



JÚLIO CÉSAR CABRAL

**EFEITO FOTOELÉTRICO:
UMA ABORDAGEM A PARTIR DO ESTUDO DE
CIRCUITOS ELÉTRICOS**

LAVRAS - MG

2015

JÚLIO CÉSAR CABRAL

**EFEITO FOTOELÉTRICO:
UMA ABORDAGEM A PARTIR DO ESTUDO DE
CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador
Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva
Coorientador
Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel

LAVRAS–MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Cabral, Júlio César.

Efeito Fotoelétrico : uma abordagem a partir do estudo de
circuitos elétricos / Júlio César Cabral. – Lavras : UFLA, 2015.
130 p. : il.

Dissertação (mestrado profissional)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador(a): Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva.
Bibliografia.

1. Física Moderna e Contemporânea. 2. Efeito fotoelétrico. 3.
TIC's. 4. Sequência didática. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

JÚLIO CÉSAR CABRAL

**EFEITO FOTOELÉTRICO:
UMA ABORDAGEM A PARTIR DO ESTUDO DE
CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

APROVADA em 21 de Agosto de 2015:

Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel - UFLA

Dra. Eliane Ângela Veit - UFRGS

Dra. Iraziet da Cunha Charret - UFLA

Dr. Ulisses Azevedo Leitão - UFLA

Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva
Orientador

LAVRAS - MG

2015

À minha esposa Izabel e aos meus filhos Rafaela e Felipe.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciências Exatas (DEX) e, ainda, à Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo UFLA, pelos ensinamentos transmitidos e harmoniosa convivência.

Ao professores Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva e Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel pela orientação, paciência, amizade, dedicação e seus ensinamentos que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e meu crescimento profissional.

À minha família pelo apoio e compreensão.

Aos diretores e equipe pedagógica da Escola Estadual Nossa Senhora de Guadalupe, em Lagoa da Prata - MG, pelo apoio e colaboração no desenvolvimento deste projeto.

Aos professores e professoras que se dispuseram, com boa vontade e zelo, responder o questionário.

Aos alunos e alunas do terceiro ano que contribuíram durante a realização desse trabalho.

Aos colegas de Mestrado que muito contribuíram para meu crescimento.

*“A Educação é a arma mais poderosa que
se pode usar para mudar o mundo.”*

(Nelson Mandela)

RESUMO

A relevância da Física Moderna e Contemporânea na sociedade atual é um fato indiscutível. Portanto, a escola, na perspectiva de formar cidadãos críticos, inseridos numa sociedade altamente tecnológica, precisa repensar os seus atuais currículos, capacitando professores e indicando horizontes do novo século aos seus alunos. No presente trabalho temos como meta a inserção de conteúdos de física moderna no ensino médio através da produção de um material potencialmente significativo, ancorado na teoria cognitiva da aprendizagem significativa de Ausubel. Para tanto escolhemos abordar o Efeito fotoelétrico, uma vez que o mesmo aparece em várias aplicações tecnológicas, que são da vivência dos alunos. Além disso, sua fenomenologia consiste em um dos marcos do nascimento da Física Moderna, apresentando uma formulação matemática, relativamente simples e compatível com o perfil do estudante do ensino médio. Como forma de introdução do conteúdo um experimento investigativo sobre o assunto é utilizado, no intuito de despertar a curiosidade do estudante. Logo após o experimento, os alunos tomarão ciência do tema através de uma Sequência Didática (Roteiros de Atividades) envolvendo vídeos, resenhas, aulas expositivas, mapas de conceitos e roteiros de experimentos virtuais cuidadosamente elaborados em ordem crescente de dificuldades. A Sequência Didática foi desenvolvida em uma turma de terceiro ano da escola Guadalupe de ensino médio da cidade de Lagoa da Prata – MG. Os resultados são apresentados e discutidos ao longo do trabalho. A Sequência Didática proposta poderá auxiliar o professor na escolha de possíveis estratégias de abordagem do assunto seja através de suas aulas expositivas, ou pelo uso dos roteiros baseados nas Tecnologias de Informação e Comunicação. Esses roteiros foram elaborados no sentido de facilitar, desafiar e promover o entendimento do conteúdo por parte dos alunos.

Palavras-chaves: Física Moderna e Contemporânea, Efeito fotoelétrico, TIC's, Sequência didática.

ABSTRACT

The relevance of Modern and Contemporary Physics in today's society is an indisputable fact. Therefore, the school with a perspective to form critical citizens, inserted into a highly technological society, need to rethink their current resumes, training teachers and indicating horizons of the new century to their students. In the present work we aim to insert modern physics content in high school by producing a potentially significant material, anchored in the cognitive theory of meaningful learning of Ausubel. For this purpose we choose to approach the Photoelectric Effect, since it appears in several technological applications, which are the living of the students. Furthermore, its phenomenology consists of one of the landmarks of the birth of Modern Physics, presenting a mathematical formulation, relatively simple and compatible with the high school student profile. As a way of introducing the content, an investigative experiment on the subject is used in order to awaken students' curiosity. Soon after the experiment, students will take science theme through a didactic sequence (activities scripts) involving videos, reviews, lectures, concepts maps and virtual experiments tours carefully elaborated in ascending order of difficulty. The didactic sequence was applied in a class of third year of Guadalupe High School in Lagoa da Prata - MG. The results are shown and discussed throughout the study. The didactic sequence proposal may help the teacher in choosing the possible approach strategies of the subject, either through their lectures, or by the use of scripts based on Information and Communication Technologies. These scripts were developed in order to facilitate, challenge and promote understanding of the content by the students.

Keywords: Modern and Contemporary Physics, Photoelectric Effect, ICTs, Didactic Sequence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Aparato experimental semelhante ao usado para estudar o Efeito Fotoelétrico.	22
Figura 2 – Gráfico da intensidade de corrente em função do potencial	24
Figura 3 – Exemplo da sequência de apresentação dos tópicos a serem trabalhados no terceiro ano do ensino médio.	38
Figura 4 – Exemplo recursivo da sequência de apresentação dos tópicos a serem trabalhados no terceiro ano do ensino médio	38
Figura 5 – Planejamento do 3º ano trabalhando o Efeito Fotoelétrico como aplicação dentro do tópico de circuitos elétricos. . .	39
Figura 6 – Potencialidades do experimento investigativo no ensino de física.	40
Figura 7 – a) Circuito elétrico com dispositivos “clássicos” (Lâmpada e Potenciômetro) b) Circuito elétrico com dispositivos “modernos” (LED e LDR)	42
Figura 8 – Representação do processo de reestruturação do roteiro de atividades.	56
Figura 9 – Representação do processo de (re)estruturação do Produto Educacional.	63
Figura 10 – Versão preliminar do Produto Educacional.	63
Figura 11 – Versão 2 reestruturada do Produto Educacional.	64
Figura 12 – Versão 3 do Produto Educacional.	66
Figura 13 – Tela do Simulador do Efeito Fotoelétrico do PhET . . .	71
Figura 14 – Escolha do material do cátodo	71

Figura 15 – Diferença de potencial e amperímetro	71
Figura 16 – Intensidade da radiação e comprimento de onda da radiação	72
Figura 17 – Gráfico Corrente x Tensão da bateria	74
Figura 18 – Controle do comprimento de onda da luz	77
Figura 19 – Controle da diferença de potencial e amperímetro	78
Figura 20 – Menu de escolha do material do catodo	79
Figura 21 – Gráfico do uso, pelos professores, das Ferramentas com- putacionais.	92
Figura 22 – Tabela preenchida pelo Estudante 36	109
Figura 23 – Cálculos da frequência para cada valor de comprimento de onda feitos pelo Estudante 36	109
Figura 24 – Tabela preenchida pelo Estudante 27	109
Figura 25 – Cálculos da frequência para cada valor de comprimento de onda feitos pelo Estudante 27	110
Figura 26 – Esboço do gráfico feito pelo Estudante 36	111
Figura 27 – Esboço do gráfico feito pelo Estudante 27	111
Figura 28 – Cálculos do Estudante 36 para o valor da constante de Planck.	113
Figura 29 – Cálculos do Estudante 41 para o valor da constante de Planck	113
Figura 30 – Cálculos do Estudante 36 para o valor da função trabalho para o sódio.	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sujeitos, objetivos e instrumentos de pesquisa.	50
Tabela 2 – Previsão para o desenvolvimento das atividades com os alunos.	58
Tabela 3 – Cronograma do desenvolvimento das atividades após mu- dança de planejamento.	59
Tabela 4 – Valores de comprimento de onda da radiação - Sódio . . .	77
Tabela 5 – Valores de comprimento de onda da radiação - Magnésio	78
Tabela 6 – Quadro informativo das SRE que tiveram docentes inves- tigados.	81
Tabela 7 – Tabela das idades dos professores investigados.	81
Tabela 8 – Respostas dos professores para a pergunta seis do questi- onário.	82
Tabela 9 – Respostas dos professores para a pergunta sete do questi- onário.	84
Tabela 10 – Respostas dos professores para a pergunta oito do questi- onário.	88
Tabela 11 – Respostas dos professores para a pergunta nove do ques- tionário.	89
Tabela 12 – Respostas dos professores para a pergunta onze do ques- tionário.	92
Tabela 13 – Relação dos alunos que entregaram as atividades propos- tas no roteiro.	95
Tabela 14 – Tabulação das respostas dos alunos para a avaliação. . . .	97
Tabela 15 – Frequência das repostas dos alunos para cada questão. . .	98

Tabela 16 – Frequência de escolha de materiais para repetição dos
procedimentos. 104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBC	Conteúdo Básico Comum
CNE	Conselho Nacional de Educação
CRV	Centro de Referência Virtual do Professor
EJA	Educação de Jovens e Adultos
FMC	Física Moderna e Contemporânea
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
LDR	Resistência Dependente da Luz
LED	Diodo Emissor de Luz
MEC	Ministério da Educação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio
PRONATEC	Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Em- prego
SEE	Secretaria de Estado de Educação

SRE Superintendência Regional de Ensino

TIC's Tecnologias de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Efeito Fotoelétrico, um pouco de física	21
1.2	Objetivos e Estrutura da dissertação	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1	Panorama da Física Moderna no Ensino Médio	27
2.2	A Física Moderna nos Documentos Oficiais	32
2.3	A Física Moderna nos Livros Didáticos	33
2.4	Inserção da Física Moderna no Ensino Médio	35
2.5	Experimento Investigativo ou Motivador	40
2.6	As Tecnologias de Comunicação e Informação no Ensino de Física	43
2.7	Aprendizagem Significativa de Ausubel	45
3	METODOLOGIA	50
3.1	Pesquisa com os professores	50
3.2	A Escolha do Tema	53
3.3	O Perfil da Escola	53
3.4	Pesquisa com os alunos	54
3.5	Escolha da Turma	57
3.6	Desenvolvimento das aulas	58
4	PRODUTO EDUCACIONAL	62

4.1	Estrutura e Desenvolvimento do Produto Educa-	
	cional	62
4.2	O Produto Educacional	66
4.2.1	Parte do professor	66
4.2.2	Parte do Aluno	67
4.2.3	Tutorial	69
4.2.4	De professor para professor	69
4.3	Roteiro de atividades - versão 2	70
4.3.1	Parte I - Conceitos Fundamentais	70
4.3.2	Parte II - Gráficos	73
4.3.3	Tópico III – Fundamentos Matemáticos	76
5	RESULTADOS E ANÁLISES	80
5.1	Análise do Questionário dos Professores	80
5.2	Análise do Roteiro de Atividades	94
5.2.1	Parte I – Conceitos Fundamentais	99
5.2.2	Parte II - Gráficos	105
5.2.3	Parte III - Fundamentos Matemáticos	107
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
	APÊNDICES	124
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE A IN-	
	SERÇÃO DA FÍSICA MODERNA	
	NO ENSINO MÉDIO	125

APÊNDICE B – AVALIAÇÃO REALIZADA PE-	
LOS ALUNOS	129

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos temos presenciado um grande avanço tecnológico e científico, tais como televisores, celulares, dispositivos eletroeletrônicos dos mais variados tipos e aplicações, seja na ciência, indústria, medicina entre outras. O desenvolvimento tecnológico acontece numa velocidade assustadora, o que hoje é atual pode não ser após alguns meses.

Na contra mão desse desenvolvimento tecnológico, temos a educação que avança, ainda a passos lentos. Os alunos do ensino médio têm hoje um ensino com base na física clássica, que não consegue explicar o funcionamento de boa parte desses novos produtos oriundos dessas tecnologias. No entanto, esses alunos têm curiosidade em saber qual é a física aplicada por trás desses dispositivos e a que leis físicas eles obedecem.

Contudo para explicar algumas tecnologias ou determinados fenômenos naturais, é necessário o conhecimento moderno da física, o que de certa forma implica uma formação também mais “moderna” dos professores que lecionam a disciplina. No entanto, o quadro que hoje se observa na educação não é muito animador, pois nele se encontram professores com dificuldades diversas em lecionar tais conteúdos, seja por falta de formação específica ou por questões de planejamento ou ainda por falta de materiais de apoio.

Os livros que constam no catálogo do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) disponibilizam tópicos de Física Moderna e contemporânea, viabilizando uma fonte de estudos para os alunos e material de apoio para os professores, mas mesmo assim os tópicos da Física Moderna ainda

permanecem distante da realidade dos alunos. Tópicos como radiação do corpo negro, Efeito Fotoelétrico, relatividade, modelos atômicos entre outros são de grande importância para a formação básica dos alunos.

É de grande relevância que os alunos do ensino médio compreendam e saibam explicar os fundamentos da tecnologia e da natureza, pois de uma alguma forma ela muda ou mudará seu modo de viver e ainda poderá influenciar suas escolhas futuras. “Dai a importância de se introduzir conceitos básicos de Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano” Valadares e Moreira (1998, p. 121),

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 (BRASIL, 2002, p. 24).

Um modo de atingir os alunos, despertando-lhes a curiosidade e a vontade de estudar, seria com aulas experimentais, no entanto nem todas as escolas de ensino médio disponibilizam laboratórios para tal finalidade devido ao alto custo de implantação. Uma alternativa a esse quadro seria o uso dos laboratórios virtuais, que facilitam a visualização dos fenômenos, possibilitando a interação do aluno com o tema a ser estudado, pois

as simulações computacionais voltadas ao ensino de física é um processo que coloca o estudante diante de um computador como “manipulador” de situações ali desenvolvidas, as quais imitam ou se aproximam de um fenômeno físico real. Permite ao estudante operar com grandezas físicas e observar resultados “imediatos”, decorrentes das modificações de situações e condições (que, às vezes, é de

difícil manipulação em um laboratório convencional) (GOMES, 2011).

Atualmente, muitos alunos contam com acesso a web por meio de smartphones, tablets ou celulares, e ainda computadores em casa ou no trabalho. A internet dispõe de muitos recursos (sites de pesquisas, vídeos, mapas, editores de figuras, textos, planilhas e gráficos, chats, troca de mensagens, simuladores, laboratórios virtuais, entre outros) que, se bem usados podem ser um grande aliado do professor. Tais ferramentas ou tecnologias quando usadas com o objetivo de mediar ou interagir com algum processo de comunicação ou informação entre as pessoas podem ser classificadas como Tecnologias de Informação e Comunicação – TIC.

Segundo levantamento ¹ do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP, em 1999 havia 6,5 milhões de alunos matriculados nas escolas públicas de ensino médio do país. Desse número de matrículas 46% dos alunos estudavam em escolas com laboratórios de informática e 14,2% estudavam em escolas que dispunham de acesso à internet. Em 2003, o número de estudantes matriculados no ensino médio, era de 7,9 milhões, sendo que 58,2% estudavam em escolas com laboratórios de informática e 53% estavam matriculados em escola ligadas a internet.

