrico

Usando a tela do *Modern Physics*, mostrada na figura 9, pode-se calcular o valor da energia mínima necessária (chamada também de função trabalho) para retirar um elétron de uma superfície metálica, assim como é possível também determinar a energia cinética do elétron ejetado. Para exemplificar, qual seria a energia mínima necessária para que um elétron seja retirado de um metal onde incide radiação de frequência de corte $\nu = 1,1342 \times 10^{15}$ Hz? Ao inserir esse valor de frequência no local correspondente da figura 9, o aluno irá obterá como resposta para função trabalho $\phi = 7,52 \times 10^{-19}$ J, que corresponde em eletro-volt a 4,7 eV. (Figura 12).

Figura 12 – Tela mostrando o cálculo da função trabalho.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Assim, nesses exemplos, é possível mostrar que fica mais fácil a discussão dos conteúdos em sala de aula sobre física moderna, levando o aluno a compreender de forma mais rápido os conteúdos

ministrados, pois os mesmos poderão sempre que necessitar, fazer outros cálculos e plotar novos gráficos para fazerem comparações e com isso ter um aprendizado mais eficaz.

3.3 CONCEITOS FÍSICOS ABORDADOS NO APLICATIVO MODERN PHYSICS

3.3.1 Radiação Térmica - Teoria de Planck

Radiação emitida por um corpo devido ao grau de agitação das partículas é conhecida como radiação térmica ou irradiação térmica. Qualquer corpo emite radiação térmica, pois por menor que seja o grau de agitação das partículas de um sistema físico, esse movimento sempre existirá. Se um corpo está inicialmente mais aquecido que o meio onde se encontra, ele irá esfriar, pois sua emissão de energia é maior que a taxa de absorção. Já ao atingir o chamado equilíbrio térmico, a taxa de emissão e absorção se tornam iguais.

A matéria no estado líquido ou sólido (estado condensado) emite espectro contínuo de radiação. O espectro depende diretamente da temperatura da matéria. Em temperaturas usuais, os corpos são vistos pela radiação que refletem. Assim, nesse caso, se nenhuma luz incidir sobre eles, não conseguiremos vê-los. Quando a temperatura é elevada, os corpos emitem luz própria e, assim, poderemos vê-los brilhando, num quarto escuro, por exemplo. Porém, mesmo para temperaturas da ordem de milhares de Kelvin, em torno de noventa por cento da radiação emitida é invisível para o olho humano, pois a maioria do espectro está ao nível do espectro do infravermelho, frequências em que nossos olhos não são sensíveis a elas. Daí percebe-se que esses corpos que têm luminosidade próprias estão à temperatura muito elevadas, como por exemplo, o Sol.

A emissão de radiação depende da temperatura do corpo. Os corpos com essa característica, são chamados de corpos negros. Adotou-se esse nome para esses corpos por eles absorverem toda a radiação incidente. Vale ressaltar que todos os corpos negros com a mesma temperatura, irradiam com o mesmo espectro eletromagnético. Isso pode ser entendido com argumentos termodinâmicos clássicos. Mas a forma específica do espectro não tem explicação plausíveis em argumentos da termodinâmica somente.

A radiação espectral é determinada pela relação equação (1)

$$R_T = \int R_T(\lambda)d\lambda = \int R_T(v)dv \quad (1)$$

A equação (1) é definida de forma que seja igual a radiância espectral esteja no intervalo de ν a $\nu + d\nu$ por unidade de área de uma superfície, a uma temperatura absoluta T . Assim, por exemplo, na figura 13, seria possível calcular a radiação espectral sob as curvas que representam as temperaturas de 1400 K, 1250 K e 1000 K, bastando para isso resolver a integral de R_T da equação (1). Na figura 13, percebe-se também, que a radiância espectral aumenta com o aumento da temperatura. Esse resultado é conhecido como lei de Stefan, a qual foi publicada pela primeira vez no ano de 1979 no formato de uma fórmula empírica, dada por

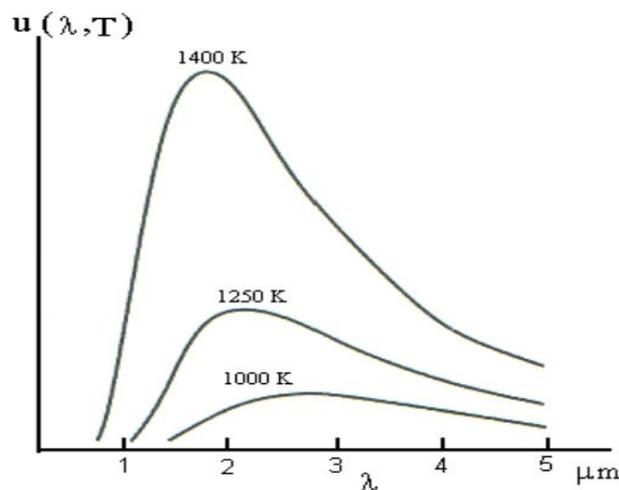
$$R_T = \sigma T^4 \quad (2)$$

A constante $\sigma = 5,6705 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, é chamada constante de Stefan-Boltzmann. Ainda analisando a figura 13, percebe-se que o espectro se descola para maiores valores em função da temperatura. Essa característica é conhecida como de lei do deslocamento de Wien, dada por

$$\lambda_{\text{máx}} T = \text{constante} \quad (3)$$

Essa constante que aparece na equação (3) é chamada de constante de Wien e foi determinada experimentalmente sendo $2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$

Figura 13 – Comprimento de onda da radiação emitida.



Fonte: Mundim, K.C. (2000).

Para Rayleig e Jeans, a distribuição espectral $R(\lambda)$ está relacionada com a densidade de energia das radiações no interior de uma cavidade de um corpo negro. A radiação emitida para fora de um corpo negro é diretamente proporcional à densidade de energia U no interior da cavidade. Sabendo que a constante de proporcionalidade (sem a demonstração presente neste trabalho) é igual a $\frac{c}{4}$ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, é a velocidade da luz no espaço livre). Então:

$$R = \frac{1}{4} c U \quad (4)$$

Da mesma forma, a distribuição da potência é dependente da distribuição da densidade interna da cavidade. considerando $u(\lambda)d\lambda$ sendo a fração energética proveniente da cavidade compreendida entre $\lambda + d\lambda$, temos a seguinte relação entre $R(\lambda)$ e $u(\lambda)$:

$$R(\lambda) = \frac{1}{4}cu(\lambda) \quad (5)$$

A função $u(\lambda)$ é determinada pela física clássica de forma simples. Bastando determinar os modos oscilantes do campo eletromagnético dentro da cavidade onde os comprimentos de onda se encontram entre $\lambda + d\lambda$ e fazer o produto com a energia média de cada modo oscilante. O resultado do primeiro cálculo (não mostrado neste trabalho) informa que o modo de oscilação é dado por

$$n(\lambda) = 8\pi\lambda^{-4} \quad (6)$$

Classicamente, a energia por modo oscilante é kT , em que k é a conhecida constante de Boltzmann. E essa energia pode ser determinada pela expressão a seguir, equação (7).

$$u(\lambda) = kTn(\lambda) = 8\pi kT\lambda^{-4} \quad (7)$$

A relação expressa pela equação (7), demonstrada pela primeira vez por Lord Rayleigh, é conhecida como a lei de Rayleigh-Jeans.

Quando o comprimento de onda é grande, a lei de Rayleigh-Jeans satisfaz os resultados obtidos experimentalmente, porém, para altas frequências, que corresponde a ondas curtas, lei de Rayleigh-Jeans informa que $u(\lambda)$ aumentaria indefinidamente ($u \rightarrow \infty$) quando $\lambda \rightarrow 0$, enquanto os resultados experimentais mostram que a função distribuição $u(\lambda) \rightarrow 0$ quando o comprimento de $\lambda \rightarrow 0$. Essa incoerência entre o resultado previsto pela lei de Rayleigh-Jeans e a experiência é denominado de catástrofe do ultravioleta, a qual é mostrada na figura 14.

O uso do termo catástrofe do ultravioleta é justificado analisando a equação (7) e observando que,

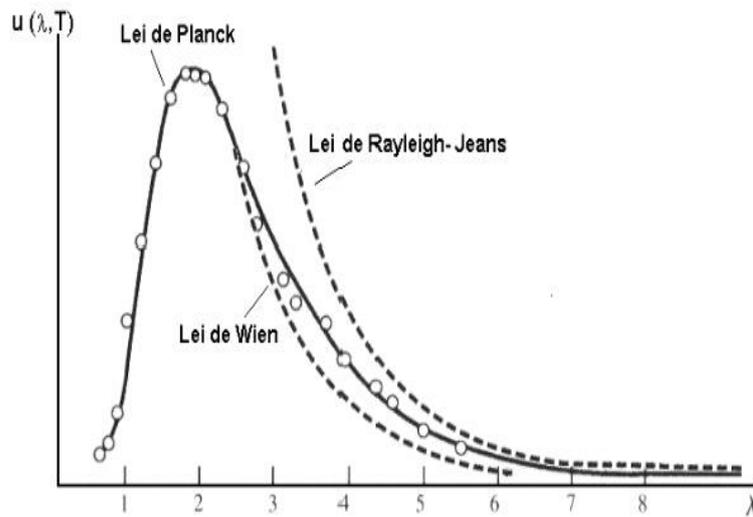
$$\int_0^{\infty} u(\lambda)d\lambda \rightarrow \infty \quad (8)$$

ou seja, a densidade de energia de qualquer corpo negro deveria ser infinita.

A energia irradiada pela Lei de Planck, em função da frequência e da temperatura pode ser determinada pela expressão seguinte:

$$u(\lambda) = \frac{8\pi hc\lambda^{-5}}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (9)$$

Figura 14 - Comparação da lei de Planck e da lei de Rayleigh-Jeans com os resultados experimentais obtidos por W.W. Coblentz.



Fonte: Mundim, K.C. (2000).

3.3.2 Fótons e Efeito Fotoelétrico

Em meados do século XIX cientistas perceberam que a luz conseguia arrancar elétrons de certos materiais e esse fenômeno é conhecido como Efeito Fotoelétrico.

Hertz, ao fazer experiências para comprovar as previsões de Maxwell sobre as ondas eletromagnéticas, acabou por descobrir o efeito fotoelétrico. Hertz percebeu que ocorria a fotocorrente, todas as vezes que a superfície metálica era iluminada. A descoberta inesperada do efeito fotoelétrico incomodou Hertz, pois interferia nos resultados que ele estava procurando, que era a comprovação das ondas eletromagnéticas de Maxwell.

Um arranjo que pode ser usado para observar o efeito fotoelétrico é mostrado na figura 15. A luz que incide sobre um metal (placa emissora) e negativamente eletrizada, libera elétrons, estes elétrons são atraídos pela placa positiva (placa coletora) e produzem uma corrente elétrica mensurável. Se, ao invés disso, eletrizar a segunda placa com uma carga negativa de valor suficiente para que ela consiga repelir os elétrons ejetados, a corrente pode ser interrompida. Pode-se, então, calcular a energia dos elétrons ejetados a partir da ddp (diferença de potencial) existente entre as placas, que é fácil de medir.

Para frear um elétron de energia cinética $K = \frac{1}{2} m_e v^2$, é preciso usar uma diferença de potencial retardado V tal que $eV = K$, onde (e) é a carga do elétron. Logo, o potencial de

freamento deve estar associado a elétrons com direção de movimento perpendicular ao catodo (placa emissora) e com energia cinética máxima $K_{m\acute{a}x} = \frac{1}{2} m_e v_{m\acute{a}x}^2$, logo:

$$\frac{1}{2} m_e v_{m\acute{a}x}^2 = eV \quad (10)$$

Pela conservação da energia, essa energia cinética máxima deve corresponder à energia fornecida pela luz (energia dos fótons), menos o trabalho W necessário para extrair um elétron da superfície, contra a força atrativa da carga positiva da carga remanescente, logo:

$$\frac{1}{2} m_e v_{m\acute{a}x}^2 = eV = E - W \quad (11)$$

O que se esperaria então, segundo a teoria eletromagnética clássica? Uma onda eletromagnética transporta energia, que é diretamente proporcional a intensidade I_0 da onda, qualquer que seja sua frequência ν . Essa energia pode ser transferida aos elétrons do catodo, pois eles são colocados em oscilação forçada pelo campo elétrico da onda.

Esperava-se que à medida que I_0 aumenta, deveria aumentar E , na equação (11), por conseguinte o potencial de freamento V . Porém não é o que se observa experimentalmente: as curvas na figura 18 mostram que o aumento de I , intensidade da luz, só aumenta intensidade i da fotocorrente (número de elétrons ejetados), sem aumentar o potencial de freamento V . No entanto, a mudança no potencial de freamento com a frequência ν não tem explicação na física clássica, figura 16. Num trabalho publicado em 1905, Einstein propôs uma teoria do efeito fotoelétrico baseada numa extensão muito mais audaciosas das ideias de Planck sobre a quantização: a de que a radiação eletromagnética de frequência ν consiste de quanta de energia

$$E = h\nu \quad (12)$$

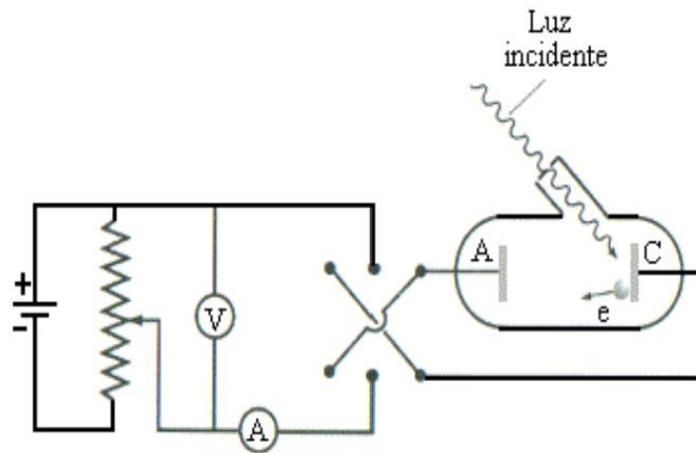
Nas palavras de Einstein, “A ideia mais simples é que um quantum de luz transfere a sua energia a um único elétron: vamos”. Com isso a equação (11) fica então

$$\frac{1}{2} m_e v_{m\acute{a}x}^2 = h\nu - W \quad (13)$$

A equação (13) é a equação de Einstein do efeito fotoelétrico. Ela explica imediatamente o aumento do potencial de freamento V . E assim fica compreendido o efeito foto elétrico.

Vale ressaltar que o efeito fotoelétrico só se observa se a radiação incidente na superfície metálica ter uma determinada frequência, que possa fornecer uma energia suficiente para que o elétron que absorva essa energia, possa vencer as forças que o mantém ligado ao átomo. Essa frequência mínima necessária é chamada frequência de corte ou limiar de frequência. Se a radiação ter frequência inferior a esse limiar, o fenômeno do efeito fotoelétrico não acontecerá, não importando o quanto a luz seja intensa

Figura 15 - Experimento de Hertz que levou a descoberta do efeito Fotoelétrico.



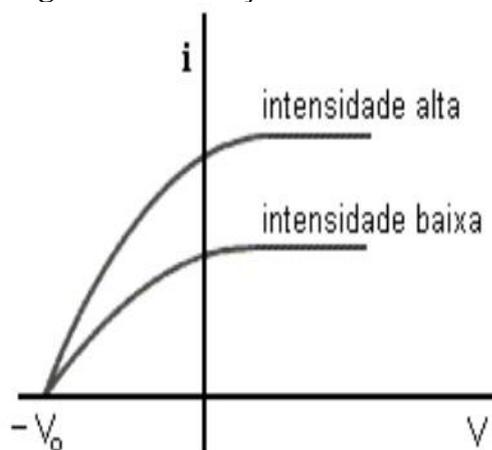
Fonte: Mundim, K.C. (2000).

Assim, por exemplo, se a função trabalho de um determinado metal é $W = 1,82 \text{ eV}$, teria para a frequência de corte:

$$\begin{aligned}
 h\nu_0 &= W \\
 4,14 \times 10^{-15} \nu_0 &= 1,82 \\
 \nu_0 &= \frac{1,82 \text{ eV}}{4,14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}} \\
 \nu_0 &= 4,39 \times 10^{14} \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Se uma radiação de frequência menor de que essa que foi encontrada no exemplo para o mesmo metal, o efeito fotoelétrico não ocorrerá.

Figura 16 - Variação de i com V .



Fonte: Mundim, K.C. (2000).

Conforme o próprio Einstein percebeu ao usar no título de seu artigo a expressão “um ponto de vista heurístico”, a equação do efeito fotoelétrico (13) não demonstra a existência de fótons: apenas pode ser interpretada dessa forma. Após a formulação da mecânica quântica, foi mostrado por Guido Beck, físico austríaco, que a relação de Einstein resultada da quantização da matéria (átomos), sendo desnecessárias para obtê-la, quantizar a radiação (fótons).

3.3.3 Efeito Compton – Espalhamento de Raios X

Comprovações de que a radiação se comporta como matéria em determinadas interações, foram feitas pelo cientista Arthur H. Compton, em 1923. Ele fez uma experiência que consagrou a previsão de que os fótons possuem energia e momento. O cientista fez incidir raios X sobre um alvo de carbono, como mostra a figura 17. Ele percebeu que o comprimento de onda da radiação espalhada era maior do que o da onda incidente.

A partir de agora, será discutido o fenômeno do efeito Compton, fenômeno este que veio para “coroar” de uma vez por todas o fato de que as ondas eletromagnéticas são compostas por fótons e este, na interação com a matéria, também tem comportamento de matéria.

Evidências mais diretas de propriedades corpusculares da luz foram obtidas entre 1919 e 1923 por Compton, observando o espalhamento de raios X monocromáticos por um alvo de grafite. Este trabalho lhe deu o prêmio Nobel de 1927.

Compton usou raios X ($\lambda = 71 \text{ pm}$). O alvo espalha a radiação incidente em todas as direções e Compton usou um espectrômetro de Bragg para raios X para fazer a análise dos raios X espalhados em diversos ângulos. Para explicar esses resultados, Compton levou às últimas consequências a hipótese de Einstein, tratando os raios X em termos de fótons, ou seja, como partículas de energia dada pela equação de Einstein, equação (12)

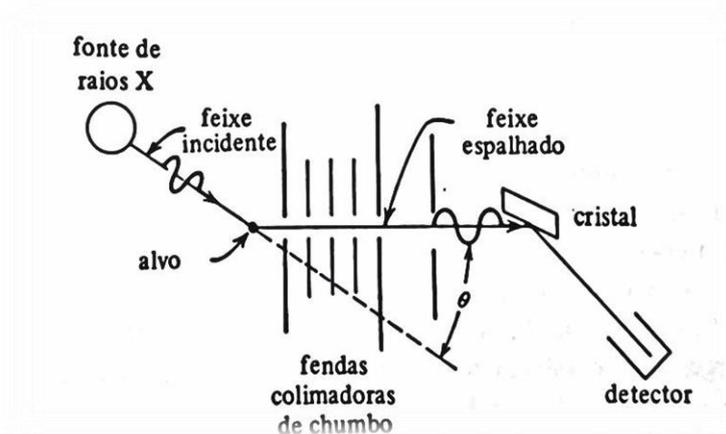
Em 1916, Einstein aumentou a compreensão sobre quantum de luz ao propor que um quantum de luz possui um momento linear (p). Se o fóton tem energia $h\nu$, o momento linear é dado por

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (14)$$

Dessa forma, quando ocorre uma interação entre um fóton e um alvo, o fóton pode transferir energia para o elétron do alvo, fazendo o mesmo adquirir uma energia que faz com que este adquira uma certa velocidade. E pela conservação da energia, essa velocidade

adquirida pelo elétron é proveniente do fóton incidente, o seja, a energia do fóton é dividida em duas partes, uma serve para fazer o elétron se deslocar e a outra serve para fazer a radiação espalhar

Figura 17 – O espalhamento de raio X em um cristal.