O censo escolar ² de 2012 aponta que 95,6% dos estudantes matriculados no ensino médio estão em escolas com acesso à internet e 95,1% possuem laboratórios de informática. De acordo com esses dados percebe-se

¹ <http://portal.inep.gov.br/rss_censo-escolar/-/asset_publisher/oV0H/content/id/11059>. Acesso em: 6 de Maio de 2015.

² Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/educacao/2013/06/maioria-dos-alunos-de-ensino-medio-nas-escolas-publicas-tem-acesso-a-biblioteca-e>>. Acesso em: 6 de Maio de 2015.

que uma fração muito grande dos alunos do ensino médio possui acesso a laboratórios de informática com conexão à internet.

As TIC's tem uma ampla aplicação em diversos setores da sociedade, principalmente na educação. Com a popularização da internet os meios de comunicação se desenvolveram de forma rápida, abrangendo uma fração razoável da população. Com isso, a utilização dessas tecnologias, teve um grande aumento potencializando o desenvolvimento dos processos educacionais, permitindo criar, capturar, armazenar, enviar e receber informações.

Um bom exemplo das TIC's são os laboratórios virtuais, pois possibilitam uma melhor interação dos alunos com os conceitos a serem estudados, sendo possível realizar vários experimentos explorando os conceitos, leis e relações entre grandezas, na termodinâmica, mecânica, eletromagnetismo e também na Física Moderna. Os laboratórios virtuais podem ser usados sem custo financeiro, sem provocar danos à integridade física dos alunos e, ainda, permitem fazer e refazer os experimentos diversas vezes testando várias possibilidades e hipóteses.

Embora as atividades experimentais sejam virtuais, as mesmas possibilitam uma transposição didática, pois a utilização dessas ferramentas possibilitam aos alunos ver e observar a representação de um modelo físico do fenômeno podendo gerar uma melhor compreensão dos conceitos e facilitando a interpretação das relações matemáticas.

1.1 Efeito Fotoelétrico, um pouco de física

O Efeito Fotoelétrico, descoberto experimentalmente, por Heinrich Hertz em 1887 e explicado teoricamente por A. Einstein em 1905, constitui-se

em uma das primeiras evidências experimentais de quantização da energia. Numa experiência de descarga elétrica entre dois eletrodos, Hertz observou que ela ocorria com maior facilidade, quando um dos eletrodos era iluminado por radiação eletromagnética com frequências predominantemente na faixa do violeta e ultravioleta. Basicamente o mecanismo de produção de corrente pela radiação (luz) ocorre em função da energia transferida aos elétrons, que podem ser extraídos de diferentes regiões do material.

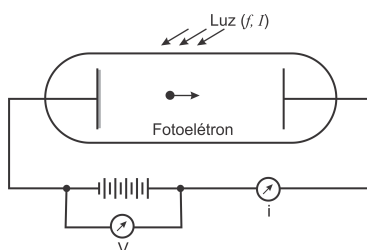


Figura 1 – Aparato experimental semelhante ao usado para estudar o Efeito Fotoelétrico.

A extração de um elétron depende de quão forte é a sua ligação com o material remanescente que compõe o alvo. Alguns elétrons podem ser ejetados com uma energia cinética em torno de zero e outros com energia cinética máxima, dependendo da região de onde os elétrons são extraídos. Assim, a conservação da energia estabelece que:

$$K_{max} = E - \phi, \quad (1.1)$$

o K_{max} é a energia cinética máxima do fotoelétron ejetado, E é a energia fornecida pela radiação e ϕ representa a chamada função trabalho, quantidade de energia necessária para extrair o elétron do material. Classicamente o elétron pode ser concebido como um corpo preso ao material do alvo podendo ser removido dele pela ação de um agente externo, que

no caso é o feixe de luz. No processo, o agente externo executa um trabalho sobre o elétron, que emerge do alvo com uma energia cinética que é a energia fornecida pelo agente, E , descontadas as perdas de energia ocorrida no processo de extração (função trabalho, ϕ). Para frear um elétron com energia cinética máxima é necessário inverter a diferença de potencial V e, quando V atinge o valor V_0 (característico do material), chamado potencial de corte, a corrente de fotoelétrons cessa. Assim, conforme a equação 1.1, que estabelece a conservação de energia, a energia cinética máxima K_{max} do elétron converte-se em energia potencial, eV_0 , onde e representa a carga eletrônica, e a equação 1.1 pode ser reescrita como,

$$K_{max} = eV_0 = E - \phi, \quad (1.2)$$

Na época em que o Efeito Fotoelétrico foi descoberto observou-se que ele exibia uma série de características peculiares e contraditórias, que apontavam em direções opostas às expectativas da Física Clássica. Uma contradição marcante pode ser vista na figura 2 abaixo. Nela, a corrente elétrica, denominada corrente de fotoelétrons, exibe um comportamento atípico em função da voltagem aplicada entre os eletrodos. Espera-se que o potencial de corte V_0 , de acordo com a equação 1.2, dependa da intensidade I_R da radiação, uma vez que, segundo a física clássica, a energia E da onda eletromagnética, é proporcional a intensidade I_R , isto é, $E \approx I_R$.

As curvas na figura 2 apenas indicam que o crescimento na intensidade da radiação resulta no aumento da intensidade da corrente de fotoelétrons. A dependência de V_0 , com I_R não foi observado experimentalmente. Outro relevante fato, não explicado pela Física Clássica, era a

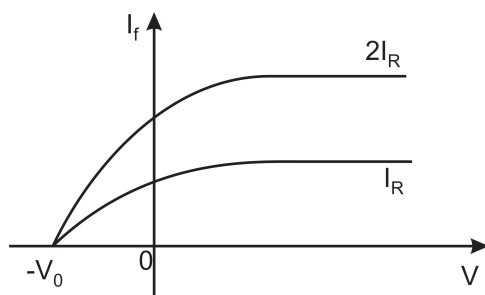


Figura 2 – Gráfico da intensidade de corrente em função do potencial

dependência do potencial de corte V_0 , com a frequência f , isto é, $V_0 = V_0(f)$.

A teoria proposta por Einstein para o Efeito Fotoelétrico era bastante audaciosa e estava amparada nas ideias de Planck a cerca da quantização da energia. De acordo com Einstein a radiação eletromagnética era granular onde os grânulos eram denominados de quanta de energia. Um quantum de energia corresponde a uma quantidade de energia $E=hf$, onde h é uma constante universal conhecida como constante de Planck. Admitindo que um quantum de luz transfira toda sua energia a um único elétron então a equação.(1.2), reescrita nesta hipótese resulta na chamada equação de Einstein para o Efeito Fotoelétrico,

$$K_{max} = eV_0 = hf - \phi, \quad (1.3)$$

A equação de Einstein prevê a dependência do potencial de corte V_0 com a frequência f da radiação.

A explicação teórica do Efeito Fotoelétrico, seguido da comprovação experimental, feita por R. A. Millikan em 1915 coroou a teoria de Einstein, que recebeu em 1921, o prêmio Nobel de Física pela elucidação do fenômeno.

Em nosso cotidiano muitos dispositivos, que são da vivência de vocês, funcionam à base do Efeito Fotoelétrico, por exemplo: os sensores que comandam a abertura automática de portas de lojas comerciais, que liberam a catraca nas estações de metrô e que ativam um sistema de iluminação.

1.2 Objetivos e Estrutura da dissertação

O objetivo desse trabalho é fazer o estudo da fenomenologia do Efeito Fotoelétrico com base no uso das TIC's, partindo do estudo de circuitos elétricos. A opção por se começar o estudo do Efeito Fotoelétrico a partir dos circuitos elétricos se deve ao fato do fenômeno estar vinculado à produção de uma corrente elétrica a partir da interação da luz com o metal. Além disso, a grande maioria das aplicações desse efeito ocorre através de circuitos eletroeletrônico.

Os objetivos específicos do presente trabalho visam: relacionar as grandezas físicas envolvidas no Efeito Fotoelétrico por meio do simulador do PhET ³ (Physics Education Technology), elaborar um material sobre o efeito que atenda tanto os alunos, bem como os professores. Esse material constitui-se no produto da dissertação.

Esta dissertação está estruturada e dividida em seis capítulos. No primeiro relatamos a importância da Física Moderna e nossa motivação pelo uso das tecnologias de informação e comunicação e os simuladores. No segundo capítulo, apresentamos o referencial teórico, onde são feitas algumas considerações sobre a inserção da Física Moderna no ensino médio discutindo as formas de abordar esses tópicos. Por exemplo, o uso dos simuladores no ensino de física em conexão com a teoria significativa de Ausubel. No terceiro

³ Disponível em: <phet.colorado.edu/pt_BR>

capítulo, apresentamos a metodologia usada na pesquisa. No quarto capítulo, apresentamos os resultados e análises da aplicação do trabalho de pesquisa. No quinto capítulo apresentamos o desenvolvimento do Produto Educacional. Por fim, no sexto capítulo, apresentamos as considerações finais do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Panorama da Física Moderna no Ensino Médio

Os avanços científicos e tecnológicos têm aguçado nos jovens o interesse e curiosidade pelo funcionamento dos dispositivos opto-eletrônicos, com dimensões cada vez menores e com velocidades de operação cada vez maiores. Uma busca pelas respostas necessariamente requer o entendimento de conceitos e fenômenos pertinentes à Física Moderna, mas como fazer uma conexão entre o ensino de Física e o cotidiano do aluno? Com esta preocupação e com o intuito de proporcionar o exercício pleno de cidadania, o Ministério da Educação passou a considerar a Física Moderna e Contemporânea (FMC) como sendo um conteúdo obrigatório do Ensino Médio.

Entretanto como, efetivamente, o professor de física trabalha estes conteúdos em sua rotina de sala de aula? Qual o panorama da FMC no ensino médio? Com base na literatura muitos trabalhos apontam nesta direção, por exemplo: Ostermann e Moreira (2000) e Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) afirmam que os conteúdos de Física Moderna são tratados de forma insipiente pelas seguintes razões: durante a formação dos professores os conteúdos de FMC ou não foram vistos ou, quando estudados, se deram de forma superficial. Nesta perspectiva o professor não se sente seguro em ensiná-los.

Nesse contexto, Sanches (2006) aponta que “*O professor considera os tópicos de FMC difíceis, por isso tem dificuldades para falar sobre o assunto.*” e que “*O conhecimento que os professores têm não é suficiente.*”, visto que

entre os professores consultados nem todos possuem formação específica em física.

O quadro que hoje se observa na educação é de professores com dificuldades diversas em lecionar tais conteúdos, seja por falta de formação específica, por questões de planejamento ou falta de materiais de apoio. O Conselho Nacional da Educação em seu parecer CNE/CP 9/2001 relata as diversas dificuldades encontradas e ainda destaca o

preparo inadequado dos professores cuja formação de modo geral, manteve predominantemente um formato tradicional, que não contempla muitas das características consideradas, na atualidade, como inerentes à atividade docente (CNE, 2002, p. 21).

Ainda, segundo o parecer, para uma educação básica de qualidade falta aos professores,

orientar e mediar o ensino para a aprendizagem dos alunos; comprometer-se com o sucesso da aprendizagem dos alunos; assumir e saber lidar com a diversidade existente entre os alunos; incentivar atividades de enriquecimento cultural; desenvolver práticas investigativas; elaborar e executar projetos para desenvolver conteúdos curriculares; utilizar novas metodologias, estratégias e materiais de apoio; desenvolver hábitos de colaboração e trabalho em equipe (CNE, 2002, p. 21).

Devido as dificuldades encontradas pelos professores, fica evidente como o ensino de física é tratado. Pereira e Aguiar (2006) afirmam que o ensino de física fica resumido basicamente a temas clássicos: mecânica, eletricidade e magnetismo, calor e óptica, que são abordados através de aulas

teóricas e descritivas desconectados da realidade do aluno. Os autores ainda mencionam em seu trabalho que são

evidentes as dificuldades dos professores da área de ciências da natureza, em particular da física, para se atualizarem, tanto em sua área de conhecimento quanto em questões gerais, relativas à educação acadêmica. (PEREIRA; AGUIAR, 2006, p. 69).

Com isso pode ser observado que o ensino de física fica concentrado somente na aplicação de “fórmulas” como é apontado a seguir:

Muitas vezes o ensino de Física inclui a resolução de inúmeros problemas, onde o desafio central para o aluno consiste em identificar qual fórmula deve ser utilizada. Esse tipo de questão, que exige, sobretudo, memorização, perde sentido se desejamos desenvolver outras competências (BRASIL, 2002, p. 84).

No entanto o ensino de física deve ser tal que o estudante seja capaz de lidar com as diversas situações de sua vivência, como apresenta os Parâmetros Curriculares Nacionais:

Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda assim terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem (BRASIL, 2002, p. 59).

Apesar das dificuldades acima mencionadas, muitos autores defendem veementemente a inserção da FMC no ensino médio. Silva e Assis (2012) afirmam que o número de pesquisas acerca do tema Física Moderna e Contemporânea no ensino médio atingiu um patamar que consolida o tema como uma das linhas de pesquisa, com foco no desenvolvimento de estratégias e metodologias, no Ensino de Física. Ainda, na visão das autoras, a física deve ser apresentada no ensino médio em uma forma que permita ao estudante refletir e interpretar o mundo que o cerca. Nesta ótica, as vivências do aluno em seu cotidiano assumem papel relevante na escolha da forma de abordagem dos conteúdos definidos previamente como fundamentais.

Segundo Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) o atraso dos conteúdos em relação ao avanço da tecnologia, o engessamento dos currículos, a insistência no uso de quadro e giz e a formação científica dos professores de física e ainda o número reduzido de aulas constituem os problemas enfrentados pelos professores, para a inclusão da FMC, na composição do currículos das escolas dos planejamentos dos professores.

No estado de Minas Gerais, os professores seguem a proposta curricular estabelecida pela Secretaria Estadual de Educação (SEE), define os tópicos e as habilidades que devem ser estudados nas três séries do ensino médio.

A proposta curricular para a física é apresentada em duas partes: um Conteúdo Básico Comum ¹ (CBC), de caráter obrigatório, onde são contemplados os conhecimentos e também as habilidades que todo estudante deve dominar nesta etapa de ensino; e um conjuntos de conteúdos

¹ Centro de Referência Virtual do Professor. Disponível em: <<http://crv.educacao.mg.gov.br/>> Acesso em: 20 de maio de 2015.

complementares, destinado aos alunos, geralmente de segundo e terceiro anos.

Na parte obrigatória do CBC, destinada aos alunos do primeiro ano do ensino médio, são tratados os tópicos e habilidades relacionadas aos temas de energia suas fontes e formas de distribuição da mesma. Contempla ainda a energia mecânica, conservação da energia, os processos de transferência do calor, a energia térmica e elétrica e suas aplicações. Nos conteúdos complementares, são tratados os tópicos e habilidades ligadas aos temas de luz, som, calor, força e movimento. Trata ainda, dos tópicos de eletricidade, magnetismo e noções de física quântica e nuclear.

De acordo com o CBC, os tópicos de FMC estão na categoria de conteúdos complementares. Aliado a isso, e tomando como base as diversas dificuldades enfrentadas, os professores se sentem desobrigados de contemplar tópicos relacionados a FMC em seus planejamentos anuais.

Nesse sentido, se faz necessária uma reflexão acerca dos conteúdos realmente relevantes e uma reformulação crítica nos planejamentos anuais dos professores. Não adianta somente mudar o que se vai ensinar, tem-se que mudar também a forma como se ensina e também,

recriar o modelo educativo, ou seja, rever primeiramente o que ensinamos aos alunos e, depois, como ensinamos, visando ao estabelecimento de práticas motivadoras que propiciem o crescimento do indivíduo, o seu desenvolvimento ético e moral e senso de justiça (MANTOAN, 2010, p. 59).

Apesar das condições adversas acima mencionadas, sabemos do relevante papel da FMC na sociedade contemporânea e, portanto da missão da escola na formação de seus alunos.