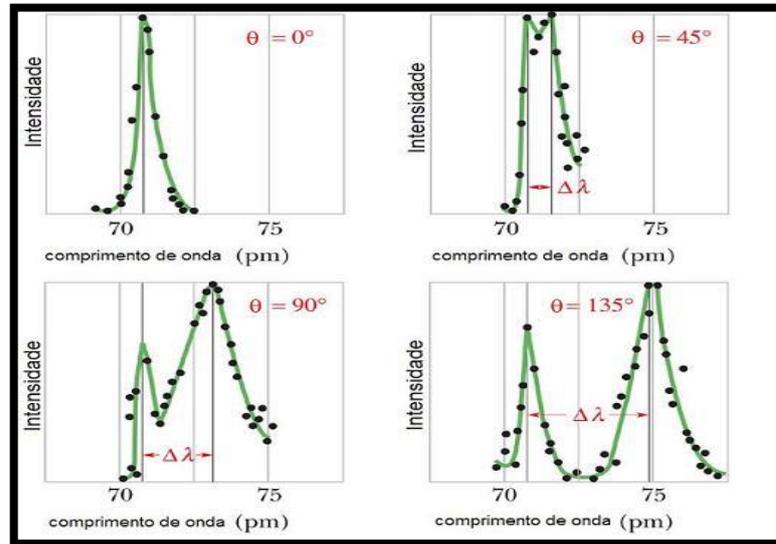


Fonte: Mundim, K.C. (2000).

A figura 18 mostra os resultados obtidos por Compton, embora exista um único comprimento de onda ($\lambda = 71,1 \text{ pm}$) no feixe incidente, os raios X espalhados contém vários comprimentos de onda, com dois picos de intensidades. Um dos picos corresponde ao comprimento de onda do feixe incidente, λ ; o outro, a um comprimento de onda λ' maior que λ . A diferença entre os comprimentos de onda dos dois picos, $\Delta\lambda$, conhecida como deslocamento Compton, depende do ângulo no qual os raios X espalhados são medidos, quanto maior o ângulo mais o valor de $\Delta\lambda$.

Os resultados mostrados na figura 18 constituem mais um mistério para a física clássica. Classicamente, o feixe incidente de raios X é uma onda eletromagnética senoidal. A força associada ao campo elétrico da onda incidente deveria fazer os elétrons do alvo oscilarem de forma senoidal. Além disso, os elétrons deveriam oscilar com a mesma frequência que a da onda e, portanto, produzir ondas com a mesma frequência que a onda incidente, como se fossem pequenas antenas transmissoras. Assim, todos os raios espalhados por elétrons deveriam ter a mesma frequência e o mesmo comprimento de onda que os raios X do feixe incidente, o que não é verdade.

Figura 18 - Diagrama mostrado a diferença do comprimento de onda entre os raios incidentes e os raios espalhados.

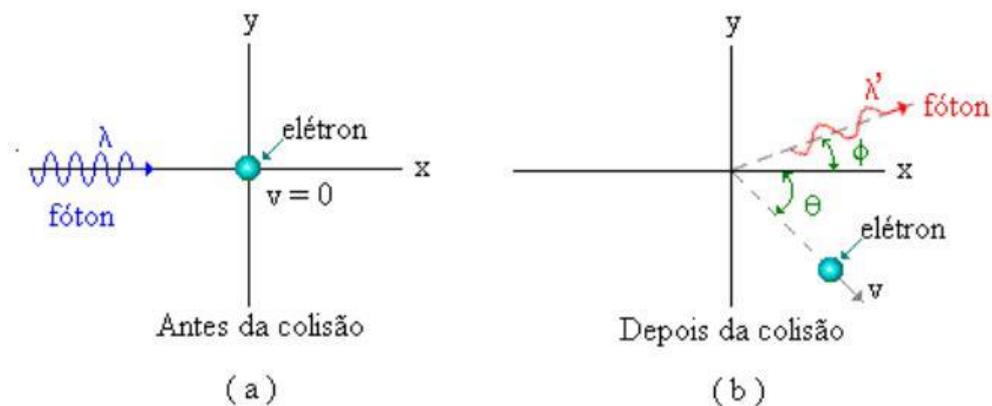


Fonte: Halliday, D. (2012).

Compton interpretou o espalhamento de raios X pelo alvo de carbono em termos de transferência de energia e momento, por meio de fótons, do feixe incidente para elétrons quase livres do alvo. A interpretação quantitativa será demonstrada a seguir, como se segue entre a colisão de um fóton e um elétron do alvo. Veja.

Considerando o plano cartesiano da figura 19, tem-se:

Figura 19 – Diagrama da conservação do momento linear na colisão.



Fonte: Mundim, K.C. (2000).

Pela conservação do momento linear \vec{p} , tem-se:

Na direção x: $p_0 = p_1 \cos\Phi + p \cos\theta$

Na direção y: $p_1 \sin\Phi = p \sin\theta$

Elevando ao quadrado essas equações, obtém-se:

$$p_0^2 - 2p_0 p_1 \cos\Phi + p_1^2 \cos^2\Phi = p^2 \cos^2\theta$$

E

$$p_1^2 \sin^2 \Phi = p^2 \sin^2 \theta$$

E somando as duas equações, encontra-se

$$p_0^2 + p_1^2 - 2p_0p_1 \cos \Phi = p^2 \quad (15)$$

A conservação da energia total relativística impõe que

$$E_0 + m_0c^2 = E_1 + K + m_0c^2$$

Portanto:

$$E_0 - E_1 = K$$

E sabendo que:

$$c(p_0 - p_1) = K \quad (16)$$

Fazendo

$$E = K + m_0c^2$$

Obtém-se:

$$(K + m_0c^2)^2 = c^2p^2 + (m_0c^2)^2$$

O que pode ser simplificado

$$K^2 + 2Km_0c^2 = c^2p^2$$

Ou ainda

$$\frac{K^2}{c^2} + 2Km_0 = p^2$$

Substituindo p^2 e K na expressão acima, obtém-se:

$$(p_0 - p_1)^2 + 2m_0c(p_0 - p_1) = p_0^2 + p_1^2 - 2p_0p_1 \cos \Phi$$

Que se reduz a

$$m_0c(p_0 - p_1) = p_0p_1(1 - \cos \Phi)$$

Ou

$$\frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_0} = \frac{1}{m_0c}(1 - \cos \Phi)$$

Multiplicando pela constante de Planck (h) e considerando que o momento linear pode ser escrito $p = \frac{h}{\lambda}$, obtém-se a equação de Compton

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos \Phi) \quad (17)$$

Na equação (7), as grandezas h , m_e e c são, respectivamente, constante de Planck, massa do elétron e velocidade da luz no vácuo. O termo $\frac{h}{m_0c}$ que aparece na equação (14) é conhecido como comprimento de onda Compton, podendo ser representada apenas por λ_c , dada por

$$\lambda_c = \frac{h}{m_0c} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{Js}}{9,1 \times 10^{-31} \text{kg} \cdot 3,0 \times 10^8 \text{m/s}} = 2,43 \times 10^{-12} \text{m} = 2,43 \text{ pm}$$

CAPÍTULO 4

MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados na intervenção didática com o uso das ferramentas do software *Modern Physics*, visando à investigação interativa da teoria e prática, no ensino sobre conceitos relacionados à física moderna. Foram realizadas as aulas teóricas subsidiadas com o uso do aplicativo, bem como foram aplicados questionários e avaliações visando medir o grau de melhorias obtidas no aprendizado dos alunos com o uso da ferramenta computacional.

Esse trabalho foi realizado com turmas de Física do terceiro ano do Ensino Médio em na escola da rede pública estadual da cidade de Marabá, E.E.E.M. Plinio Pinheiro. Para a realização do trabalho foram adotadas as seguintes etapas:

- ✓ Aplicação de um questionário (triagem) sobre os conceitos de física moderna para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos;
- ✓ Separar as turmas em dois grupos, sendo que no grupo que ficou denominado GRUPO A, foram ministradas aulas sobre física moderna com uso do Software *Modern Physics* visando maximizar o aprendizado. A turma piloto (onde foram ministradas apenas aulas tradicionais) foi denominada GRUPO B.
- ✓ Realizar avaliações em ambos os grupos para verificar a evolução do aprendizado;
- ✓ Entrevistar os professores das disciplinas sobre o uso de software nas aulas de Física Moderna.

4.2 A ESCOLA

A E.E.E.M. Plinio Pinheiro (figura 20) está localizada no bairro Marabá Pioneira, Travessa Santa Terezinha, número 274 Centro. O trabalho foi feito com três turmas, totalizando 105 alunos. A escola funciona nos três turnos (matutino, vespertino e noturno).