2.2 A Física Moderna nos Documentos Oficiais

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, diz que para o ensino médio a educação deve destacar a educação tecnológica básica e a compreensão do significado da ciência. A física, no entanto deve ser de modo geral, atraente aos alunos e apresentar-se, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais

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 (BRASIL, 2002, p. 59)

Sabendo que existe a preocupação em relação à inserção dos tópicos da FMC no ensino médio, o Guia de Livros Didáticos propõe que esses conteúdos devem ser tratados, no livro do aluno,

sempre de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho (BRASIL, 2014, p. 17).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais,

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato

com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico (BRASIL, 2002, p. 70).

As Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio visam facilitar a comunicação entre docentes e escola no intuito de proporcionar uma melhoria da prática docente, melhorando assim a qualidade da escola. Esse documento aponta e orienta no sentido de se fazer uma escolha de conteúdos mais significativos pois a carga horária para o ensino de física é reduzida (BRASIL, 2006).

Com isso o professor tem a possibilidade e a liberdade de elaborar seu planejamento, inserindo assim os tópicos de Física Moderna, de acordo com os seus conhecimentos respeitando o contexto social em que a escola está inserida.

2.3 A Física Moderna nos Livros Didáticos

Atualmente há uma preocupação acerca da inserção dos tópicos de FMC no ensino médio. Prova disso são os livros didáticos que compõem o catálogo do PNLD – 2015. Segundo o Guia de Livros didáticos, os livros do PNLD – 2015, que não estiverem de acordo com critérios estabelecidos nos cinco blocos não serão recomendados. O bloco 1 trata dos assuntos

relacionados à Legislação e Cidadania. O bloco 2, diz respeito à Abordagem Teórico-Metodológica e Proposta Didático-Pedagógica, enquanto o bloco 3, trata dos Conceitos, Linguagens e Procedimentos. O bloco 4, refere-se ao Manual do Professor e o bloco 5, ao Projeto Editorial.

No indicador constante do Bloco 3, que trata dos Conceitos, Linguagens e Procedimentos, as obras contemplam e abordam, de forma adequada e pertinente, conhecimentos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea. (BRASIL, 2014).

Essa preocupação, reflete também nos autores de livros didáticos como aponta Maximiano, Cardoso e Dominguini (2011)

o PNLD 2012 aprovou dez livros de física, quatro a mais que o PNLEM 2009, onde se percebeu um maior empenho dos autores em inserir a Física Moderna como conteúdo de Ensino Médio [...] e que quase todos os autores continuam utilizando a distribuição tradicional dos conteúdos ao longo do Ensino Médio, ou seja, mecânica clássica no primeiro volume, termologia, óptica e acústica no segundo e fechando suas coleções com eletromagnetismo e Física Moderna (MAXIMIANO; CARDOSO; DOMINGUINI, 2011, p. 45).

Sabendo que o livro didático figura como um grande aliado para muitos professores devemos atentar que

o livro didático deve ser encarado como um importante instrumental de apoio ao professor e aos alunos, porém não deve ser utilizado como uma fonte que contém a verdade absoluta. As situações destacadas mostram que ele pode apresentar imprecisões e incorreções, ao longo de seu conteúdo. Portanto, é importante que no processo de escolha de um livro didático, o professor se preocupe em

analisar criteriosamente o conteúdo, os aspectos metodológicos, a correta formulação de conceitos e a presença de atividades práticas ou extraclasse pertinentes e que não ofereçam riscos à integridade física dos alunos. Além disso, o professor deve estar preparado para corrigir problemas eventualmente existentes nos livros que utiliza (PIMENTEL, 1998, p. 317).

Na literatura encontram-se trabalhos, por exemplo (SANCHES, 2006; DOMINGUINI, 2012), onde os autores analisaram alguns livros didáticos do PNLD. Já no artigo de (PIMENTEL, 1998) o autor apresenta uma série de considerações sobre as obras pesquisadas, tais como: imprecisões conceituais, experimentos, ilustrações entre outras.

Mesmo com todos os critérios adotados para que os livros didáticos, figurem no catálogo do PNLD, o crivo mais importante ainda deve ser do professor, pois é ele quem domina as particularidades de sua escola e de seus alunos. Conhecendo o mínimo necessário de sua realidade, o professor pode analisar os livros e escolher aquele que atenda a essas especificidades.

Através da leitura desses trabalhos e também de uma leitura rápida dos livros do PNLD, pode-se concluir que a FMC é retratada nas obras. No entanto ainda é muito pouco levando-se em consideração a importância desses tópicos. Considerando, especificamente, o Efeito Fotoelétrico, há livros em que o tópico não é contemplado.

2.4 Inserção da Física Moderna no Ensino Médio

No que se refere a inserção de Física Moderna no ensino médio podemos apontar algumas justificativas:

- despertar a curiosidade dos alunos;
- atrair jovens para a carreira científica. Serem eles os professores e pesquisadores de amanhã.
- apresentar a física desenvolvida além de 1900.

De acordo com Ostermann e Moreira (2000) para a inserção dos tópicos de Física Moderna no ensino médio devem ser consideradas três vertentes principais: *Exploração dos limites clássicos*, *Não utilização de referências aos modelos clássicos* e *Escolha de tópicos essenciais*.

A abordagem com base na exploração dos limites da física clássica deve-se aos trabalhos de Gil e Solbes da Universidade de Valência, Espanha onde os autores sugerem

uma abordagem construtivista para o ensino de FMC na qual a orientação tradicional de ensino-aprendizagem, que enfatiza a simples transmissão/recepção de conhecimento, é substituída por um currículo que envolve os alunos em “atividades” e os coloca em situações problemáticas através das quais o conhecimento pode ser (re)construído. Os conceitos de FMC foram introduzidos tendo-se como referencial um modelo construtivista de ensino-aprendizagem na perspectiva da mudança conceitual e metodológica (GIL; SOLBES, 1993 apud OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

A inserção da FMC sem fazer referência aos conteúdos clássicos é atribuída às pesquisas de Fischler e Lichtfeldt da Universidade Livre de Berlim, Alemanha, onde os autores consideram que a aprendizagem de Física Moderna é dificultada porque o ensino, frequentemente, usa analogias clássicas (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

A terceira vertente atribuída a Arons, da Universidade de Washington, Estados Unidos, propõe que alguns conceitos de Física Moderna devem ser ensinados no ensino médio, onde os alunos deverão ter somente percepções sobre os conceitos. Considera a física clássica como suporte para inserção de tópicos de FMC e ainda

afirma que existem lacunas na programação escolar pois sempre é preciso "deixar algo de fora" ao organizar-se um currículo. Na abordagem de tópicos de FMC, deve-se buscar na Física Clássica apenas o essencial para que o tópico proposto seja compreendido. De certa forma, a seleção de pré-requisitos permeia esta proposta (ARONS, 1990 apud OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

Considerando as vertentes apresentadas, o presente trabalho se enquadra, na nossa concepção, que a FMC deve ser inserida nos limites da física clássica.

Inúmeras aplicações fazem uso do Efeito Fotoelétrico, mas como podemos inserir esse tópico no currículo do ensino médio? Quando devemos trabalhá-lo? Quais são os requisitos básicos que os alunos devem ter antes de iniciar o estudo desse tópico? Estas e outras perguntas devem ser feitas na hora de estruturar o planejamento anual, pois um planejamento bem estruturado e conciso possibilita ao professor trabalhar respeitando as especificidades dos alunos/turmas e conduzir o desenvolvimento dos conteúdos de forma natural.

O ponto ideal para se trabalhar com o Efeito Fotoelétrico pode ser definido no planejamento no momento que o professor desejar. No entanto, deve ser observado que em algum momento o professor vai relacionar uma

corrente elétrica ao fenômeno. Nessa perspectiva, o professor pode relacionar as fronteiras e limitações dos conceitos que se quer trabalhar ou inserir.

No momento do planejamento anual, os professores seguem alguns critérios para a escolha dos tópicos a serem lecionados. Independente dos critérios adotados, geralmente observa-se uma linearidade nos planejamentos, como mostra a figura 3.

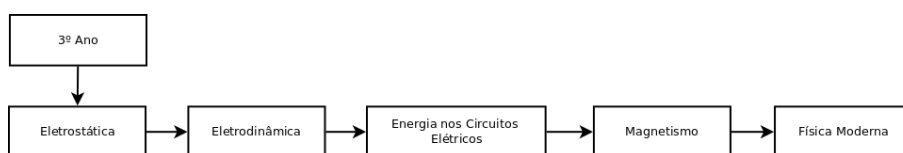


Figura 3 – Exemplo da sequência de apresentação dos tópicos a serem trabalhados no terceiro ano do ensino médio.

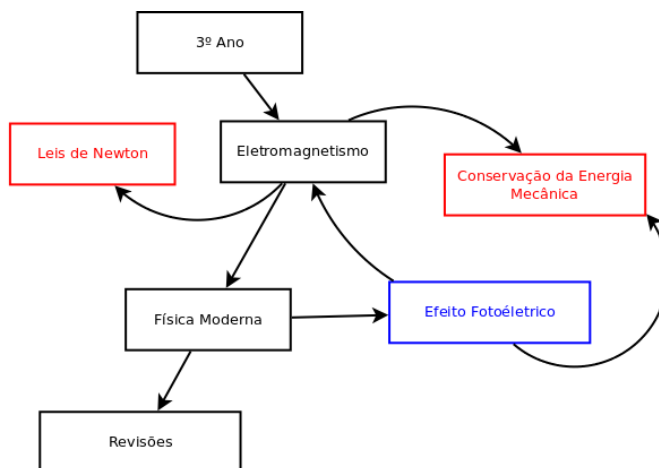


Figura 4 – Exemplo recursivo da sequência de apresentação dos tópicos a serem trabalhados no terceiro ano do ensino médio .

De acordo com a figura 4, dentro do tópico de Física Moderna, pode ser trabalhado qualquer conteúdo. Como o tópico a ser tratado é o Efeito

Fotoelétrico, o mesmo foi explicitado no diagrama do planeamento.

Seguindo a ideia da linearidade, devemos primeiramente desenvolver todos os itens que compõem o eletromagnetismo para depois trabalhar a Física Moderna. Como o Efeito Fotoelétrico depende também de alguns conceitos de eletromagnetismo, por que não o colocar dentro deste tópico como uma aplicação? Se assim for feito, como ilustra a figura 5, podemos explorar os limites da física clássica e introduzir esse novo conceito.

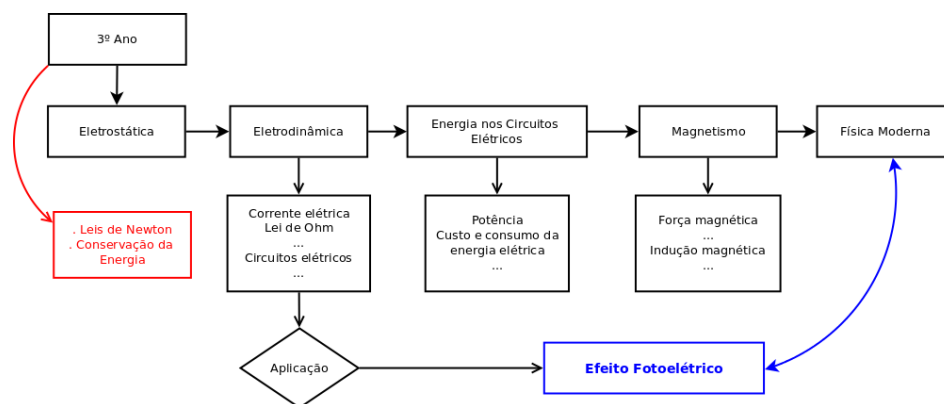


Figura 5 – Planejamento do 3º ano trabalhando o Efeito Fotoelétrico como aplicação dentro do tópico de circuitos elétricos.

Fazendo o Efeito Fotoelétrico figurar como uma aplicação dentro de circuitos elétricos, espera-se que o professor possa trabalhar de maneira natural e tranquila um tópico da Física Moderna sem deixar de ver os outros conteúdos clássicos, tornando o estudo desses conceitos significativos para o aluno. Dessa forma o aluno começa relacionar os dispositivos existentes em seu cotidiano com os conceitos agora estudados.

2.5 Experimento Investigativo ou Motivador

O experimento ² investigativo e motivador é mais um recurso para auxiliar o professor no desenvolvimento de suas aulas. Não quer dizer que o mesmo deverá ser usado sempre. No entanto, tal recurso conta com algumas potencialidades como mostra a figura 6.



Figura 6 – Potencialidades do experimento investigativo no ensino de física.

No intuito de despertar o interesse dos alunos e aguçar suas curiosidades, ao se trabalhar o experimento investigativo,

o professor pode incentivar os alunos a investigarem o que ocorre no decorrer de sua execução e,

² Motivador no sentido de despertar a curiosidade dos alunos e investigativo porque o professor pode verificar quais são as concepções prévias dos alunos com relação ao tópico a ser estudado por meio de diário de campo ou gravação de áudio.

por meio de perguntas, levá-los a expressar as suas ideias prévias na tentativa de explicarem o funcionamento do experimento (SILVA; ASSIS, 2012).

O experimento investigativo representa uma estratégia onde os alunos participam mais ativamente do processo de construção do saber. Dessa forma os estudante percorrem todas as etapas de investigação dos conceitos, interpretação e possíveis soluções para o problema. Tal estratégia oferece aos alunos oportunidades de analisar situações problemas, coletar dados e informações, elaborar hipóteses e testá-las e ainda discutir sobre as observações e conclusões. Nessa perspectiva o professor deve auxiliar os alunos na busca de soluções e explicações do problema, ora questionando ideias ou incentivando quanto a participação dos demais estudantes nos pontos de indecisão ou falta de consenso.

Assim o professor pode através de experimentos simples, que em muito casos são da vivência dos alunos e ainda fazer o estudo de conceitos importantes sobre o tema a ser trabalhado, facilitando o processo de ensino e aprendizagem.

Como o objetivo é introduzir o Efeito Fotoelétrico com base nos circuitos elétricos, o experimento investigativo é uma importante ferramenta pois consiste em um circuito elétrico relativamente simples e de fácil compreensão dos conceitos nele envolvidos por parte dos alunos. Logo, torna-se importante a correlação dele com o que os alunos já estão acostumados a trabalhar, pois para muitos estudantes os componentes LDR e LED são novos. O professor pode comparar o LED com uma lâmpada simples e o LDR a uma resistência variável (potenciômetro), como mostra a figura 7.

O componente LDR (Resistor Dependente da Luz), é um compo-

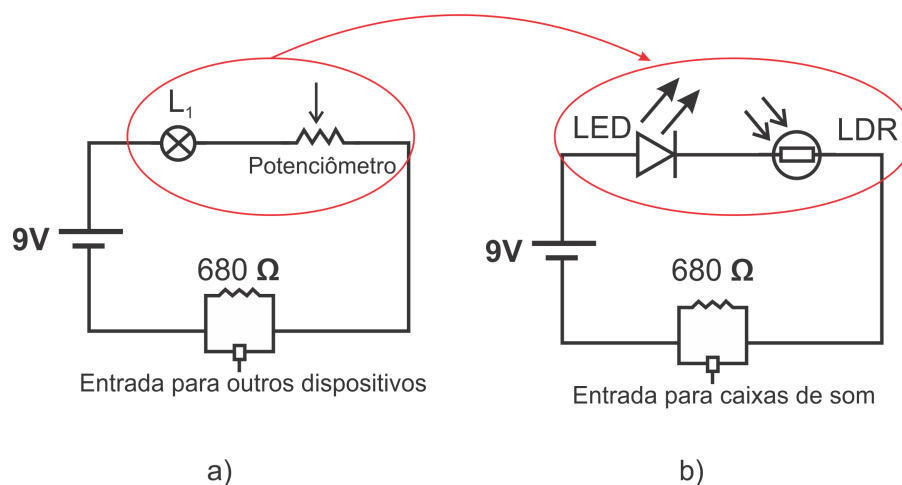


Figura 7 – a) Circuito elétrico com dispositivos “clássicos” (Lâmpada e Potenciômetro) b) Circuito elétrico com dispositivos “modernos” (LED e LDR)

nente onde a resistência varia de acordo com a intensidade da luz que nele incide. O LDR é construído a partir de material semicondutor com elevada resistência elétrica. Quando a luz, que ilumina o LDR, tem uma frequência f suficiente, ocorre à absorção dos fótons pelos elétrons na banda de valência do material. Estes elétrons são promovidos para a banda de condução reduzindo a resistência do material e aumentando sua condutividade. No experimento é usado um aparelho de controle remoto ou Laser como fonte emissora de radiação eletromagnética. Assim, o LDR absorve o sinal da radiação emitida pelo controle remoto ou Laser produzindo um acréscimo tanto na corrente elétrica como na diferença de potencial no circuito. As caixas de som, que são ligadas em paralelo ao resistor, captam esta diferença de potencial gerada pela corrente, emitindo um som característico, que depende da frequência da radiação do controle remoto ou laser. O LED presente no circuito serve para verificar que o circuito está fechado e sendo percorrido por uma corrente elétrica inicial. É possível verificar o acréscimo de corrente, observando o

aumento de intensidade no brilho do LED.

O professor pode através do circuito apresentado na figura 7a fazer um experimento mental com alunos questionando o que acontecerá ao brilho da lâmpada se a resistência do potenciômetro for pequena. Depois, considerando a situação, se a resistência for grande. Com isso o aluno consegue sem muitos problemas entender o papel do LDR no circuito. Nesse caso, o que muda são as características dos componentes, um deles depende do comprimento do fio e o outro depende da intensidade luminosa da fonte.

2.6 As Tecnologias de Comunicação e Informação no Ensino de Física

As tecnologias que tem por objetivo mediar ou interagir com algum processo de comunicação ou informação entre as pessoas podem ser classificadas como TIC– Tecnologias de Informação e Comunicação. As TIC's tem uma ampla aplicação em diversos setores da sociedade, principalmente na educação. Com a popularização da internet os meios de comunicação se desenvolveram de forma rápida, abrangendo uma fração razoável da população. Com isso a utilização dessas tecnologias teve um grande aumento, potencializando o desenvolvimento dos processos educacionais, permitindo criar, capturar, armazenar, enviar e receber informações diversas.

O desenvolvimento tecnológico tem modificado de forma significativa o cotidiano das pessoas, e a escola não pode ficar alheia a essa realidade. Ela precisa se adaptar e ensinar ao aluno como conviver com essas novas tecnologias, também dentro da escola, para que ele possa atuar como cidadão participante dentro e fora do contexto educacional.

O emprego das TIC's, especialmente os softwares educacionais, tem se mostrado importante no ensino, e nessa perspectiva, o Ministério da Educação (MEC) prevê a implantação de tecnologias como práticas de ensino que tem como objetivo a capacitação do estudante prosseguir nos estudos ou ser inserido no mercado de trabalho ao fim do ensino médio. Assim, o uso dessas tecnologias, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN),

(...) promove mudanças radicais na área do conhecimento, que passa a ocupar um lugar central nos processos de desenvolvimento, em geral. É possível afirmar que, nas próximas décadas, a educação vá se transformar mais rapidamente do que em muitas outras, em função de uma nova compreensão teórica sobre o papel da escola, estimulada pela incorporação das novas tecnologias (BRASIL, 2002, p. 5)

Nesse sentido, o uso das TIC's na educação tem ganhado força principalmente quando temos que tratar de conteúdos conceitualmente difíceis, como é o caso da Física Moderna. Nesta perspectiva o emprego dos recursos tecnológicos ajudam não somente ao professor, mas também ao alunos pois favorece a percepção e o entendimento dos conceitos da Física Moderna.

Com relação ao uso desses recursos Bulegon (2011) aponta que

A utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no Ensino, especificamente a Internet e softwares educacionais, têm sido apontados como poderosos recursos para o ensino de Física, especialmente aqueles que oferecem a possibilidade de alterar valores e manusear com as variáveis de forma interativa. Esses podem proporcionar

aos estudantes uma reflexão sobre o objeto de estudo, potencializando a aprendizagem e tornando-a mais significativa, pois podem desenvolver o pensamento crítico por meio da reflexão. A hipermídia é apontada também como um importante recurso pedagógico virtual, pois baseia-se no conceito de hipertexto em que pode-se fazer uso de diversos elementos, como textos, sons, imagens, simulações, vídeos (BULEGON, 2011).

A utilização das TIC's deve ser coerente, para que o ensino seja prazeroso e agradável para o professor que irá auxiliar os alunos no processo de aprendizagem e para o aluno que irá desenvolver seus conhecimentos. A aplicação desmedida, sem objetivos específicos, pode se tornar corriqueira e massante tornando as aulas sem atrativos e desmotivando os alunos.

O emprego dos softwares educacionais, consiste na representação de um determinado modelo físico, baseado em analogias que se não usados com uma perspectiva crítica podem conduzir o aluno ao entendimento incorreto de um fenômeno. Assim, a representação pode tanto facilitar a compreensão como também dificultar.

2.7 Aprendizagem Significativa de Ausubel

Uma teoria trata-se de uma interpretação sistemática ou uma maneira de enxergar as coisas, de explicar observações ou resolver problemas. Consiste em tentativas de interpretar sistematicamente, de organizar e de prever os conhecimentos relativos à aprendizagem.

David Ausubel - professor Emérito da Universidade de Columbia, em Nova Iorque, é médico-psiquiatra de formação, mas dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional, sendo o proponente da teoria de

aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999, p. 151). A aprendizagem significativa de Ausubel é uma teoria cognitivista. Procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento.

A aprendizagem baseia-se na “ampliação” da estrutura cognitiva do estudante, através da incorporação de novas ideias a ela. E, dependendo do relacionamento que existe entre as ideias que já se encontram na estrutura cognitiva e as novas que estão sendo incorporadas, pode ocorrer um aprendizado que varia do mecânico ao significativo.

O conhecimento mecânico acontece

quando o conteúdo escolar a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre o que Ausubel chama de aprendizagem mecânica, ou seja, quando as novas informações são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Assim, a pessoa decora fórmulas, leis, mas esquece após a avaliação (PELIZZARI et al., 2002, p. 38).

Na visão de Ausubel a aprendizagem mecânica é necessária e inevitável, quando é necessário introduzir conceitos, informações totalmente novos para o estudante, após a ocorrência da assimilação, a aprendizagem passará a ser significativa. No entanto, para que esse processo se torne mais rápido, Ausubel recomenda o uso dos organizadores prévios, os quais são âncoras criadas a fim de manipular a estrutura cognitiva do aluno, interligando conceitos aparentemente não relacionáveis devido as suas abstrações.

Na aprendizagem significativa o aprendiz constrói e produz o seu conhecimento, deixando de ser apenas um receptor passivo. Dessa forma,

o conhecimento adquirido é retido e lembrado por longo tempo quando comparado à aprendizagem mecânica. O estudante desenvolve a capacidade de aprender outros conteúdos com mais facilidade. E mesmo que a informação inicial seja esquecida ou perdida, o processo de “aprender novamente” é bem mais tranquilo.

De acordo com Heckler (2004, p. 48) a teoria de Ausubel é melhor aproveitada quando se observam os seguintes cuidados:

- a) que o material a ser assimilado seja potencialmente significativo, ou seja, não arbitrário em si. Mesmo materiais arbitrários, podem ser tornados significativos através de organizadores prévios. Portanto, cabe ao professor fazer a organização do material, para que seja potencialmente significativo, e quando necessário, incluir materiais e informações anteriores que sirvam de organizadores prévios.
- b) ocorra um conteúdo mínimo na estrutura cognitiva do indivíduo, com subsunçores ³ em suficiência para suprir as necessidades relacionais. Nesse caso o professor deve identificar os organizadores prévios que faltam e disponibilizar os mesmos, para que o estudante consiga fazer todas as relações necessárias para o entendimento do conteúdo.
- c) o aluno apresente uma disposição para o relacionamento e não para simplesmente memorizá-lo mecanicamente, muitas vezes até simulando uma associação. Cabe ao professor, neste ponto, tomar o cuidado com o seu método de ensino, buscando novas alternativas no mesmo,

³ A Palavra subsunçor não existe em português; trata-se de uma tentativa de aportuguesar a palavra *subsumer*. Seria mais ou menos equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador (MOREIRA, 1999, p. 153).

pois salas de aula onde só acontecem, exercícios e avaliação repetitivos e padronizados, tornam ambiente favorável à uma aprendizagem mecânica.

Nesse contexto, o uso dos simuladores computacionais serve de auxílio na aprendizagem

devendo levar em consideração o que acontece primeiramente de forma mecânica se o estudante não predispõe de uma concepção prévia para o conteúdo que lhe é fornecido. Por isso, acreditamos que a simulação poderá fazer o papel de subsunçor, proporcionando uma aprendizagem significativa (GOMES, 2011, p. 44).

Os recursos computacionais tornam-se importantes na construção do conhecimento quando usados para “ressignificar” o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aluno.

Nessa perspectiva as ferramentas computacionais são:

capazes de exercer a principal função dos organizadores prévios que, de acordo com Ausubel preencheriam o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta, permitindo oferecer uma armação ideativa para a incorporação estável e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue no texto a aprender (TAVARES; SANTOS, 2003, p. 1).

A aprendizagem significativa só ocorre quando o estudante apresenta pré-disposição para que ela ocorra, e esta pré-disposição está relacionada com a abordagem dos conteúdos em sala de aula. Assim, a aprendizagem

contribui para conduzir o estudante, através de questionamentos reconstrutivos, que tornam mais complexo os conhecimentos por meio de diferentes organizações: obtenção de dados e respostas, explorações, tentativas, comparações, fracassos, correções, experimentações, testes, elaborações e reflexões. Tais ações estabelecem os elos necessários para o conhecimento significativo.

3 METODOLOGIAS E MÉTODOS

A pesquisa desenvolvida nesse trabalho é de natureza qualitativa de caráter interpretativa para se referir a uma família de abordagens de pesquisa participativa observacional (ERICKSON, 1986 apud MOREIRA, 2011), abrangendo dois grupos: Professores e alunos, conforme representado na tabela 1. Moreira (2011) aponta que a pesquisa em sala de aula, significa descobrir como as escolhas e ações dos atores favorecem um ambiente de aprendizagem.

Tabela 1 – Sujeitos, objetivos e instrumentos de pesquisa.

Sujeitos	Objetivos a verificar	Instrumentos
10 Professores	Como a graduação do professor foi desenvolvida com relação ao estudo da Física Moderna; Consideração dos professores sobre a FMC; Sugestões sobre a inserção da FMC no ensino médio.	Questionário
30 Alunos	Desenvolvimento conceitual e procedimental sobre o tema: Efeito fotoelétrico	Respostas, relatos e conclusões dos alunos no Roteiros de atividades. Avaliação objetiva

3.1 Pesquisa com os professores

A FMC desempenha um relevante papel na sociedade contemporânea, onde os estudantes de modo geral estão imersos em um universo onde a tecnologia impera. Nesse universo as informações são transmitidas de forma

muito rápida atingindo uma grande quantidade de pessoas. Dispositivos “inteligentes” que controlam portas, escadas, sistemas de iluminação, comunicação entre outros, estão presentes em nosso cotidiano. Refletindo sobre tais dispositivos e outras tecnologias, podemos indagar qual seria a física a eles associada? A pergunta seguinte poderia ser: a física ensinada nas escolas de ensino médio é capaz de explicar o funcionamento desses aparatos? Questão já levantada por diversos autores destacados no capítulo 2 desta dissertação.

No intuito de obter respostas para tais questionamentos e ainda verificar como a Física Moderna é tratada no ensino médio realizamos uma pesquisa com vários professores que lecionam física nas escolas da rede estadual de ensino de Minas Gerais. A fim de saber quais são suas concepções e sugestões para inserção do tema proposto no ensino médio, os professores responderam a um questionário com questões objetivas e subjetivas.

O questionário (Apêndice A) intitulado “Qual o panorama da Física Moderna no ensino Médio?” é composto por duas partes: a primeira refere-se às informações gerais dos professores, tais como idade, local de trabalho e escolaridade. A segunda, está relacionada as informações específicas sobre a inserção da Física Moderna no ensino médio.

Nas informações específicas os professores são questionados se tópicos de Física Moderna foram contemplados em sua graduação, deixando o professor livre para expressar e relatar sobre a sua formação. O objetivo da pergunta é investigar como a graduação do professor foi desenvolvida com relação ao estudo da Física Moderna. O questionário ainda verifica se os professores consideram importante a inserção dos conteúdos de Física Moderna e quais tópicos são de maior relevância para serem estudados no ensino médio. Também são investigados quais materiais (Livros didáticos,

revistas, artigos, ferramentas computacionais, outras mídias, etc.) são utilizados pelos professores para preparar as aulas e também para abordar os tópicos de Física Moderna, quando trabalhados.

O uso do questionário constitui-se em uma importante ferramenta de pesquisa, podendo ser usado para obter informações e coletar dados de uma dada quantidade de pessoas. Neste trabalho o questionário realizado revela a opinião de professores somando-se a pesquisa realizada por outros autores, como Silva e Cunha (2011) e Sanches (2006). Na primeira, realizaram uma análise sobre o ensino de Física Moderna nas redes pública e privada de algumas cidades do interior da Paraíba, com a finalidade de verificar a percepção dos professores sobre este assunto. A metodologia empregada na pesquisa compôs-se da aplicação de um questionário com questões objetivas e subjetivas. Na análise das respostas buscou-se investigar a formação dos professores, se eles ministravam Física Moderna nas turmas de Ensino Médio, suas condições de trabalho e os problemas enfrentados para a inserção dos referidos conteúdos. Diante dos dados coletados os autores concluíram que a inserção da Física Moderna, no ensino médio, é uma ação que depende do diálogo e da ação conjunta de todos os envolvidos no processo de ensino aprendizagem. Em pesquisa semelhante, Sanches (2006) verifica que os professores, apesar de não estarem preparados para abordar FMC em sala de aula e de listar uma série de dificuldades para essa renovação curricular, concordam que o currículo de Física precisa passar por uma revisão inserindo nele tópicos novos.

3.2 A Escolha do Tema

A escolha do tema foi definida através da leitura das respostas dos professores sobre quais tópicos são de maior relevância para ser trabalhado no ensino médio. Os tópicos mais sugeridos foram Teoria da Relatividade, Modelos Atômicos e Efeito Fotoelétrico. Dentre todos os itens citados qualquer um deles poderia ser escolhido, no entanto optamos por trabalhar com o Efeito Fotoelétrico, por ser um dos marcos do surgimento da Física Moderna, e ainda ser de grande aplicação em diversos dispositivos. Também, por apresentar uma formulação matemática relativamente simples e compatível com o perfil do estudante do ensino médio.

Com base nos trabalhos existentes na literatura sobre os livros didáticos, como estabelecido na seção 2.3, as obras contemplam os tópicos de FMC, Entretanto, na grande maioria, quando tratado, o Efeito Fotoelétrico ocupa uma fração muito pequena se comparado com o total de páginas do livro. Assim, o professor quando trabalha o tópico, o faz como uma curiosidade, sem no entanto adentrar na sua fenomenologia.

3.3 O Perfil da Escola

As atividades relacionadas ao desenvolvimento do produto educacional foram realizadas na escola Estadual Nossa Senhora de Guadalupe (Guadalupe). A escola em questão está localizada na cidade de Lagoa da Prata em Minas Gerais. Com uma população de aproximadamente 49 mil habitantes, a cidade conta ainda, com mais três escolas públicas estaduais e duas particulares que oferecem o nível médio de ensino e fundamental. Outras duas escolas oferecem somente o ensino fundamental e educação

infantil, e uma oferece educação especial.