Figura 20 – E.E.E.M Plínio Pinheiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.3 O USO DO APLICATIVO NAS TURMAS

Na E.E.E.M. Plinio Pinheiro as três turmas estão distribuídas da seguinte forma:

- ✓ Uma turma no período matutino (A);
- ✓ Uma turma no período vespertino (B);
- ✓ Uma no período noturno (C).

4.3.1 O uso do Software *Modern Physics*

No software *Modern Physics* é possível fazer cálculos e plotar gráficos relacionados a tópicos de física moderna para alunos de nível médio. Essa ferramenta é de suma importância para o professor ensinar os conceitos de maneira muito eficaz. No referido aplicativo, o aluno poderá fazer análises sobre a radiação térmica, o efeito fotoelétrico e o efeito Compton. Foram realizados vários cálculos e plotagem de gráficos para que os alunos fizessem comparações e, conseqüentemente, ter um melhor aprendizado destes temas da Física Moderna.

4.3.2 Radiação Térmica

Irradiação térmica é a radiação eletromagnética emitida por um corpo em qualquer temperatura, constituindo uma forma de transmissão de calor, ou seja, por meio deste tipo de radiação ocorre transferência de energia térmica na forma de ondas eletromagnéticas. Exemplos de radiação térmica incluem a luz visível e a luz infravermelha emitidas por uma lâmpada

incandescente, a radiação infravermelha emitida por animais e detectada por câmeras de infravermelho

4.3.3 Objetivos

- ✓ Mostrar a relação entre o comprimento de onda em um corpo negro e a temperatura absoluta (em Kelvin) no Software Modern Physics;
- ✓ Mostrar a relação da intensidade da radiação com frequência e temperatura;
- ✓ Analisar o gráfico da intensidade da radiação em relação a temperatura;
- ✓ Analisar graficamente o que acontece com a frequência da energia irradiada em função da temperatura e da frequência;
- ✓ Analisar o fenômeno da radiação de corpo negro.

4.3.4 Metodologia

- ✓ Organizar os alunos em grupo (dez alunos);
- ✓ Levar os alunos a conhecer as variáveis, como frequência e comprimento de onda no Modern Physics no computador;
- ✓ Manipular a frequência e temperatura para fazer comparações do fenômeno da radiação térmica, usando o Modern Physics.

4.3.5 Efeito Fotoelétrico

Na visão de Einstein, o efeito fotoelétrico acontece quando cada fóton incidente cede sua energia a um único elétron do metal. Parte dessa energia é usada para arrancar o elétron da placa de metal. A essa parcela de energia ele denominou Função trabalho do material. O restante da energia do fóton incidente aparecerá na forma de energia cinética do fotoelétron.

4.3.6 Objetivos

- ✓ Compreender a relação entre a frequência mínima e a ocorrência do efeito fotoelétrico, usando o Modern Physics;
- ✓ Mostrar que a intensidade luminosa não interfere na ocorrência do fenômeno efeito fotoelétrico, mas apenas aumenta o número de elétrons ejetados, mostrando também que, se a radiação incidente não tiver uma frequência mínima, o efeito fotoelétrico não ocorrerá;
- ✓ Analisar a dependência da energia cinética com a frequência;

- ✓ Analisar graficamente a dependência das variáveis, corrente, intensidade, energia e frequência;
- ✓ Analisar o fenômeno efeito fotoelétrico, também sobre a relação entre frequência mínima e a função trabalho (energia mínima necessária que o fóton deve ter para que um elétron seja ejetado);
- ✓ Fazer o aluno perceber que se a energia fornecida pelo fóton for maior que a função trabalho, o restante da energia se converterá em energia cinética do elétron.

4.3.7 Metodologia

- ✓ Organizar os alunos em grupo;
- ✓ Levar os alunos a conhecer as variáveis, como frequência e comprimento de onda, dos fótons incidentes no efeito fotoelétrico;
- ✓ Usar várias frequências do espectro eletromagnético para exemplificar o que acontece com a energia cinética dos elétrons após serem ejetados;
- ✓ Visando levar os alunos interagir com o conteúdo, foram feitas perguntas como: O que acontece com o número de fotoelétrons e sua energia cinética se aumentar a intensidade luminosa? Os alunos se apresentaram um pouco tímidos ao tentar responder essa pergunta, mas, após manipularem o software, responderam com clareza e com convicção. Outra pergunta feita foi: O que acontece com a energia cinética média dos fotoelétrons quando aumenta a frequência? Quais as condições para que aconteça o efeito fotoelétrico?

4.3.8 Efeito Compton

Em física, efeito Compton ou o espalhamento Compton é a diminuição de energia (aumento de comprimento de onda) de um fóton, tipicamente na faixa de raios-X ou de raio gama, devido à interação com a matéria; de particular importância devido à interação com elétrons livres.

4.3.9 Objetivos

- ✓ Mostrar a função das variáveis sobre o efeito Compton no software *Modern Physics*;
- ✓ Mostrar a relação do ângulo de incidência da radiação com o elétron e o novo comprimento de onda;
- ✓ Analisar graficamente o efeito Compton;

- ✓ Analisar o fenômeno efeito Compton, através de resultados dos cálculos feitos por meio do Modern Physics, mostrando que a radiação pode se comportar como matéria nas interações, e conseqüentemente, mostrar que os fótons da radiação incidente têm comportamento dual, ou seja, na interação com o elétron, a radiação se comporta como matéria.

4.3.10 Metodologia

- ✓ Organizar os alunos em grupo;
- ✓ Levar os alunos a conhecer o motivo pelo qual o comprimento de onda da radiação muda após a colisão com o elétron, mostrando que o motivo dessa mudança no comprimento de onda da radiação espalhada é devido a transferência de energia do fóton para o elétron após a colisão;
- ✓ Obter os gráficos do efeito Compton em função do ângulo de incidência entre a radiação e o elétron, fazendo com que os alunos compreendam o fenômeno de forma clara e objetiva.

Diante da aplicação dessa metodologia, os alunos se mostraram com mais estímulo para aprender. Ficou evidenciado que essa ferramenta didática facilita a interação entre professor e aluno, e auxilia o professor a explanar e dinamizar a aula com mais facilidade em um tempo reduzido. E o conteúdo de física moderna se torna de fácil compreensão, levando os discentes a compreenderem temas relacionados a radiação térmica, efeito fotoelétrico e efeito Compton e, mostrando ainda que a tecnologia atual é em grande parte fruto dessa física moderna. Nesse sentido, os alunos deixam de ser apenas meros ouvintes de conteúdo dado em sala de aula, mas passam a ser agente construtor do seu conhecimento e compreender muitos fenômenos relacionados com a física moderna, como por exemplo, conseguem entender o motivo pelo qual os sensores das lâmpadas dos postes de luz de uma cidade deixam a lâmpada se acender a noite e apagar durante o dia.

4.4 COLETA DE DADOS

Os instrumentos avaliativos utilizados foram um questionário inicial (triagem), uma prova avaliativa e um segundo questionário. A seguir serão comentadas essas etapas.

4.4.1 Questionário Inicial

Foi aplicado um questionário inicial de múltipla escolha (Apêndice A) com sete questões sobre o tema física moderna a fim de verificar os conhecimentos prévios dos alunos.

4.4.2 Prova Avaliativa

Aplicou-se uma prova avaliativa com sete questões (Apêndice B) abrangendo os conteúdos de física Moderna (radiação térmica, efeito fotoelétrico, efeito Compton) em concordância com o bimestre do ano letivo da escola. Por conseguinte, a intenção é de coletar dados analíticos que mostrem a eficiência e contribuições dessa ferramenta didática no ensino aprendizagem de física moderna.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão abordados os resultados obtidos através das intervenções realizadas nas turmas.

5.1 PRIMEIRA TURMA

5.1.1 Questionário A

Esse questionário, que se encontra no apêndice A desta dissertação, mostra que em relação a física, 26 % dos alunos disseram gostar da disciplina, enquanto 33 % disseram não gostar e outros 34 % disseram gostar em parte (“Em parte, por que tenho um pouco de dificuldade”). Relacionado a isso, 54% dos alunos disseram estudar os conteúdos de física em casa apenas às vezes e somente 32% disseram estudar quase sempre. Quanto as aulas de física, 97% dos alunos afirmaram que o professor ministra as aulas apenas usando o quadro e o livro e somente 3% disseram que além do quadro o professor usa também o aparelho de projeção (*Datashow*).

Quando questionados sobre as aulas envolvendo *software* para o ensino de física 98% dos alunos alegaram que nunca tiveram aulas com o uso de aplicativo ou software na disciplina de física, e os outros 2% disseram que o professor faz apenas algumas demonstrações com simuladores sobre física em sala de aula. Ainda sobre as aulas destes alunos, 80% deles disseram que o professor da disciplina nunca usou qualquer tipo de simulador durante as aulas, 10% afirmaram não gostar de estudar usando computador e outros 10% disseram usar apenas em casa para tentar compreender um pouco mais sobre a disciplina, particularmente, sobre Física Moderna.

Ao responderem sobre participação durante as aulas, 8% alegaram não participar das aulas por que o professor não abre espaço para discussão, 30% alegaram não participar por não gostarem de falar na presença dos colegas, enquanto 27% disseram participar por meio de perguntas apenas quando tem dúvidas, 17% apenas quando o professor faz perguntas e outros 18% disseram participar em um diálogo aberto com o professor.