Em 2014 a escola Guadalupe oferecia no turno matutino cinco turmas de primeiros anos com aproximadamente 200 alunos, quatro turmas de segundos anos com um total aproximado de 190 alunos e ainda quatro turmas de terceiros anos com um total de quase 190 alunos. No período noturno, a escola oferecia uma turma de cada série, com um total de aproximadamente 100 alunos, ainda uma turma de EJA e Magistério, além de um curso técnico de informática do PRONATEC. Os dados com relação ao número de alunos são referentes ao quarto bimestre do ano letivo de 2014 no momento do início do desenvolvimento das atividades.

3.4 Pesquisa com os alunos

Os dados para a pesquisa com os alunos, foram obtidos por meio dos Roteiros de atividades (Sequência Didática) e de uma avaliação escrita.

Os alunos fizeram uso de um roteiro de atividades sobre o Efeito Fotoelétrico com o objetivo de verificar o entendimento conceitual e dos princípios sobre o tema em diversos níveis. Através dessas atividades será possível verificar se a aprendizagem conceitual faz parte do conhecimento do aluno não somente quando o mesmo é capaz de repetir sua definição, mas também quando faz uso da mesma para interpretar, compreender ou expor determinado fenômeno. Além disso quando conseguem situar fatos ou situações concretas envolvendo esses conceitos. A aprendizagem conceitual deve ser o mais significativa possível de modo a provocar um verdadeiro processo de elaboração e construção pessoal do conceito.

O roteiro de atividades dos alunos foi pensado e desenvolvido com o

intuito de percorrer os conceitos fundamentais envolvidos na fenomenologia do Efeito Fotoelétrico, análise e interpretação de dados, gráficos e tabelas e ainda realização de cálculos, como por exemplo, da energia e da constante de Planck.

Dentro das atividades os alunos devem desenvolver também os conceitos procedimentais, que são um conjunto de ações ordenadas e com um fim, dirigidas para a realização de um objetivo. A realização de ações que forma os procedimentos são condições essenciais para a aprendizagem. Permitem uma reflexão sobre as atividades realizadas possibilitando uma aplicação em contextos diferenciados.

Após a execução do roteiro de atividades, os alunos participantes serão submetidos a uma avaliação composta por dez questões de múltipla escolha envolvendo o tema. A avaliação por meio de prova é uma exigência da escola onde foi desenvolvida a sequência didática, mas o professor fica livre para escolher a melhor forma de avaliação.

É um objetivo, ainda, estabelecer uma conexão entre as questões da avaliação e os conceitos envolvidos no roteiro de atividades proposto, procurando identificar possíveis falhas em sua estrutura.

Através da análise dos roteiros e da avaliação será possível (re)avaliar a estrutura do roteiro de atividades proposto aos alunos.

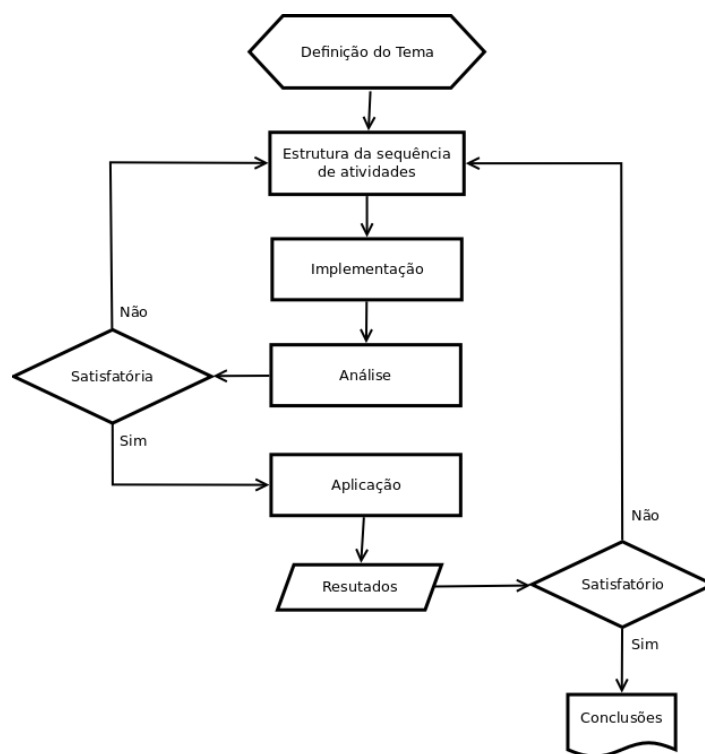


Figura 8 – Representação do processo de reestruturação do roteiro de atividades.

O Roteiro de Atividades foi inicialmente concebido, gerando uma versão inicial a ser implementada e desenvolvida em sala de aula com os alunos. Após a aplicação, com base nos resultados de aprendizagem foi realizada uma análise levando a uma reformulação do roteiro de atividades. O processo de reestruturação permite melhorar as práticas de ensino do tópico escolhido, em função dos resultados de aprendizagem. Em outras palavras, a reformulação dos Roteiros de Atividades objetiva desenvolver um material potencialmente significativo, condição necessária para alcançar a aprendizagem significativa, conforme ressaltado por Heckler (2004).

3.5 Escolha da Turma

O roteiro de atividades sobre o Efeito Fotoelétrico foi desenvolvido para ser trabalhado com as turmas dos terceiros anos do ensino médio. Todas as cinco turmas estavam aptas para realizar as tarefas e atividades do trabalho. No entanto optamos por aplicar o roteiro em apenas uma turma de terceiro ano do turno matutino.

Os critérios abaixo foram usados para a escolha da turma investigada:

- Frequência dos alunos.
- Desempenho acadêmico.
- Sequência das aulas durante a semana.

A turma escolhida designada 3º ano M, dentro dos critérios adotados, foi a que se apresentou mais frequente às aulas quando comparada as outras turmas de terceiros anos. Como desenvolvemos uma Sequência Didática, as aulas se complementam e o acompanhamento aula a aula pelos alunos é fundamental para verificarmos a potencialidade do material. A turma em questão, apresenta um desempenho acadêmico mediano, não sendo uma turma muito participativa e nem demasiadamente apática, favorecendo a aplicação da atividade, no intuito de despertar o interesse dos alunos, visto que a questão motivacional é um dos fatores que desejamos analisar neste trabalho.

As aulas na turma escolhida, possibilitavam um intervalo de tempo suficiente entre uma aula e outra para que os alunos realizassem as tarefas solicitadas como por exemplo, relatar, calcular e/ou repetir os procedimentos.

Nas demais turmas, as aulas, eram em dias consecutivos ou o tempo entre elas era muito grande, por exemplo: aulas segunda e terça; segunda e quinta. As aulas do 3º ano M eram concentradas nas segundas e quartas-feiras viabilizando o tempo considerado necessário.

3.6 Desenvolvimento das aulas

As atividades estavam previstas para acontecer exclusivamente na escola, nas salas de multimídias e laboratório de informática, de acordo com o cronograma apresentado a seguir:

Tabela 2 – Previsão para o desenvolvimento das atividades com os alunos.

Aulas	Temas	Local
01	Aula expositiva sobre o Efeito fotoelétrico	Sala de Multimídia
02	Conceitos fundamentais (Parte I do roteiro)	Sala de Informática/casa
03	Gráficos (Parte II do roteiro)	Sala de Informática/casa
04	Fundamentos matemáticos (Parte III do roteiro)	Sala de Informática/casa
05	Avaliação	Sala de aula.

O cronograma, visto na tabela 2, não foi seguido da forma em que foi proposto, pois no início das atividades o laboratório de informática da escola, por razões técnicas, não estava em funcionamento, prejudicando o desenvolvimento inicial previsto para as aulas 02, 03 e 04 que se iniciariam na sala de informática e que seriam concluídos em casa. Com isso, o planejamento inicial foi alterado.

A aula 01 como era expositiva aconteceu normalmente, no entanto a aula 02 que seria desenvolvida pelos alunos na sala de informática, foi

realizada como aula demonstrativa, na sala de multimídia. As aulas 03 e 04 poderiam ser também demonstrativa, mas como não haviam horários disponíveis na sala de multimídia foram realizadas como tarefa de casa.

O cronograma efetivamente executado continuou com cinco aulas, conforme tabela 3, no entanto, as atividades que estavam previstas para o laboratório de informática foram passadas como tarefa, acumulando com as tarefas que inicialmente estavam previstas para serem realizadas em casa, por exemplo, a repetição de alguns procedimentos.

Tabela 3 – Cronograma do desenvolvimento das atividades após mudança de planejamento.

Aulas	Ações	Objetivo
26/11/2014	Aula expositiva	Introduzir os conceitos Efeito Fotoelétrico. Orientações para o desenvolvimento da Parte I.
01/12/2014	Discussão da parte I	Esclarecer as dúvidas relativas à parte I; Orientar o desenvolvimento da Parte II.
03/12/2014	Discussão da parte II	Esclarecer as dúvidas relativas à parte II; Orientar o desenvolvimento da Parte III.
08/12/2014	Discussão da parte III	Esclarecer as dúvidas relativas à parte III.
10/12/2014	Avaliação	—

A aula 01 teve como objetivo fazer a introdução dos conceitos do Efeito Fotoelétrico, a partir do experimento investigativo. Após a apresentação do experimento os alunos deveriam relatar as suas concepções iniciais sobre o que iria acontecer ao brilho do LED constante do aparato. Em seguida, os alunos deveriam relacionar a física já conhecida, aos novos componentes (LED e LDR), utilizando-se de conhecimentos já pertencentes à estrutura cognitiva para o ancoramento do novo conhecimento, fator

considerado fundamental na aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999).

Foram apresentados alguns exemplos de aplicação do uso desses componentes, especificamente do LDR, bem como a teoria do Efeito Fotoelétrico, explicando a sua fenomenologia.

A aula 02 teve como objetivo, por meio da Parte I (versão 2) do roteiro de atividades, orientar os alunos a explorar os conceitos e particularidades do Efeito Fotoelétrico. Durante a realização dos procedimentos, era esperado que os alunos fossem capazes de relacionar e compreender: a ocorrência do Efeito Fotoelétrico à interação da luz com o metal, e que existe uma frequência mínima para a radiação (comprimento de onda máximo); a energia cinética dos elétrons ao potencial da fonte; e também, frequência de corte para cada material específico.

Na aula 03, através da Parte II (versão 2) do roteiro de atividades, esperava-se que os alunos compreendessem que o potencial de corte do material é o mesmo independente da intensidade da luz que incide no material. Também deveriam perceber a dependência da intensidade da corrente elétrica com a intensidade da luz incidente. Como cada fóton interage com um elétron, se mais fótons chegam ao metal, mais elétrons são ejetados do mesmo, logo o potencial de corte deve permanecer constante. Na aula 04, os alunos deveriam coletar dados por meio do simulador do PhET e relacionar os dados afim de se obter o valor da constante de Planck. Calcular o valor da frequência da radiação com base nos comprimento de onda disponibilizados em uma tabela. A seguir usando o simulador do Efeito Fotoelétrico, determinar o potencial de corte para cada comprimento de onda, anotando os valores na tabela. A aula 05, avaliação, tem como objetivo verificar o nível de entendimento dos alunos com relação aos conceitos estudados nas atividades do roteiro.

Durante o desenvolvimento da proposta foram várias as dificuldades e os problemas enfrentados. A falta do laboratório de informática foi um problema que surgiu antes do desenvolvimento da atividade, impossibilitando a realização da tarefa como ela tinha sido inicialmente concebida. Assim a atividade foi desenvolvida como demonstração. Com isso as dificuldades que os alunos poderiam ter em relação ao simulador do Efeito Fotoelétrico foram minimizadas.

As demais atividades que também seriam feitas na escola, foram realizadas como tarefa extraclasse. A partir desse ponto a cada encontro era reservado dez minutos da aula para troca de informações, tirar dúvidas e auxiliar os alunos. Nesses momentos de auxílio, ficaram evidentes algumas dificuldades por parte dos alunos, não vou relatar todas e sim as que considero mais pertinentes.

Muitos alunos têm dificuldades em relatar suas observações, mesmo entendendo o conceito estudado. Por mais simples ou complexa que seja a observação, deve-se incentivar os alunos a fazer o relato das suas conclusões. Os estudantes também apresentam dificuldades em relacionar grandezas, como é o caso da frequência e do comprimento de onda e ainda obter informações através de gráficos e tabelas.

4 PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional dessa dissertação foi elaborado no intuito de auxiliar o professor que leciona a disciplina de Física. Lembrando que um dos objetivos específicos desse trabalho é justamente o desenvolvimento desse material, atendendo tanto os alunos, bem como os professores.

As sequências de atividades ou sequências didáticas são

conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (ZABALA, 2015).

As propostas apresentadas neste material possibilitam aos alunos oportunidades diversas que favorecem o processo de ensino e aprendizagem, especialmente a aprendizagem conceitual e procedimental. Para os professores, apresenta uma proposta de inserção da FMC e ainda possibilidades de refletir e avaliar o processo de desenvolvimento do conteúdo e das práticas pedagógicas.

A estrutura e desenvolvimento do Produto Educacional será apresentada a seguir.

4.1 Estrutura e Desenvolvimento do Produto Educacional

O diagrama da figura 9 a seguir apresenta as etapas seguidas para a elaboração do Produto Educacional.

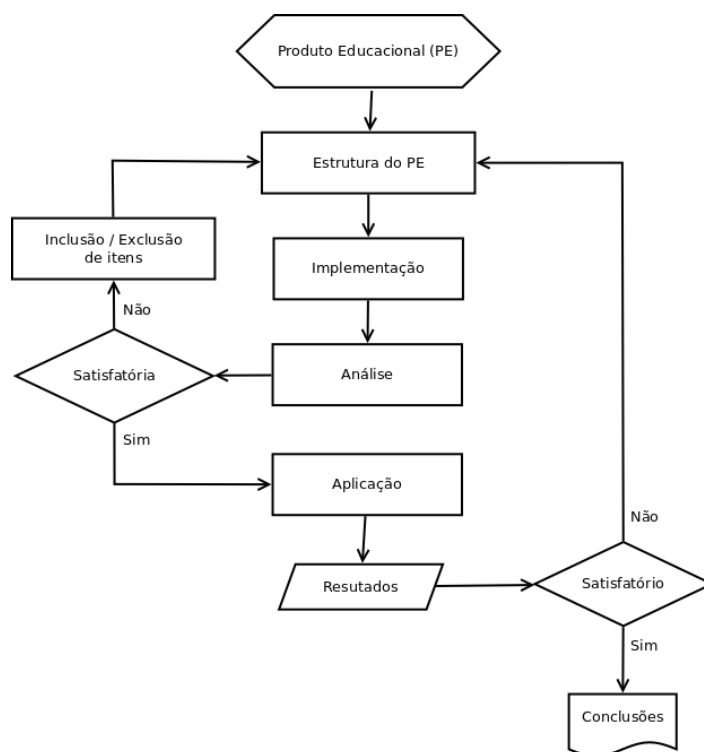


Figura 9 – Representação do processo de (re)estruturação do Produto Educacional.

Após a leitura das respostas dadas pelos professores a um questionário (análise discutida no próximo capítulo) uma versão inicial foi implementada como mostra o diagrama da figura 10.

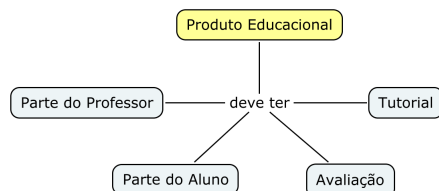


Figura 10 – Versão preliminar do Produto Educacional.