Quanto ao questionamento referente a importância da disciplina física a decima, 92% dos alunos reconhecem que a disciplina de física é importante para suas vidas, porém a grande maioria dos alunos atribuem sua importância ao uso destes conteúdos nos estudos posteriores

(“Sim, pois talvez eu terei disciplinas envolvendo física na universidade”) e foram poucos os alunos que atribuíram sua importância a compreensão dos fenômenos naturais presentes no dia a dia (“Sim, porque a física quase sempre está em nosso dia a dia”)

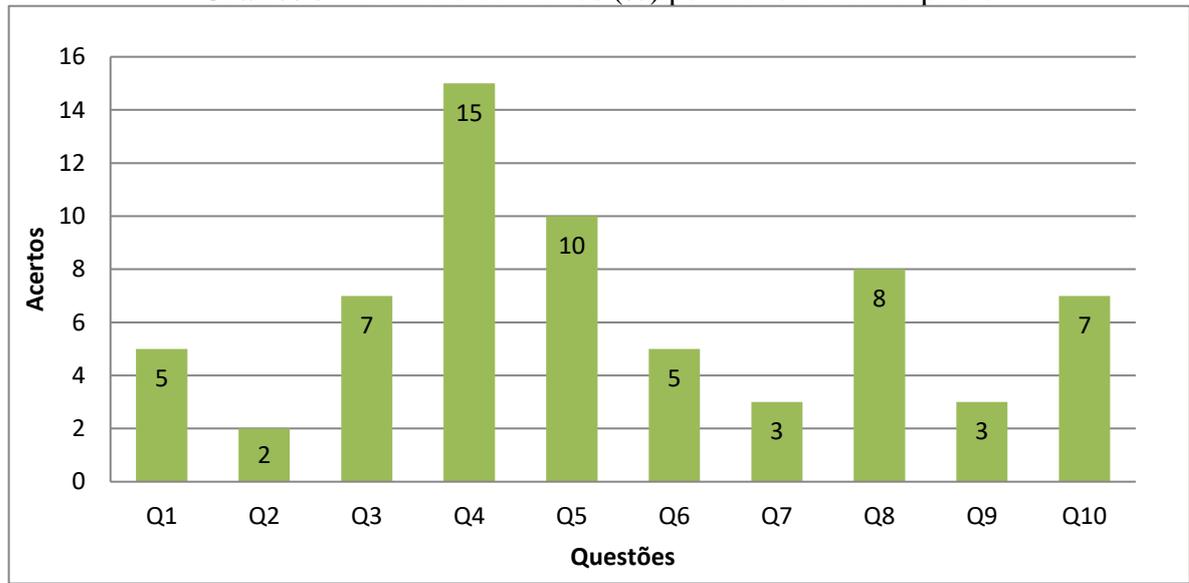
A resposta dos alunos com relação a pergunta se eles gostam da disciplina física, mostrou que uma grande parte deles não gostam de tal disciplina mostrando-se, portanto desinteressados por esta disciplina em função da não compreensão dos temas relacionados a ela. Nas respostas do questionário A, também foi evidente que os alunos não têm interesse em estudar tal disciplina em casa, pois acham de difícil compreensão, e isso faz com que aumente o número de alunos que terminam o ensino médio sem ter compreendido o básico dos conteúdos de física.

Outra situação identificada nas respostas fornecidas pelos alunos sobre o processo de ensino é que, os professores na sua grande maioria não utilizam nenhum tipo de ferramenta tecnológica nas suas aulas de física. Isso é preocupante no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagens nas escolas de nível médio. Essa falta de uso de software para ensinar física, como o Modern Physics, pode levar o aluno a um total desinteresse e, conseqüentemente, achar que a física é sempre uma disciplina de difícil entendimento.

As respostas dadas no questionário A são de fundamental importância para perceber que a situação do ensino de física está muito inferior em relação ao que se espera do ensino, pois vive-se na geração da tecnologia, mas as aulas de física ainda deixam muito a desejar.

5.1.2 Avaliação

A figura 17 mostra um gráfico do número de acertos de cada questão da prova aplicada (Apêndice B). Na referida prova, para os alunos da turma “piloto”, na qual não foi usado o aplicativo Modern Physics, apenas aula tradicional, o rendimento dos alunos foi muito inferior em comparação com o rendimento dos alunos que tiveram aula com o uso do aplicativo para ensino de Física Moderna. No diagrama a seguir, foi colocado a porcentagem de acerto e o número de alunos que acertaram cada questão, respectivamente.

Gráfico 3 – Número de acertos (%) por aluno da turma piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Como se pode ver no gráfico 3, o número de acerto foi consideravelmente baixo, principalmente nas questões que envolvem o efeito fotoelétrico e efeito Compton (questões 2, 7 e 9). As questões 4, 5 e 8, foram as questões que obtiveram maior número de acertos, porém mais da metade da turma ainda teve o rendimento baixo.

Outra informação importante que pode ser obtida deste questionário é a média dos alunos e a média da turma.

Os resultados apresentados no diagrama da figura 17, mostram que a falta de uso do aplicativo, levou os alunos a terem um baixo rendimento na prova aplicada, pois tiveram apenas aula de forma tradicional. Nesse sentido é importante destacar a importância do uso de ferramentas tecnológicas, como *Modern Physics*, para o ensino de física moderna no ensino médio.

Percebe-se também que a média da turma foi muito baixa, mostrando que a falta de uso de outros meios para o ensino, além das aulas tradicionais, é um dos grandes responsáveis pela dificuldade no ensino de física moderna no ensino médio. Portanto, se torna indispensável ensinar física moderna sempre com o uso de tecnologias, como o produto educacional desenvolvido nesta dissertação.

5.2 SEGUNDA TURMA

Na segunda turma foram utilizadas aulas teóricas expositivas e uso do aplicativo *Modern Physics*, onde o professor apresentou o aplicativo e sua utilidade para compreensão do tema de Física Moderna.

5.2.1 Questionário A

Quanto a disciplina de física, 13% afirmaram não gostar da disciplina (“porque é não vejo relação com o cotidiano”; “por que não consigo entender”), 30 % afirmaram que gostam (“pois tem muita tecnologia envolvida”; “é uma matéria que faz a gente compreender o mundo que vivemos”) e outros 57% disseram gostam de algumas partes (“porque é muito complexo e alguns assuntos são chatos de se trabalhar, outros são bem legais”; “pois a parte conceitual da física é interessante, mas odeio cálculo”).

O fato de gostar ou não da disciplina influencia diretamente nos estudos e na dedicação a disciplina, por isso, 92% dos alunos afirmaram não estudar em casa ou estudar apenas as vezes ou ainda só no dia da prova. Isso cabe ao professor procurar meios para que as aulas sejam mais interativas e interessantes. A esse respeito, 92% dos alunos, o professor ministra as aulas usando apenas o quadro e talvez por isso os alunos acham as aulas de física “chatas” e de difícil entendimento.

Quanto ao uso de aplicativos para o ensino de física moderna, 88% dos alunos afirmaram que nunca tiveram aulas com aplicativos na escola da disciplina de física e apenas 7% disseram que o professor já fez demonstrações de experimentos, os outros 12% falaram que preferem resolução de exercícios. Em relação a questão sobre os simuladores ou uso de aplicativos, 91% dos alunos disseram que o professor nunca usou um simulador ou aplicativo em sala de aula e 9% disseram usar apenas simuladores em casa para estudar.

Já em relação da interatividade em sala de aula, 30% dos alunos disseram não participar das aulas, 54% disseram que participam apenas quando têm dúvidas e apenas 14% afirmaram que participam das aulas em um diálogo aberto com o professor. Sobre a percepção dos alunos quanto a importância da disciplina de física, 53% disseram que a mesma é importante para suas vidas (“sim, pois aprendemos coisas uteis para nossa vida”; “sim, pois estudaremos física também na universidade”; “sim, porque a física está em quase tudo”) e o restante afirmou que não (43%) (“sinceramente não, pois o curso que quero não precisa da matéria”; “não, só para quem for fazer engenharia, se não for o caso, a resposta é não”). Poucos os alunos que disseram que os conteúdos de física são importantes em todos os aspectos.”)

Nessa segunda turma, a aplicação do questionário A evidenciou que muitos deles não gostam da disciplina, daí o desinteresse pela física em função da não compreensão dos temas relacionados. Nas respostas, também foi verificado que os alunos não têm interesse em estudar tal disciplina em casa, pois acham de difícil entendimento estudar sozinhos, e isso faz com que

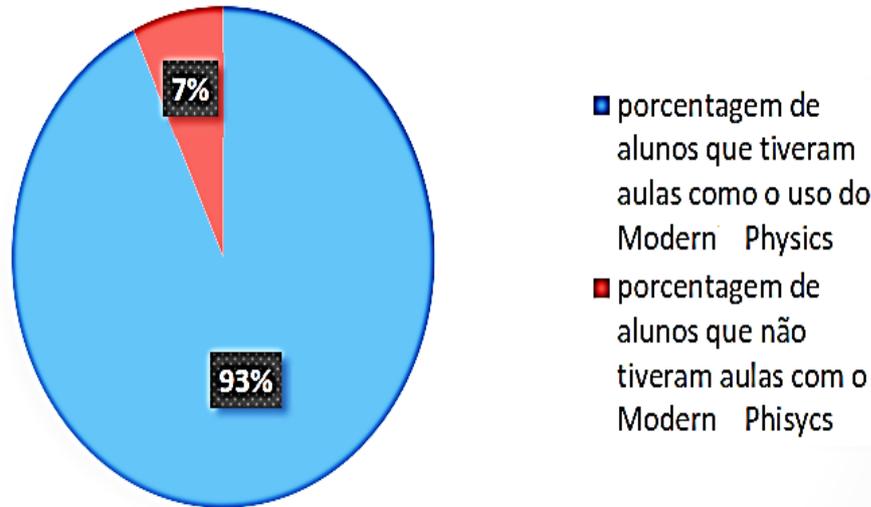
aumente o número alunos que terminam o ensino médio sem ter compreendido o básico dos conteúdos de física.