Após a análise dos itens primários (figura10) constantes do Produto Educacional passamos ao ciclo de implementação e análise, incluindo e excluindo itens em cada um dos elementos primários, obtendo um nova versão, como mostra o diagrama da figura 11.

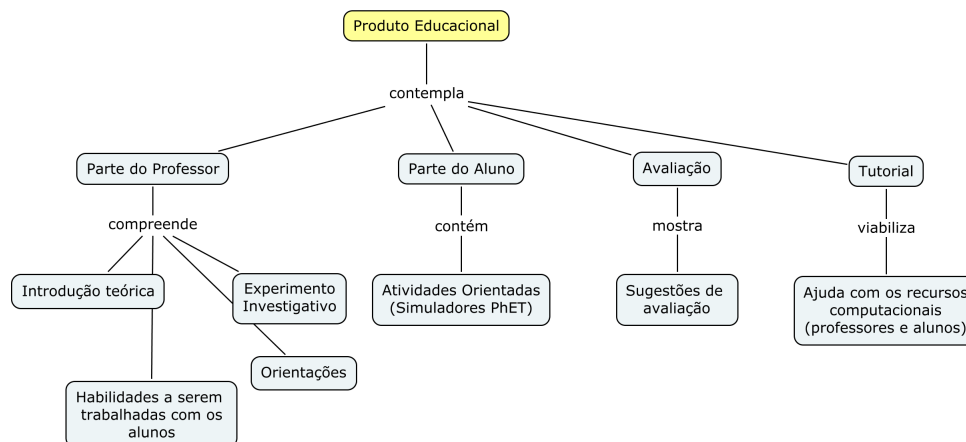


Figura 11 – Versão 2 reestruturada do Produto Educacional.

A parte do aluno da versão 2 foi desenvolvida, com os alunos da escola pública, e os dados e informações coletadas nesta aplicação possibilitaram diversas correções em sua estrutura.

A versão aplicada aos alunos constava de três partes: os conceitos fundamentais, gráficos e fundamentos matemáticos. Após a análise dos resultados e uma reflexão crítica sobre os objetivos, foram acrescentados um conjunto de vídeos que tratam da natureza da luz, um resumo da teoria do Efeito Fotoelétrico. A parte dos fundamentos matemáticos para maior clareza e entendimento foi dividida, gerando um seção específica para o cálculo da frequência e energia da radiação. Por entender que o desenvolvimento da atividade já é uma forma de avaliar, o item avaliação foi inserido na parte dos

alunos, onde ao fim das atividades é apresentada uma sugestão de avaliação. Entendemos que a avaliação deve ser contínua ao longo do desenvolvimento das atividades para

avaliar os alunos conforme suas capacidades e seus esforços, levando em conta o ponto pessoal de partida e o processo através do qual adquirem conhecimentos e incentivando a auto-avaliação das competências como meio para favorecer as estratégias de controle e regulação da própria atividade (ZABALA, 2015).

Na parte do professor foi inserido um experimento investigativo ou motivador, para servir de interface entre os conceitos da Física clássica e a moderna, a teoria que trata da fenomenologia do Efeito Fotoelétrico, as habilidades a serem trabalhadas com o alunos e um conjunto de orientações gerais e específicas.

O diagrama da figura 12 mostra uma versão atual do Produto Educacional, porém a parte dedicada aos professores ainda não foi submetida à apreciação por outros docentes, que lecionam a disciplina de Física no ensino médio. Uma versão definitiva do Produto Educacional fica proposta como futuros trabalhos.

O Produto Educacional possibilita ao professor o desenvolvimento do tópico de forma atual e dinâmica, aprofundando os conteúdos trabalhados na sala de aula convencional, despertando uma maior motivação nos alunos. A seguir será apresentado um resumo do Produto Educacional, destacando a parte relativa aos alunos.

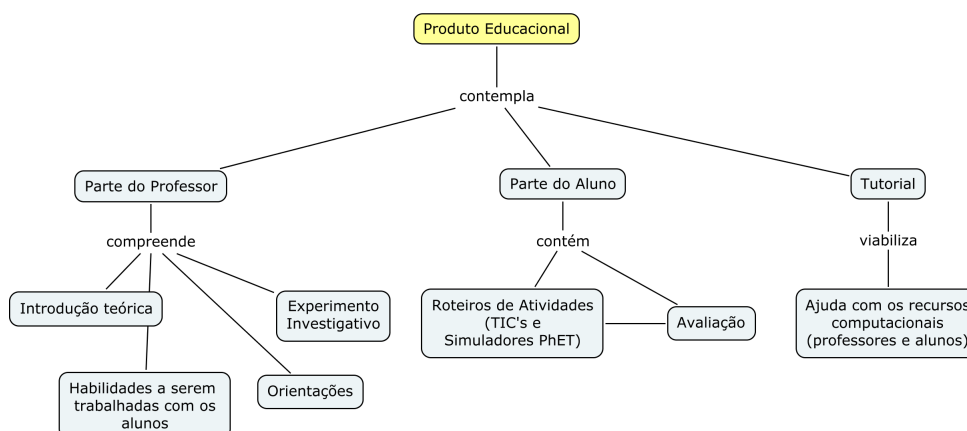


Figura 12 – Versão 3 do Produto Educacional.

4.2 O Produto Educacional

4.2.1 Parte do professor

A parte do professor foi pensada com o objetivo de atender tanto aos professores com formação específica em Física, bem como aqueles com formação em áreas afins e que lecionam Física.

Nesta seção o professor conta com uma introdução que trata da fenomenologia do Efeito Fotoelétrico uma proposta de um experimento investigativo, que pode ser usado como forma de inserção do tema. O experimento investigativo consiste de um circuito elétrico simples, onde o aluno seja capaz de relacionar o brilho de um LED à incidência de uma radiação extra, por meio de um componente LDR. Apresenta ainda, orientações gerais e específicas no sentido de informar como e quando executar o roteiro, bem como as principais habilidades que devem ser trabalhadas com os alunos. O roteiro propõe uma avaliação e ainda sugere outras formas de avaliação que o professor poderá usar, ou ainda, adaptar para a sua turma/escola. Esta

avaliação se encontra como material do aluno.

4.2.2 Parte do Aluno

Esta parte foi desenvolvida com o objetivo de orientar os alunos a explorar os conceitos e as particularidades do Efeito Fotoelétrico.

Para dar suporte ao aluno, o roteiro de atividades indica uma série de vídeos que tratam da natureza da luz, como partícula e como onda e ainda da dualidade da matéria ¹. Em seguida, contempla uma introdução teórica do Efeito Fotoelétrico, onde é evidenciado o cálculo da energia do fóton, a obtenção do valor da constante de Planck e a função trabalho de um dado material. Fechando a parte do aluno o roteiro traz uma avaliação que pode ser usada como verificação dos conceitos básicos estudados ou como avaliação de todo o processo.

Para complementar o desenvolvimento das atividades, o roteiro conta ainda com um recurso computacional, como forma de favorecer o processo de aprendizagem do tema como apontado por Bulegon (2011). Entre as diversas ferramentas computacionais, gratuitas, optamos por utilizar os simuladores do PhET disponível em Português no link <http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric>. Uma alternativa ao simulador do PhET, pode ser conferida em <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/index.html>> que além da simulação do Efeito Fotoelétrico, ainda apresenta textos, desafios, notas históricas e mapas conceituais sobre o tema. No entanto, optamos pelo PhET pois o mesmo disponibiliza mais recursos, por exemplo: controle do comprimento de onda,

¹ Após a aplicação o roteiro de atividades foi reestruturado, passando então a contemplar essas novas mídias.

gráficos, visualização da luz como onda e fótons.

Através do roteiro de atividades os alunos devem ser capazes de relacionar e compreender: a ocorrência do Efeito Fotoelétrico à interação da luz com o metal, e que existe uma frequência mínima para a radiação (comprimento de onda máximo); a energia cinética dos elétrons ao potencial da fonte; e também, frequência de corte para cada material específico.

Os alunos devem ainda, compreender que o potencial de corte do material é o mesmo independente da intensidade da luz que incide no material, bem como perceber a dependência da intensidade da corrente elétrica com a intensidade da luz incidente. Como cada fóton interage com um elétron, se mais fótons chegam ao metal, mais elétrons são ejetados do mesmo, logo o potencial de corte deve permanecer constante.

Ao fim da atividade os alunos são orientados, através de uma atividade experimental (virtual), a obter o valor da constante de Planck e da função trabalho do material, por coleta de dados no simulador do PhET. Para atingir o objetivo os alunos devem calcular o valor da frequência da radiação com base em alguns valores de comprimento de onda disponibilizados em uma tabela. A seguir, ainda usando o simulador do Efeito Fotoelétrico, determinar o potencial de corte para cada comprimento de onda, anotando os respectivos valores e por fim, esboçar gráficos do potencial em função da frequência. Os alunos devem ser capazes de identificar a curva do gráfico com a função de primeiro grau.

A atividade como um todo, possibilita ao professor diversas formas de avaliação. No entanto, esperamos que o alunos tenham uma evolução como ser humano crítico capaz de aplicar os conhecimentos adquiridos na

sua prática diária. Assim,

a avaliação, assim como a aquisição do conhecimento, devem ser tarefas contínuas e intrinsecamente ligadas ao ato de ensinar e aprender. Ambas devem caminhar juntas, dando significância e significado um ao outro (TEIXEIRA; NUNES, 2008, p. 123).

Dessa forma o professor deve atentar que dentre as diversas formas de avaliar, deve-se considerar a avaliação formativa, pois nela são considerados os aspectos cognitivos do estudante, proporcionando que o mesmo seja o diretor do seu processo de aprendizado. Ainda, esta forma de avaliação tem como foco as habilidades e as competências do aprendiz, melhorando a aprendizagem e por fim, a qualidade do processo de ensino e a prática docente.

4.2.3 Tutorial

O tutorial tem como objetivo viabilizar ajuda de como utilizar as ferramentas computacionais (simulador PhET do Efeito Fotoelétrico), uma vez que podemos ter professores e alunos que não possuem habilidades e ou familiaridades com o uso deste tipo de recurso.

4.2.4 De professor para professor

Disponibiliza algumas informações e sugestões que foram coletadas durante as aplicações das atividades da parte do aluno e que podem ajudar o professor no momento da utilização do material.

4.3 Roteiro de atividades - versão 2

A seguir será apresentado o roteiro de atividades que foi efetivamente desenvolvido com os alunos e que possibilitou a coleta e análise de dados.

4.3.1 Parte I - Conceitos Fundamentais

A Parte I do roteiro de atividades tem como objetivo explorar os conceitos e particularidades do Efeito Fotoelétrico.

Durante a realização dos procedimentos com duração prevista para uma aula de 50 minutos, os alunos deveriam ser capazes de relacionar e compreender:

- a ocorrência do Efeito Fotoelétrico à interação da luz com o metal;
- que existe uma frequência mínima para a radiação;
- a energia cinética dos elétrons ao potencial da fonte;
- a existência de uma frequência de corte para cada material específico.

Atividade Orientada

Aluno:

Turma

Dedique alguns minutos para explorar a simulação "Efeito Fotoelétrico" do PhET disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric>

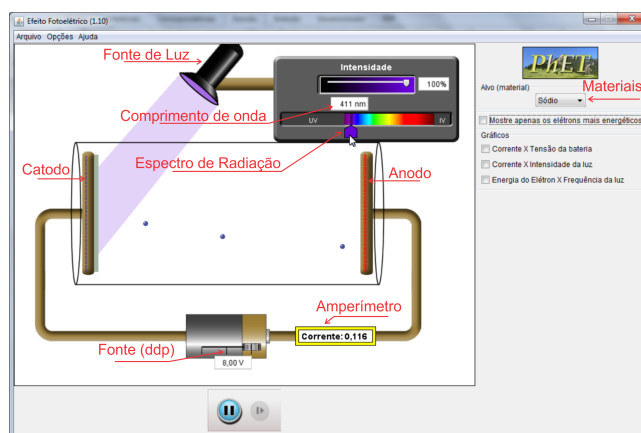


Figura 13 – Tela do Simulador do Efeito Fotoelétrico do PhET

a) Selecione o Sódio em Alvo (material) depois marque: **Mostre apenas os elétrons mais energéticos**, como na fig. 14. Aumente o potencial para o seu valor máximo (8,00V) como a mostra a fig. 15.

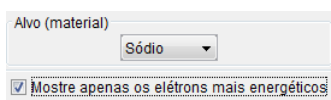


Figura 14 – Escolha do material do cátodo

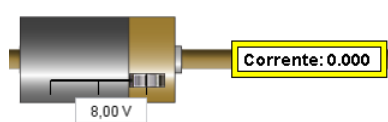


Figura 15 – Diferença de potencial e amperímetro

Quando um material condutor é submetido a uma diferença de potencial verifica-se a presença de uma corrente elétrica. Com as configurações feitas no simulador, não é percebida uma corrente elétrica. Faça algumas considerações para o não surgimento da corrente elétrica.

b) No caso anterior não consideramos a interação da radiação (Luz) com o material. Aumente a intensidade da Luz para 100%, depois mova o cursor para IV (Infravermelho).



Figura 16 – Intensidade da radiação e comprimento de onda da radiação

Configure a fonte para um potencial nulo (0,00V). Mova o cursor do comprimento de onda para a esquerda lentamente, varrendo todo o espectro.

i. Observe o ponto em que o catodo (Sódio) começa a emitir elétrons, anote o valor do comprimento de onda e o valor da corrente elétrica. *(Essa emissão de elétrons pelo Sódio é o efeito o fotoelétrico, que ocorreu pela interação da Luz com o material).*

ii. Repita o item anterior para o potencial máximo (8,00V). Houve mudança na intensidade da corrente elétrica? Comente sua resposta.

iii. Como se pode explicar o fato do material ejetar elétrons a partir de um comprimento de onda específico?

iv. Escolha um valor de comprimento de onda onde se perceba o Efeito Fotoelétrico. Faça as suas considerações para o que se observa, quando se altera a intensidade da Luz (Entre 0% e 100%).

v. Qual é a diferença entre as situações, de potencial nulo e potencial

máximo, em relação ao movimento dos elétrons? A energia cinética dos elétrons é diferente em cada caso?

c) Repetir as questões anteriores considerando que o material do catodo pode ser alterado, por exemplo: Zinco, Cobre, Platina, Cálcio e Magnésio. Observe que todos são metais, então qual seria a diferença em cada caso?

d) Elabore um relatório contendo a descrição do experimento, com as medidas realizadas e as conclusões estabelecidas. Este relatório poderá ser usado pelo professor como instrumento de avaliação.

4.3.2 Parte II - Gráficos

A Parte II do roteiro de atividades tem como objetivo determinar o potencial de corte do material do catodo através de ajustes no simulado do PhET.

Durante a realização dos procedimentos com duração prevista para uma aula de 50 minutos, os alunos deveriam ser capazes compreender e perceber:

- que o potencial de corte do material é o mesmo independente da intensidade da luz que incide no material;
- a dependência da intensidade da corrente elétrica com a intensidade da luz incidente;

Atividade Orientada

Aluno:

Turma

Acesse a simulação do "Efeito Fotoelétrico" do PhET, disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric>

a) Escolha em Alvo (material) o Sódio, coloque 400nm para o comprimento de onda, em seguida aumente a intensidade da luz para 30%. Em gráficos marque a opção: **Corrente x Tensão da bateria**.