Foi identificado nas respostas fornecidas pelos alunos sobre o processo de ensino que os professores, na sua grande maioria, não utilizam nenhum tipo de ferramenta tecnológica nas suas aulas de física. E isso é, no mínimo, preocupante no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagens nas escolas de nível médio. Essa falta de uso da tecnologia para ensinar física, leva o aluno a um total desinteresse e, conseqüentemente, achar que a física é sempre uma disciplina de difícil compreensão. As respostas dadas no questionário A são de fundamental importância para perceber que a situação do ensino de física está precisando ser feita com o uso de aplicativos voltados para o ensinar física, pois vive-se na geração da tecnologia, mas as aulas de física no ensino médio ainda deixam muito a desejar, no que se refere a utilização da tecnologia.

5.2.2 Avaliação

Pela análise dos dados coletados da prova aplicada (Apêndice B), esta segunda turma obteve um resultado melhor do que a primeira turma, mas houve certa dificuldade dos alunos na resolução das questões que envolviam cálculos, que envolvem a compreensão do tema de Física Moderna, mais especificamente, sobre os cálculos de efeito fotoelétrico e efeito Compton. Mas no geral houve uma melhora significativa no rendimento dos alunos. Os alunos também tiveram um melhor desempenho nas questões que são questões de caráter teórico de menor complexidade e que depende muito mais da atenção durante a leitura, pois suas respostas já estão nas entrelinhas da própria pergunta. De acordo com o diagrama a seguir (figura 18), faz-se uma comparação com os resultados obtidos na turma piloto (turma esta que teve apenas aulas teóricas e não teve aulas como o aplicativo *Modern Physics*) e a turma que teve aula com o uso do aplicativo *Modern Physics*.

Gráfico 4 – Comparações entre os resultados dos Grupos A e B.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

5.3 TERCEIRA TURMA

Na terceira turma foram aplicados também os dois questionários, começando pelo questionário A, cujos dados serão apresentados seguir

5.3.1 Questionário A

Ao serem questionados se estudavam a disciplina em casa, 91% disseram estudar apenas “as vezes” ou “apenas no dia da prova” ou ainda não estudavam a disciplina em casa e apenas 7% afirmaram estudar quase sempre. Apenas 29% dos alunos afirmaram não gostar da disciplina, enquanto que 21% disseram gostar (“sim, pois é uma matéria que eu me identifico”; “sim, a disciplina é interessante, embora as vezes seja um pouco complexa e eu não consiga entender muito bem”) e 48% afirmaram gostar “em parte” da disciplina (“em parte, por que as vezes não entendo o assunto”; “em parte, pois quando acho interessante o assunto busco mais detalhes”; “em parte, as vezes eu consigo compreender, então gosto. Quando não consigo entender mesmo me dedicando, não gosto”).

Na questão que perguntava qual era a forma que o professor ministrava suas aulas, 97% dos alunos da turma disseram que o professor da disciplina ministra as aulas apenas no quadro e 3% afirmou que o professor também usa materiais alternativos. Isso é preocupante, uma vez, que destes alunos 90% afirmaram que nunca tiveram qualquer experimento nas aulas de física, e apenas 7% disseram que já viram experimentos demonstrativos ou que raramente isso ocorre 3%. Isso é ainda mais preocupante quando se analisa o uso de simuladores ou aplicativos em

sala de aula, 97% disseram que o professor nunca usou esse tipo de recurso e somente 3% disse usar simuladores em casa para estudar.

Por fim, 83% dos alunos disseram achar importante a disciplina de física para suas vidas (“sim, por que nos auxilia em várias coisas no nosso dia a dia”; “sim, por que a física faz parte do nosso dia a dia”; “sim, pois física está relacionada a quase tudo”), enquanto outros 17% disseram não (“não, pois nunca vou usar física”; “não, pois não é uma disciplina que faz parte do curso que desejo”).

Na turma, o resultado do questionário mostrou que uma grande parte deles não gostam de tal disciplina também e com isso revelando a falta de estímulo para compreenderem a física. Nas respostas, também se verificou que os alunos não têm interesse em estudar tal disciplina em casa, pois acham de difícil compreensão estudar sozinhos, e isso faz com que aumente o número alunos que terminam o ensino médio sem ter compreendido o básico dos conteúdos de física.

Identificou-se nas respostas fornecidas pelos alunos sobre o processo de ensino que os professores, na sua grande maioria, não utilizam nenhum tipo de ferramenta tecnológica nas suas aulas de física. E isso é, no mínimo, preocupante no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagens nas escolas de nível médio. Essa falta de uso da tecnologia para ensinar física, leva o aluno a um total desinteresse e, conseqüentemente, achar que a física é sempre uma disciplina de difícil compreensão. As respostas dadas no questionário A são de fundamental importância para perceber que a situação do ensino de física está precisando ser feita com o uso de aplicativos voltados para o ensinar física, pois vive-se na geração da tecnologia, mas as aulas de física no ensino médio ainda deixam muito a desejar, no que se refere a utilização da tecnologia.

5.3.2 Avaliação

Nessa avaliação, como ocorrido na 1ª e 2ª turma, os alunos tiveram um menor desempenho nas questões que envolviam cálculos, sobre o efeito fotoelétrico e efeito Compton, tendo um melhor desempenho nas questões de caráter teórico (questões que no geral apresentam uma menor complexidade), isso mostra que a metodologia usada pelo professor (aula expositiva pouco dialogada) não permite a total compreensão de alguns conceitos de Física Moderna.

Na comparação por aluno, a média de suas notas foi muito baixa ($\bar{x} = 2,3$ pontos) e embora nenhum aluno tenha zerado o teste, mais de 12% dos alunos acertaram apenas uma questão. As notas entre os alunos também foram bem irregulares ($\sigma = 1,1722$ e $\sigma^2 = 1,3276$),

isso mostra que uma boa parcela da turma não conseguiu acompanhar o conteúdo e que talvez a metodologia usada não tenha sido a mais adequada.

Os resultados apresentados, mostram que o uso do aplicativo para o ensino de física moderna, levou os alunos a terem um bom rendimento na prova aplicada para os alunos que tiveram aulas com o uso do *Modern Physics*, mostrando dessa forma que se for ministrada aula tradicional e com o uso do aplicativo *Modern Physics*, a compreensão dos alunos em relação a física moderna aumenta bastante, como mostra o diagrama da figura 18. Nesse sentido é importante perceber que é de suma importância o uso de ferramentas tecnológicas, como *Modern Physics*, para o ensino de física moderna no ensino médio.

Percebe-se também que a média da turma foi maior ($\bar{X} = 2,3$) em comparação com a primeira turma ($\bar{X} = 1,78$), mostrando de forma clara que uso de outros meios para o ensino, além das aulas tradicionais, faz com que os alunos compreendam melhor a física moderna. Portanto, se torna indispensável ensinar física moderna sempre com o uso de tecnologias, como o produto educacional, que é tema desta dissertação.

5.4 INTERVENÇÃO PRATICADA NA 3ª TURMA

Durante a intervenção na 3ª turma, fez-se uso do aplicativo *Modern Physics* durante as aulas teóricas de cada assunto.

Na realização das aulas, os alunos passaram a participar mais ativamente das aulas com o uso do *Modern Physics* manipulando o aplicativo em grupo, tabelando dados e plotando gráficos juntamente com o professor.

5.4.1 Análise do Rendimento da 3ª Turma após a Intervenção com o Aplicativo *Modern Physics*

Para analisar os resultados desta intervenção foi aplicado o questionário, onde foi avaliado o ganho teórico obtido pelos alunos. Na tabela 1 é apresentado a porcentagem de acertos por questão, por ela é possível perceber que o desempenho dos alunos foi bom em todas as questões, muito embora o resultado mais baixo ainda tenha ficado na 8ª questão.

Tabela 1 –Desempenho dos alunos com o uso do aplicativo e sem o uso do aplicativo.

Questão	Com o aplicativo (%)	Sem o aplicativo (%)
1	84,4	56,6
2	97,1	43,3
3	97,1	73,3
4	100	33,3
5	98,5	40
6	76,8	73,3
7	95,6	40
8	57,9	26,67
9	98,5	30
10	98,5	33,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

No questionário referente a qualidade dos materiais e metodologias utilizados, 78 % dos alunos passaram a acreditar que os conceitos de Física Moderna são importantes para suas vidas, enquanto outros 22% disseram ser apenas em parte, em estudos posteriores. Quanto a compressão do assunto, apenas 3% disseram não ter compreendido, enquanto que 50% afirmaram que sim, e 47% disseram que em parte, pois admitiram que algumas coisas eles não entenderam muito bem. Relacionado a isso, apenas 7% disseram não ter conseguido conectar o que viram em sala com o seu dia a dia, 68% disseram ter conseguido relacionar e 25% disseram relacionar apenas alguns assuntos.

No que se refere ao uso do aplicativo *Modern Physics*, 92% dos alunos acharam interessantes, outros 8% disseram que gostaram “em parte” por não ter conseguido compreender bem. E 85% dos alunos disseram que o uso do aplicativo foi importante para o entendimento do assunto, 11% disseram que eles contribuíram “em parte” e 4% disse que não contribuíram, pois o mesmo não conseguiu compreender.