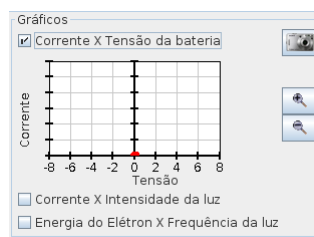


Figura 17 – Gráfico Corrente x Tensão da bateria

Aumente o zoom clicando na lupa com o sinal de mais (Duas vezes).

i) Mova o cursor da bateria até 8,00V. Verifique a intensidade da corrente elétrica no gráfico e também no amperímetro (Ao lado da bateria). Anote o valor da corrente elétrica.

ii) Faça suas considerações, caso a intensidade da luz seja aumentada para 60%.

iii) Volte o cursor da bateria para 0,00V. Verifique suas considerações aumentando para 60% a intensidade de luz. (Faça também para outros valores, tais como 80% e 100%). Anote os valores encontrados. *(Você pode fazer uma cópia do seu gráfico, para cada etapa, clicando na máquina fotográfica! Será útil na confecção do relatório.)*

iv) Repita os procedimentos acima, para outros materiais. (*Coloque valores para o comprimento de onda, que possibilite ocorrer o Efeito Fotoelétrico*).

b) O potencial de corte V_0 de um material, é o valor que a bateria deve assumir, para que a corrente de fotoelétrons seja nula. A teoria clássica prevê que, ao se aumentar a intensidade da luz, a corrente fotoelétrica também aumenta, como verificamos no item anterior. No entanto como fica o potencial de corte nessa situação?

i) Escolha em Alvo (material) o Sódio. *Como na figura 14*. Em gráficos marque a opção: Corrente x Tensão da bateria. *Como na figura 17*. Aumente o zoom clicando na lupa com o sinal de mais (Cinco vezes). Mova o cursor de intensidade luminosa para 50%. Verifique o valor da intensidade da corrente elétrica.

Mova lentamente o cursor da bateria, para o lado negativo da bateria, observando o momento que a corrente elétrica torna-se nula. (*Este potencial é o valor do potencial de corte do material*).

Volte cursor na bateria para 0,00V. Mova o cursor de intensidade da luminosa para 100%. Verifique o valor da intensidade da corrente elétrica.

Movimente o cursor da bateria, para o lado negativo da bateria, observando o momento que a corrente elétrica torna-se nula, como feito anteriormente.

ii) Faça um esboço do gráfico que foi gerado pelo PhET.

c) As suas previsões iniciais estão de acordo com o observado no experimento feito no PhET?

d) Elabore um relatório contendo a descrição das atividades, com as medidas realizadas, gráficos e as conclusões estabelecidas. Este relatório poderá ser usado pelo professor como instrumento de avaliação.

4.3.3 Tópico III – Fundamentos Matemáticos

A Parte III do roteiro de atividades tem como objetivo determinar o valor da constante de Planck e também da função trabalho do sódio. Calcular valores de energia em joule e elétron-volt.

Durante a realização dos procedimentos com duração prevista para uma aula de 50 minutos, os alunos deveriam ser capazes compreender:

- que o valor de h (constante de Planck) é o mesmo;
- que a função trabalho é uma característica do material;

Atividade Orientada

Aluno:

Turma:

A equação abaixo relaciona o potencial de corte (V_0) para um dado material com a frequência (f) da radiação e a função trabalho (ϕ), onde e é a carga do elétron (em módulo: $1,6 \cdot 10^{-19}$ C) e h é uma constante da natureza, conhecida como constante de Planck.

$$V_0 = \left(\frac{h}{e}\right)f - \left(\frac{\phi}{e}\right) \quad (4.1)$$

a) Considere os valores de comprimento de onda dados pela tabela abaixo:

Tabela 4 – Valores de comprimento de onda da radiação - Sódio

	Comprimento de onda λ (nm)	Frequência 10^{14} Hz	Potencial de Corte (V)
1	546		
2	447		
3	375		
4	301		
5	218		

i) Usando a relação $f = \frac{c}{\lambda}$, onde $c = 3.10^8$ m/s, calcule as frequências para cada comprimento de onda, completando a tabela. (*Note que a frequência está em um fator de 10^{14} Hz. Considere apenas três casas decimais no seu resultado.*)
Acesse a simulação do "Efeito Fotoelétrico" do PhET disponível em: <[http://phet.](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric)

[colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric)>

ii) Escolha em Alvo (material) o Sódio, aumente a intensidade da luz para 100%. Altere o cursor do comprimento de onda para os valores dados na tabela 4 (*vamos usar um valor de cada vez*).

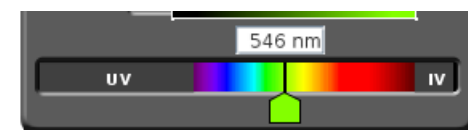


Figura 18 – Controle do comprimento de onda da luz

Modifique o valor da fonte, até o momento em que a corrente elétrica tenha intensidade nula (zero). (*observe que o potencial é negativo*). Complete a tabela, com os valores do potencial de corte, encontrados para cada comprimento de onda dado na tabela 4.

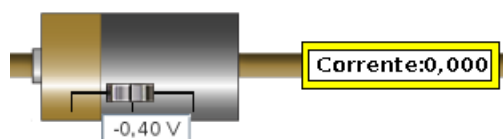


Figura 19 – Controle da diferença de potencial e amperímetro

iii) Nesse momento nossa tabela já está completa. Agora usando os dados da tabela 4 esboce um gráfico do potencial de corte (considere o valor em módulo) em função da frequência. Verifique se há uma relação do gráfico que você esboçou com a equação 4.1, identificando os elementos que você reconhecer. (Lembre da equação de 1º grau, estudada na matemática).

iv) Com os dados de seu gráfico, obtenha o valor da constante de Planck.

v) Usando a equação 4.1, obtenha o valor da função trabalho para o Sódio.

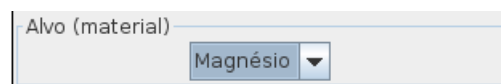
b) Considere os valores de comprimento de onda dados pela tabela abaixo

Tabela 5 – Valores de comprimento de onda da radiação - Magnésio

	Comprimento de onda λ (nm)	Frequência 10^{14} Hz	Potencial de Corte (V)
1	339		
2	301		
3	257		
4	210		
5	166		

i) Repita todos os passos do item a, no entanto escolha o Magnésio em

Alvo (material).



A screenshot of a software interface. It features a light gray rectangular box with a thin border. Inside the box, the text 'Alvo (material)' is positioned at the top left. To the right of this text is a dropdown menu. The menu is currently open, showing the selected item 'Magnésio' in a darker gray box. A small downward-pointing arrow is visible to the right of the text 'Magnésio'.

Figura 20 – Menu de escolha do material do catodo

5 RESULTADOS E ANÁLISES

5.1 Análise do Questionário dos Professores

A pesquisa por meio de questionário constitui-se em uma importante ferramenta, podendo ser usada para obter informações de uma dada quantidade de pessoas.

Nesse trabalho foram investigados dez professores de diversas cidades do Estado de Minas Gerais. A seguir são apresentadas algumas informações da abrangência do questionário aplicado a esses professores.

A primeira pergunta do questionário refere-se ao nome do professor. Para garantir o anonimato, os consultados serão chamados apenas de Prof K, onde K assume valores de 1 a 10. As questões de 2 a 5, de respostas diretas, foram utilizadas para os dados informativos apresentados na sequência.

A tabela 6 a seguir apresenta as SREs em que se teve algum professor consultado. O quadro ainda mostra o número de municípios de cada SRE e o número de escolas ¹, públicas e privadas, desses municípios.

A tabela mostra apenas sete das 47 SREs do Estado, representando um percentual de 14,89% desse total. É um número pequeno, mas significativo, levando-se em consideração a abrangência dessas superintendências e as particularidades de cada região e as cidades onde estão alocadas as escolas. Lembrando que a intenção do questionário é apenas coletar informações sobre a inserção da Física Moderna no ensino médio e não servir de base para um trabalho estatístico.

Do total de professores consultados, seis são homens e quatro mulheres, com idades variadas como mostra a tabela 7 a seguir.

¹ Dados sobre as escolas, públicas e privadas, podem ser visualizados em: <<https://www.educacao.mg.gov.br/parceiro/lista-de-escolas>>

Tabela 6 – Quadro informativo das SRE que tiveram docentes investigados.

Superintendência Regional de Ensino	Número de Municípios	Número de Escolas
Campo Belo	12	36
Divinópolis	30	134
Pará de Minas	20	74
Passos	16	52
Pouso Alegre	30	74
Sete Lagoas	18	73
Varginha	28	134

Tabela 7 – Tabela das idades dos professores investigados.

Idade	Frequência	%
menos de 20 anos	0	0%
de 21 a 30 anos	1	10%
de 31 a 40 anos	5	50%
de 41 a 50 anos	1	10%
mais de 50 anos	3	30%
Total	10	100%

Ainda, de acordo com o questionário, temos oito docentes com formação específica em Física (licenciatura plena) e dois professores com formação em outras áreas (Engenharia Elétrica e Ciências Biológicas). 50% possuem curso de pós graduação Lato Sensu. Desses, cinco professores estão cursando o mestrado profissional em ensino de física.

Outro dado coletado no questionário, foi sobre o ano de conclusão da graduação dos professores. Um obteve sua colação de grau em 1977, aposentando-se após dedicar 35 anos de trabalho à educação de Minas Gerais. Dois concluíram seus estudos em 1978 e 1982 e os demais professores entre os anos 2003 e 2006. Portanto, nenhum dos entrevistados teve sua formação com as atuais diretrizes exigidas para os cursos de licenciaturas.

A seguir serão apresentadas as respostas relacionadas à parte específica do questionário, dadas pelos professores investigados que lecionam a disciplina de

Física.

Para a pergunta **6 - Durante sua formação os conteúdos de Física Moderna foram desenvolvidos nas disciplinas do curso?**

Tabela 8 – Respostas dos professores para a pergunta seis do questionário.

Categoria	Professor	Fala
Estudou Física Moderna na graduação.	Prof1	“Sim. Tivemos aula na faculdade de Física Moderna.”
	Prof2	“Sim.”
	Prof3	“Cursei as disciplinas referentes aos conteúdos de Física Moderna no bacharelado em física na UFRJ na década de 1980. ”
	Prof5	“Sim. Porém as aulas ministradas não tiveram uma ênfase, desse modo não atingiram o objetivo de preparar os graduando para a devida importância a Física Moderna.”
	Prof7	“Sim. ”
	Prof9	“Sim, tive uma disciplina de 60 horas de Física Moderna e outra de 105 horas micro-ondas.”
	Prof10	“Sim. Na grade curricular havia estrutura da matéria. O estudo de Física Moderna não foi o principal e sim a física clássica.”

Continua na próxima página ...

Tabela8 – Continuação da página anterior.

Categoria	Professor	Fala
Não estudou Física Moderna na graduação.	Prof4	“Não ”
	Prof6	“Tive biofísica.”
	Prof8	“A disciplina de Física Moderna nunca foi prioridade na grade curricular nem do meu curso de licenciatura curta em ciências e na planificação em física. ”

A maior parte dos professores afirmam que estudaram Física Moderna na graduação. No entanto é possível verificar que a carga horária não foi suficiente ou não foi dada a devida importância para esse tópicos. Os Professores 3, 9 e 10 concluíram suas graduações a mais de trinta anos, dificultando o ensino desses tópicos. Vale ressaltar que os professores 2, 3, 4, 7 e 9 estão cursando mestrado em ensino de física. O professor 10 está aposentado, mas é um defensor do ensino de Física Moderna. Mas, mesmo assim, fica evidente que os tópicos não foram trabalhados de modo que os docentes sintam-se preparados para o ensino desses conteúdos no ensino médio.

Podemos sugerir que a formação de professores deve passar por uma reformulação no intuito de preparar os futuros professores para o ensino não apenas da física clássica mas também da física moderna e contemporânea.

Para a pergunta **7 - Você considera importante a inserção dos conteúdos de Física Moderna no ensino médio? Em sua opinião, quais seriam os conteúdos de maior relevância?**

Tabela 9 – Respostas dos professores para a pergunta sete do questionário.

Professor	Fala
Prof1	“Sim. Considero muito importante a inserção de Física Moderna no ensino médio, os conteúdos mais importantes são: Relatividade, o Efeito Fotoelétrico, a mecânica quântica, o átomo de Bohr, o fóton.”
Prof2	“Sim. Acredito que a física nuclear, pela aplicação prática. Física quântica pela importância de conhecer a evolução do pensamento humano.”
Prof3	“Sim. Os conteúdos mais relevantes são: teoria dos quanta, Efeito Fotoelétrico, natureza dual da luz, dualidade onda partícula, modelos atômicos, noções básicas de radioatividade, fissão e fusão nuclear e noções de teoria da relatividade.”
Prof4	“Sim. Teoria da relatividade para expandir a mente dos alunos para uma nova etapa da física.”

Continua na próxima página ...

Tabela9 – Continuação da página anterior.

Professor	Fala
Prof5	“Sim. Efeito fotoelétrico, os postulados da teoria da relatividade, a radiação de corpo negro, a quantização empírica da energia: Max Planck, princípio da incerteza de Heisenberg, a onda de matéria de de Broglie. Hoje é perceptível que cada vez mais os alunos procuram cursos de graduação que envolvem tecnologia avançada baseada nesses princípio e mesmo aqueles que não continuarão a estudar terão uma breve noção do surgimento dessa nova tecnologia, utilizada por eles, presente no dia a dia.”
Prof6	“Acho importante, todos se fosse possível.”
Prof7	“Em partes considero importante, alguns alunos não farão cursos que necessitam desse conhecimentos. Porém a maioria dos alunos vão precisar para fazerem o ENEM, ou outros vestibulares, alguns conceitos importantes devem ser estudados: Radioatividade, Efeito Fotoelétrico.”

Continua na próxima página ...

Tabela9 – Continuação da página anterior.

Professor	Fala
Prof8	“Com o avanço da tecnologia vivemos com o constante uso de equipamentos onde se faz necessário o conhecimento e a aplicação da Física Moderna. Essa parte da física deveria ser tratada como todas as outras (Cinemática, termo, Eletromagnetismo e etc). Historicamente não podemos esquecer do efeito fotoelétrico e dos postulados da relatividade; a relação de fótons e ondas de matéria, um pouco de física nuclear e energia nuclear.”
Prof9	“Sim, física quântica porque é responsável pelo grau de desenvolvimento atual principalmente na eletrônica.”
Prof10	“Sim, pois a Física Moderna apresenta um grande significado no entendimento científico atual e muitas aplicações tecnológicas. Os conteúdos de maior importância seriam os que mostram a evolução do pensamento científico e aí entram os princípios das teorias da relatividade e da teoria quântica.”

Para a categoria *Não considera importante inserir tópicos de Física Moderna no ensino médio*, não foram encontradas respostas.

Através do quadro de respostas dos professores, podemos concluir que todos consideram importante a inserção de tópicos de Física Moderna no ensino médio. Após a análise das respostas, percebemos que os professores fazem conexão entre os equipamentos e tecnologias atuais com a Física Moderna, o que leva a entender que o currículo apresentado para o ensino médio está defasado. No entanto, para o Prof7 a importância de se estudar Física Moderna é parcial pois ela é cobrada nos exames de seleção (ENEM, Vestibulares), não destacando a importância dessa nova física para o cotidiano do aluno. Ainda, de acordo com o quadro, analisando as opiniões dos professores sobre os tópicos de maior relevância, verifica-se que a teoria da relatividade e o Efeito Fotoelétrico são os mais mencionados.

Podemos perceber, também que os professores em diversas ocasiões se deparam com dificuldades na hora de ensinar tais conteúdos. Para alguns, o que pesa é não ter estudado tais conteúdos na graduação. Para outros, a falta de um material adequado para o ensino médio, a falta de ligação entre a “nova física” e o que está em volta dos alunos. A maioria dos professores também afirma que o número de aulas semanais não é suficiente (atualmente no estado de Minas Gerais tem-se duas aulas semanais). Os autores Silva e Cunha (2011), em pesquisa semelhante, relatam em suas conclusões dificuldades idênticas as nossas e ainda reforçam a importância da formação continuada e a atualização do currículo.