Já em relação a metodologia usada pelo professor, 68% dos alunos gostaram e admitiram que a mesma os motivou a estudar e que foi de suma importância para que eles pudessem compreender o assunto, 23 % disseram que ela contribuiu em parte, e 10% argumentaram que por não gostar da disciplina não se sentiram motivados. Por isso, 82 % dos alunos ao se identificar com tudo que foi apresentado, disseram que gostariam de estudar física a partir do uso do aplicativo e computacionais (da forma como foi trabalhado), 13% falaram que gostaria de estudar apenas com materiais alternativos e 4% disseram que gostariam de estudar apenas com aulas teóricas, talvez por não ter se adaptado a nova ideia.

5.5 O PONTO DE VISTA DOS PROFESSORES

Uma pesquisa também direcionada aos professores, com o objetivo de conhecer suas opiniões. Para isso foi aplicado um questionário também aos professores, o qual será discutido a seguir. Foram ouvidos 3 professores, o professor A que lecionava a disciplina de física a 1ª turma, o professor B à 2ª e o professor C à 3ª turma. Apenas o professor A não era formado na área em que lecionava. Todos eles disseram que durante as suas graduações, foram poucas vezes que tiveram aulas com o uso de aplicativos ou simuladores. Esta realidade existente na formação docente, em alguns casos, fomenta um ciclo de ensino que presa as aulas teóricas e as resoluções de exercícios em detrimento das aulas com aplicativos e simuladores.

Muito embora, todos os professores tenham admitido que as aulas com aplicativos e simuladores contribuem para o processo de ensino-aprendizado (resposta do professor A: “sim, pois facilita não só a entender, como também a percepção dos conteúdos melhora”; professor B: “sim, pois a visualização de alguns fenômenos se torna de fácil compreensão com as simulações”). Todos disseram que não realizam aulas com o uso de aplicativos durante as aulas de física (professor A: “o laboratório de informática não tem simuladores instalados ou aplicativos que possam ser usados”; professor B: “não, pois o tempo é muito curto”; professor B: “não, pois a internet é lenta e o tempo disponível é curto para utilização de simuladores online”; professor C: “não, pois a ideia é ministrar conteúdo teórico voltado para o ENEM”).

E quando questionados sobre as dificuldades dos alunos, o professor A classificou o desempenho dos alunos como “regular” e afirmou que os alunos apresentam dificuldades na disciplina pela falta de aulas com o uso de aplicativos ou simuladores; o professor B classificou também o desempenho dos alunos como “regular” e disse que o grande problema seria a falta de modernização; e o professor C classificou o desempenho dos alunos como “bom” e disse que a principal dificuldade dos alunos está na falta de habilidade com o uso da tecnologia, pois os alunos não tem um bom conhecimento sobre a aplicação da tecnologia.

5.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Verificando os resultados apresentados em todos os questionários e avaliações aplicados até então, tem-se que 105 alunos participaram da pesquisa e que desde que 24% disseram não gostar da disciplina de física e que 84% dos alunos não estudam a disciplina em casa ou estudam apenas as vezes ou ainda somente no dia da prova. Estes resultados indicam um

descontentamento com a forma como a disciplina de física vem sendo ministrada, e isso se reflete diretamente na motivação que os alunos têm em estudar a disciplina e se dedicar as aulas.

No que diz respeito das aulas na disciplina, 93% de todos os alunos disseram que o professor usa apenas o quadro e o livro didáticos como recurso, 78% disseram que nunca viram qualquer tipo de uso de simuladores ou aplicativos durante as aulas, 92% afirmaram que o professor nunca trabalhou a disciplina fazendo uso de simuladores e apenas 16% dos alunos falaram que se sentem à vontade para participar das aulas em um diálogo aberto com o professor. Esses números mostram que as aulas de física são caracterizadas por uma metodologia expositiva, pouco dialogada e com quase nenhum uso de aplicativos e simuladores que preze a consolidação do conhecimento na estrutura cognitiva do aluno.

O baixo rendimento das turmas no questionário B, indica que o método e os materiais usados pelos professores durante as aulas sobre Física Moderna, foram pouco eficientes para a produção de um aprendizado significativo dos alunos e que questões que envolvem um maior conhecimento sobre efeito fotoelétrico e efeito Compton foram as que obtiveram os menores números de acertos em todas as turmas, ou seja, a prática de ensino vigente não promove um conhecimento sólido a respeito destes elementos, por serem abstratos e não contemplados pelo aluno durante as aulas ou mesmo em seu cotidiano.

É necessário, portanto novas práticas de ensino que enfatizem esses elementos, sobretudo em aulas de Física Moderna, onde o aluno possa contemplar e estudar por meio de metodologias que usem aplicativos e simuladores atuais e eficientes.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível observar a dificuldade que os alunos têm em relação ao ensino de física moderna no ensino médio, pois as aulas ainda são dadas de forma tradicional e sem o uso da tecnologia para ajudar na compreensão do tema.

Muitos professores, também, que atuam no nível médio da educação básica não tem habilidades suficiente para desenvolver o conteúdo de forma clara e dinâmica.

A presente dissertação também mostrou o quanto o uso de um aplicativo para ensinar Física Moderna faz com que o desempenho dos alunos aumente consideravelmente no que diz respeito aos temas de Física atual. Nesse sentido vale ressaltar que, ainda falta muito para se chegar a um bom desenvolvimento educacional em ciências, pois ainda existem vários problemas relacionado com uso da tecnologia em sala de aula, existindo escolas que não tem laboratório de informática, e quando tem os computadores não servem mais.

Nas aulas que foram dadas com o uso do aplicativo desenvolvido, percebeu-se que os alunos entenderam com mais facilidades o tema da aula, tendo como consequência imediata, o interesse do aluno pelas aulas de física, levando-os a uma boa aprendizagem em relação ao tema.

Assim, chega-se à conclusão que o processo de ensino-aprendizagem ocorreu com mais facilidade ao usar a tecnologia, mais precisamente, o aplicativo desenvolvido. Nesse sentido faz-se necessário salientar que é preciso intensificar a utilização de aplicativos para ensinar física nas escolas de ensino médio, pois isso facilita de forma vertiginosa o ensino e a compreensão dos temas relacionados.

Portanto, na vida moderna que temos hoje, é necessário que as escolas de ensino médio se adaptem as novas tendências de ensino, pois os discentes terão acesso a um ensino de melhor qualidade para se formarem e se tornarem cidadãos dignos.

Como sugestão para futuros trabalhos, sugere-se que o professor do ensino médio, caso tenha interesse, desenvolver outros aplicativos usando o Excel 16 para ensinar outros temas de física, como, por exemplo, a termodinâmica, a óptica e a ondulatória. Com isso as aulas se tornariam bem mais simples e compreensivas, e fazendo com que a o ensino se torne mais eficiente e compreensivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M.S.T.; ABIB M.L.S. **Atividades experimentais no ensino de Física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

AUSUBEL, D. P. **Alguns aspectos psicológicos da estrutura do conhecimento.** Buenos Aires: El Ateneo, 1973.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Microdados do Exame Nacional do Ensino Médio – Enem.** Disponível em: <<http://dados.gov.br/dataset/microdados-do-exame-nacional-do-ensino-medio-enem>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Resultados.** Disponível em: <<http://sistemasprovabrazil2.inep.gov.br/resultados/>>. Acesso em: 11 dez. 2014.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **IDEB – Resultados e metas.** Disponível em: <<http://ideb.inep.gov.br/resultado/resultado/resultado.seam?cid=8133187>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 15 mai. 2016.

CORREIO BRAZILIENSE. **MEC revela média de notas dos alunos no Enem 2014.** Disponível em: <http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/eu-estudante/especial_enem/2015/01/13/especial-enem-interna,466144/inep-revela-media-de-notas-dos-alunos-no-enem-2014.shtml>. Acesso em: 18 maio de 2016.

EISBERG, R. M.; RESNICK, R., **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos e Partículas.** São Paulo: Editora Campus, 1979.

GRIFFITS, D. J. **Mecânica Quântica.** 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

Halliday, David. **Fundamentos de Física,** Vol. 4. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro: 2012.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. São Paulo: ed. Bookman, 2002.

LOPES, R.D. *et al.* **O uso do computador e da internet na escola pública**. Disponível em: <<http://www.fvc.org.br/estudos-e-pesquisas/avulsas/estudos1-7-uso-computadores.shtml?page=1>>. Acesso em: 20 set. 2016

MENEZES, E.T. **Platão e a educação**. Educabrazil. São Paulo: Midiamix. Disponível em: <<http://www.educabrazil.com.br/plataoeaeducacao/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

MENEZES, E.T.; SANTOS, T.H. **Verbete ensino médio**. Dicionário Interativo da Educação Brasileira. Educabrazil. Disponível em: <<http://www.educabrazil.com.br/ensino-medio/>>. Acesso em: 06 jun. 2017.

MOREIRA, M.A.; KREY, I. **Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de física geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 3, p. 353-360, 2006.

MOREIRA, M.A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo**. 1. ed. Porto Alegre: ufrgs, 2009.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. 1. ed. São Paulo: Editora livraria da física, 2012.

MUNDIM, K.C. **Aula 18: A Luz e a Teoria Quântica**. Disponível em: <<http://www.ensino Distancia.pro.br/Ead/Fisica-4/Aulas/Aula-18/aula-18.html>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea” no ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências. v. 5, n. 2. Porto Alegre: 2000.

SANTOS, A.C.B. **A utilização das TIC como meio facilitador do processo ensino aprendizagem nas séries iniciais do ensino fundamental**. 2014. 62 f. Monografia (Curso de Especialização em Gestão Escolar) – Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2014. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/9157/1/2014_AnaClaudiaBatistadosSantos.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2017.

SANTOS, A. V.; SANTOS, S. R.; FRAGA, L. M. **Sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 185-195, jun. 2002.

SCHWARTZMAN, S.; DURHAM, E.R. e GOLDEMBERG, J. **A Educação no Brasil em uma perspectiva de transformação.** Disponível em:<<http://www.schwartzman.org.br/simon/transform.htm>>. Acesso em: 19 de mar de 2016.

SILVA, S. de C. R.; SCHIRLO, A. C. **Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: Reflexões para o Ensino de Física ante a Nova Realidade Social.** *Imagens da Educação*, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014.

TERRAZAN, E. A. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau.** *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 9, n. 3, p. 209-214. Florianópolis: 1992.

UNESCO. **Relatório de Monitoramento Global de Educação Para Todos.** Educação Para Todos 2000-2015: Progressos e Desafios. Place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France, 2015

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem.** São Paulo: Martins Fontes Editora, 1993.

**APÊNDICE A – Questionário de qualidade dos materiais e metodologias utilizadas
– sondagem prévia**

Prezado (a) aluno (a):

Gostaríamos de contar com a sua ajuda no que diz respeito a responder o formulário abaixo. Esperamos que ele fosse respondido com ética, responsabilidade e autenticidade. As informações aqui prestadas dizem respeito àquilo que você vivenciou durante as aulas de física.

1- Você acredita ser importante aprender os conceitos básicos de Física Moderna?

a) sim

b) não

c) em parte _____

2- Você conseguiu compreender os conceitos de Física Moderna?

a) sim

b) não

c) em parte _____

3- Você conseguiu relacionar os conceitos de Física Moderna vistos em sala de aula com o seu dia a dia?

a) sim

b) não

c) em parte _____

4- houve experimentos realizados em sala de aula?

a) sim

b) não

5- As atividades empregadas durante as aulas (experimentos / simulações) foram importantes para a sua compreensão do tema? E elas facilitaram seu aprendizado?

a) sim

b) não

c) em parte _____

6- De que forma você gostaria de estudar a disciplina física?

- a) apenas aulas teóricas
- b) aulas apenas com simuladores
- c) aulas apenas com experimentos alternativos
- d) usando conjuntamente simuladores e experimentos alternativos

7- Como você classifica as aulas de Física Moderna?

- a) péssimo.
- b) regular.
- c) bom.
- d) muito bom.
- e) excelente.

APÊNDICE B – Prova aplicada

Escola estadual de Ensino Médio Plínio Pinheiro

Disciplina: Física

Turma: _____

Data: ___/___/___

1) A Figura abaixo mostra o gráfico da intensidade de radiação por comprimento de onda emitida por um corpo negro para diferentes temperaturas. Com base nas informações do gráfico, analise as afirmativas abaixo.

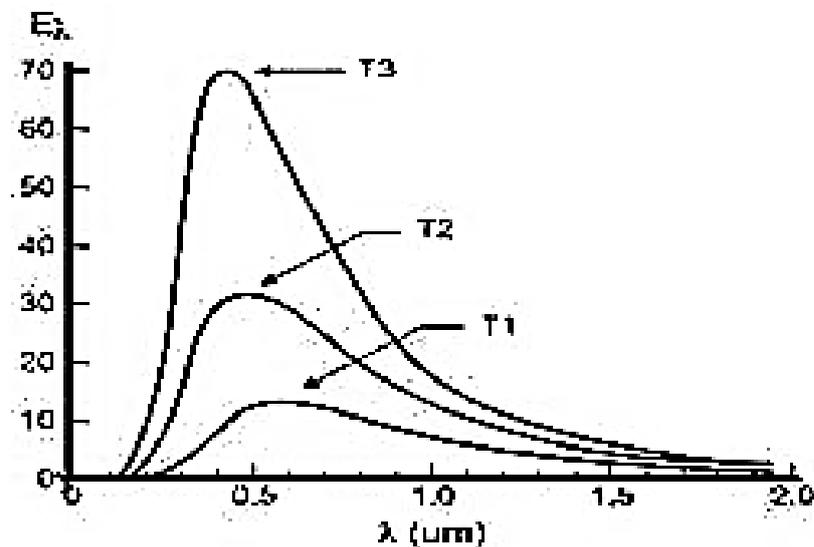
I – A temperatura T1 é maior que a temperatura T3.

II – A intensidade total de radiação emitida é maior para temperatura T3.

III – O comprimento de onda para o qual a radiação é máxima é maior para temperatura T3.

IV – As temperaturas T1, T2 e T3 são iguais.

V – As intensidades totais de radiação emitida são iguais para T1, T2 e T3.



Assinale a alternativa correta:

- Somente as afirmativas I, II e V são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- Somente a afirmativa I é verdadeira.
- Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.

e) Somente a afirmativa II é verdadeira.

2) Um feixe de luz monocromática tem frequência $f = 5,0 \times 10^{14}$ Hz. Para um fóton desse feixe, qual será sua energia

- a) $3,315 \times 10^{-19}$ J
- b) $2,15 \times 10^{-22}$ J
- c) $4,15 \times 10^{-8}$ J
- d) $5,44 \times 10^{-7}$ J
- e) $2,00 \times 10^{-9}$ J

3) Um fóton de luz vermelha tem comprimento de onda 700 nm (nanômetro). Calcule a energia desse fóton

- a) $4,00 \times 10^{-30}$ J
- b) $2,84 \times 10^{-19}$ J
- c) $8,22 \times 10^{-24}$ J
- d) $1,00 \times 10^{-10}$ J
- e) $2,00 \times 10^{-7}$ J

4) Para que a prata exiba o efeito fotoelétrico é necessária uma frequência mínima $f_0 = 1,14 \times 10^{15}$ Hz (frequência de corte). Qual a energia mínima (função trabalho) para “arrancar” um elétron de uma placa de prata;

- a) $5,55 \times 10^{-18}$ J
- b) $7,55 \times 10^{-19}$ J
- c) $8,45 \times 10^{-12}$ J
- d) $2,55 \times 10^{-13}$ J
- e) $4,00 \times 10^{-20}$ J

5) Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do parágrafo abaixo. O ano de 1900 pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do século XX. Naquele ano, Max Planck apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a

ideia da _____ da energia, da qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

- a) Conservação
- b) Quantização
- c) Transformação
- d) Conversão
- e) Propagação

6) Selecione a alternativa que apresenta as palavras que completam corretamente as lacunas, pela ordem, no seguinte texto relacionado com o efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico, isto é, a emissão de _____ por metais sob a ação da luz, é um experimento dentro de um contexto físico extremamente rico, incluindo a oportunidade de pensar sobre o funcionamento do equipamento que leva à evidência experimental relacionada com a emissão e a energia dessas partículas, bem como a oportunidade de entender a inadequacidade da visão clássica do fenômeno. Em 1905, ao analisar esse efeito, Einstein fez a suposição revolucionária de que a luz, até então considerada como um fenômeno ondulatório, poderia também ser concebida como constituída por conteúdos energéticos que obedecem a uma distribuição _____, os quanta de luz, mais tarde denominados _____.

- a) Fótons – contínua – fótons
- b) Fótons – contínua – elétrons
- c) Elétrons – contínua – fótons
- d) Elétrons – discreta – elétrons
- e) Elétrons – discreta – fótons

7) Fótons com comprimento de onda $2,40 \times 10^{-12}$ m incidem sobre elétrons livres. Qual o comprimento de onda de um fóton que é espalhado de um ângulo de 30° em relação à direção de incidência, a energia cinética transmitida ao elétron.

- a) $2,71 \times 10^{-12}$ m
- b) $1,71 \times 10^{-8}$ m
- c) $3,55 \times 10^{-30}$ m
- d) $4,5 \times 10^{-9}$ m

e) $2,00 \times 10^{-9} \text{ m}$

8) Faça o mesmo para um ângulo de espalhamento de 150° , usando os dados da questão anterior. (Dado $\lambda_c = 2,43 \cdot 10^{-12}$)

a) $1,11 \times 10^{-8} \text{ m}$

b) $2,35 \times 10^{-7} \text{ m}$

c) $6,96 \times 10^{-12} \text{ m}$

d) $5,96 \times 10^{-12} \text{ m}$

e) $4,00 \times 10^{-9} \text{ m}$

9) Um feixe de raios de comprimento de onda $\lambda = 22 \text{ pm}$ é espalhado por um alvo de carbono e o feixe espalhado é detectado a 85 graus com o feixe incidente. Qual é o deslocamento de Compton do feixe espalhado? (Dados: massa do elétron $m = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ e $\cos 85^\circ = 0,0871$)

a) $2,2 \text{ pm}$

b) $3,3 \text{ pm}$

c) $4,3 \text{ pm}$

d) $5,5 \text{ pm}$

e) $8,0 \text{ pm}$

10) Um feixe de raios de comprimento de onda $\lambda = 30 \text{ pm}$ é espalhado por um alvo de carbono e o feixe espalhado é detectado a 60 graus com o feixe incidente. Qual é o deslocamento de Compton do feixe espalhado? (Dados: massa do elétron $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ e $\cos 60^\circ = 0,50$)

a) $1,21 \times 10^{-12} \text{ m}$

b) $2,21 \times 10^{-12} \text{ m}$

c) $3,21 \times 10^{-12} \text{ m}$

d) $2,50 \times 10^{-12} \text{ m}$

e) $2,00 \times 10^{-12} \text{ m}$