Para a pergunta **8 - Que “ferramentas” você poderia utilizar para abordar esses conteúdos no ensino médio? (Livros didáticos, revistas, artigos, ferramentas computacionais, outras mídias, etc.)**

Tabela 10 – Respostas dos professores para a pergunta oito do questionário.

Professor	Fala
Prof1	“Livros didáticos, data show, revistas”
Prof2	“Texto em linguagem científica para motivar a carreira nos estudantes retirados das mais variadas fontes. Artigos, sites de universidades e livros.”
Prof3	“Livro didático, Phet, pesquisa na internet.”
Prof4	“Todos os citados na pergunta.”
Prof5	“Ferramentas computacionais, livros didáticos, revistas, filmes, experiências.”
Prof6	“Revistas, artigos.”
Prof7	“Livros, ferramentas computacionais, vídeos.”
Prof8	“Para o ensino médio temos poucos livros que abordem esses temas, mas com auxílio da internet e softwares (ferramentas computacionais) poderiam se de grande valia na apresentação deste trabalho.”
Prof9	“Livros didáticos, artigos e vídeos”
Prof10	“Livros, mídias, experimentos.”

Através do quadro fica claro que o livro didático é um instrumento de apoio para os professores. No entanto os mesmos fazem uso de outros recursos para complementar suas aulas. Outra ferramenta utilizada pelos professores são

os recursos computacionais, vídeos e internet, isto é, os professores fazem uso das TICs para abordar os tópicos de Física Moderna em suas aulas.

Para a pergunta **9 - Você faz uso de alguma “ferramenta” na preparação de suas aulas? Como você avalia o impacto da mesma no processo de ensino e aprendizagem?**

Tabela 11 – Respostas dos professores para a pergunta nove do questionário.

Professor	Fala
Prof1	“Na preparação das aulas eu utilizo muito pesquisas na internet e procuro ler artigos e usar de videos ilustrativos para melhorar a compreensão dos fenômenos. O ideal é que possamos usar dos recursos tecnológicos para facilitar melhor absorção de nossos alunos dos conhecimentos da física e facilitar assim sua compreensão.”
Prof2	“Utilizo o CRV, sugerido pela secretaria estadual de educação. São materiais bons. Já organizados para facilitar o acesso pelo professores.”
Prof3	“A ferramenta que mais utilizo é o livro didático. Ele é muito importante para a observação das figuras ilustrativas dos temas, na resolução de exercícios, para pesquisa na sala de aula.”

Continua na próxima página ...

Tabela11 – Continuação da página anterior.

Professor	Fala
Prof4	“Não. Não posso responder a essa questão pois não sei avaliar o uso de ferramentas na minha aula.”
Prof5	“Sim. Durante a aula é possível perceber o interesse dos alunos através de sua participação e sua arguição. Outra forma de avaliá-los é através de atividades em classe ou extraclasse e apresentação de relatórios.”
Prof6	“Utilizo livros, internet”
Prof7	“Sim. É uma forma de buscar o interesse do aluno, pois pode ter mais noção do assunto.”
Prof8	“Gosto muito de trabalhar com atividades experimentais, e vejo um bom resultado ao momento que os alunos interagem com a prática e conseguem visualizar na prática a teoria que foi dada em sala.”
Prof9	“Sim, principalmente vídeos. Nos vídeos tem uma imagem quase real, isso favorece muito a aprendizagem.”

Continua na próxima página ...

Tabela11 – Continuação da página anterior.

Professor	Fala
Prof10	“As considerações sobre as experiências dos alunos e a ligação destas com os conteúdos de física eram as bases de minhas aulas, pois agora já sou aposentado. O que nos convence são nossas experiências. ”

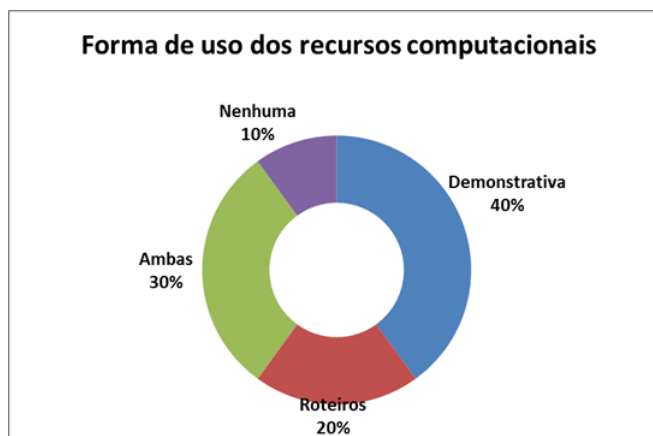
Os professores consultados no momento do planejamento de suas aulas fazem uso de vídeos, leitura de artigos, consulta aos livros didáticos e pesquisa na internet. Um professor faz uso somente do Centro ² de Referência Virtual do Professor (CRV). O Prof3 afirma que a principal ferramenta que utiliza para a preparação de suas aulas é o livro didático, pois contempla figuras ilustrativas. No entanto as figuras são estáticas o que impossibilita extrapolar os conceitos e informações nelas contidos. Isso justifica o uso dos simuladores, que são representações dinâmicas, possibilitando ao professor demonstrar de forma clara um conceito ali presente. Além disso os professores podem, além da demonstração, usar Roteiros de Atividades para que os alunos manipulem as variáveis disponíveis, para verificarem os resultados, e assim refletirem sobre os conceitos e leis envolvidos.

Para a pergunta 10 - O uso destas “ferramentas” ocorre?

As ferramentas computacionais aparecem na maioria das sugestões. Os professores consideram o seu potencial no ensino de física, sejam como atividades para os alunos ou na forma demonstrativa do conteúdo a ser estudado, como pode ser visto na figura 21.

² <<http://crv.educacao.mg.gov.br>>

Figura 21 – Gráfico do uso, pelos professores, das Ferramentas computacionais.



Para a pergunta 11 - **Você teria alguma sugestão para inserção dos conteúdos da Física Moderna no ensino médio?**

A tabela 12 apresenta as respostas dos professores.

Tabela 12 – Respostas dos professores para a pergunta onze do questionário.

Categoria	Professor	Fala
Sim	Prof1	“Penso que a inserção da Física Moderna poderia ser de forma demonstrativa usando data show, notebook , principalmente de forma visual, pois assim facilitara muito a melhor compreensão de nossos alunos destes temas um pouco mais complexos.”

Continua na próxima página ...

Tabela12 – Continuação da página anterior.

Categoria	Professor	Fala
	Prof2	“As simulações computacionais são as principal sugestão, uma vez que atividades experimentais têm viabilidade reduzida.”
	Prof3	“Estes conteúdos podem ser inseridos através do uso do simulador phet, construção de apostilas e vídeos.”
	Prof5	“Aumentar o número de aulas na grande curricular, pois a atual grade curricular não permite que o conteúdo de física clássica seja trabalhada no seu total, ficando assim Física Moderna a desejar. Capacitação para os alunos no conteúdo de matemática voltada para Física Moderna, uma vez que muitos alunos apresentam dificuldades até, mesmo, nas operações básicas. Um curso de reciclagem ou até mesmo de preparação para os professores regente de aula, pois muitos vezes o conteúdo é deixado para o final do curso devido o despreparo do professor ou por falta de segurança em transmitir o conteúdo.”
	Prof7	“Passar,filme relacionando o tema e fazer debates com a turma.”

Continua na próxima página ...

Tabela12 – Continuação da página anterior.

Categoria	Professor	Fala
	Prof8	“Conforme, mencionado na questão 08 temos poucos livros que abordem esses temas, mas com auxílio da internet e softwares (ferramentas, computacionais) poderiam ser de grande valia na inserção desse conteúdo.”
	Prof9	“Poderíamos usar os recursos tecnológicos para isso teríamos que ter aulas e equipamentos.”
	Prof10	“Leituras e reflexões com relações as tecnologias que as aplicam atualmente.”
Não	Prof4	“Não. Porque com duas aulas semanais não é possível nem dar o conteúdo do CBC (reinventando).”
	Prof6	“Deveria ter mais aulas para conteúdo.”

Apesar das sugestões, fica evidente que o número de aulas é um problema para que os professores trabalhem efetivamente a Física Moderna. Outro fator, está na preparação inadequada dos professores, dito anteriormente na seção 2. Também, na composição dos planejamentos, pois deixam a Física Moderna para o final do ano letivo.

5.2 Análise do Roteiro de Atividades

A turma em que as atividades foram desenvolvidas era composta por quarenta e dois alunos. Durante o ano letivo foram remanejados oito alunos para

outras turmas da escola ou para outras escolas. No início do desenvolvimento do roteiro de atividades, mais quatro alunos foram remanejados, ficando então, frequentes trinta e um alunos.

A seguir serão apresentadas algumas informações sobre a avaliação (Apêndice B). Também conclusões da análise das respostas e relatos referentes à Parte I do roteiro de atividades, relacionando as questões da avaliação com esta etapa. Em seguida, serão apresentadas as conclusões da Parte II do roteiro e a questão da avaliação que se relaciona com esta etapa. Por fim, as conclusões da Parte III do roteiro, relacionando essa etapa a uma questão da avaliação.

A tabela a seguir apresenta o panorama geral da turma.

Tabela 13 – Relação dos alunos que entregaram as atividades propostas no roteiro.

Estudantes	Situação	Entregou as atividades
Estudante 1	F	S
Estudante 2	F	S
Estudante 4	F	S
Estudante 5	I	N
Estudante 6	I	N
Estudante 8	F	S
Estudante 9	I	N
Estudante 10	I	N
Estudante 14	F	S
Estudante 15	F	S
Estudante 17	F	S
Estudante 19	F	S
Estudante 20	I	N
Estudante 21	I	N

Continua na próxima página ...

Tabela13 – Continuação da página anterior.

Estudantes	Situação	Entregou as atividades
Estudante 24	F	S
Estudante 25	I	N
Estudante 26	F	S
Estudante 27	F	S
Estudante 28	F	S
Estudante 30	F	S
Estudante 31	I	N
Estudante 32	F	S
Estudante 33	F	S
Estudante 34	F	S
Estudante 35	F	S
Estudante 36	F	S
Estudante 37	I	N
Estudante 38	F	S
Estudante 40	F	S
Estudante 41	F	S
Estudante 42	I	N
Total		21

A coluna “Situação” representa a participação dos alunos durante o processo de aplicação dos Roteiros de Atividades, sendo “F” para frequente e “I” representa os alunos que não participaram efetivamente ou não entregaram as atividades e não tiveram seus trabalhos analisados. O total representa o número de atividades entregues e que foram analisadas.

Após o desenvolvimento do roteiro de atividades, os vinte e um alunos que participaram das atividades, foram submetidos a uma avaliação cujo objetivo foi a verificação da aprendizagem do conteúdo conceitual em diferentes níveis de

complexidade e também os conteúdos procedimentais (ler, interpretar, relacionar), em diversos níveis. A avaliação era composta de dez questões de múltipla escolha envolvendo o tema.

A avaliação nesse caso foi usada como recurso de reflexão para auxiliar e enriquecer o processo educativo, não configurando como objetivo central verificar quantos alunos marcaram a opção certa ou quantos marcaram outras alternativas, e sim fazer uma reflexão sobre o que pode ter influenciado os alunos a marcar uma determinada resposta.

Foi objetivo estabelecer uma relação entre: questões e conceitos envolvidos com o roteiro de atividades proposto procurando identificar possíveis falhas em sua estrutura e ainda na formulação das questões da avaliação.

Algumas informações da correção da avaliação que serviram de referência para a análise dos conceitos relacionados no roteiro de atividades serão apresentadas a seguir .

A tabela 14 a seguir foi obtida através de uma planilha eletrônica, desenvolvida pelo autor da dissertação, onde as células em tom azul escuro indicam o aluno que marcou a alternativa considerada correta e as células vermelhas indicam o aluno que marcou outra alternativa. Foram considerados apenas os 21 alunos que participaram de todas as etapas desenvolvidas neste trabalho.

Tabela 14 – Tabulação das respostas dos alunos para a avaliação.

Estudantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Estudante 1	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red
Estudante 2	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red
Estudante 4	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Red
Estudante 8	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Red	Blue	Red	Red	Red
Estudante 14	Blue	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red
Estudante 15	Blue	Red	Blue	Red	Red	Red	Blue	Red	Red	Red

Continua na próxima página ...

Tabela14 – Continuação da página anterior.

Estudantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Estudante 17	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Red	Red	Red
Estudante 19	Red	Red	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red
Estudante 24	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Blue	Blue
Estudante 26	Blue	Red	Red	Red	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Red
Estudante 27	Blue	Red	Blue	Red	Red	Red	Blue	Red	Red	Red
Estudante 28	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Blue
Estudante 30	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Red
Estudante 32	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Blue
Estudante 33	Blue	Red	Blue	Red	Red	Red	Blue	Red	Blue	Red
Estudante 34	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Red
Estudante 35	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Blue
Estudante 36	Blue	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Estudante 38	Red	Red	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Red
Estudante 40	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Blue	Red	Red
Estudante 41	Blue	Red	Blue	Red	Blue	Red	Red	Red	Red	Red

Através da tabulação das avaliações podemos extrair a frequência de respostas, para cada opção da questão, como mostra a tabela 15. Onde os números em negrito representam a opção correta.

Tabela 15 – Frequência das repostas dos alunos para cada questão.

		Questões									
Opção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	2	1	0	7	0	10	1	7	1	1	
B	0	3	0	3	2	7	1	1	8	2	
C	0	2	2	10	1	3	18	9	11	5	
D	19	15	19	1	18	1	1	4	1	13	

5.2.1 Parte I – Conceitos Fundamentais

A Parte I do roteiro de atividades trata dos conceitos fundamentais do Efeito Fotoelétrico. Esta parte foi desenvolvida com o objetivo de orientar os alunos a explorar os conceitos e as particularidades do tema.

Durante e após a realização dos procedimentos constantes da Parte I do roteiro de atividades, os alunos foram orientados a relacionar:

- i. a ocorrência do Efeito Fotoelétrico à interação da luz (que deve ser tratada como uma partícula) com o metal, e que existe uma frequência mínima para a radiação (comprimento de onda máximo), isto é, a uma frequência de corte;
- ii. a energia cinética dos elétrons ao potencial da fonte;
- iii. uma frequência de corte para cada material específico.

No início das atividades os alunos são questionados sobre o surgimento de uma corrente elétrica, com base em alguns ajustes disponíveis no simulador. Inicialmente, sem a presença de luz e com potencial máximo na fonte. Em seguida, com a presença de luz e potencial nulo, de acordo com fragmento do roteiro de atividades a seguir:

Quando um material condutor é submetido a uma diferença de potencial verifica-se a presença de uma corrente elétrica. Com as configurações feitas no simulador, não é percebida uma corrente elétrica. Faça algumas considerações para o não surgimento da corrente elétrica.

No caso anterior não consideramos a interação da radiação (Luz) com o material. Aumente a intensidade da Luz para 100%, depois mova o cursor para IV (Infravermelho).

Configure a fonte para um potencial nulo (0,00V). Mova o cursor do comprimento de onda para a esquerda lentamente, varrendo todo o espectro.

Assim, de acordo com o **Estudante 36** “*Não ocorre o surgimento de corrente elétrica porque não há interação da luz com o material*”, e que “*Não é qualquer comprimento de onda que fará o material ejetar elétrons.*”.

Dos vinte e um alunos que entregaram as atividades propostas nos roteiros, após analisadas as respostas, relatos e conclusões, temos que para dezesseis alunos o surgimento de uma corrente elétrica, no simulador do PhET, está condicionada a presença de luz. E que a intensidade da corrente varia com a variação da intensidade da luz.

De acordo com a resposta do Estudante 36, podemos perceber que através do roteiro de atividades fica evidente que o Efeito Fotoelétrico somente acontece a partir de um determinado comprimento de onda mínimo. Um fato não observado pelos alunos nesse caso foi a relação entre a frequência e o comprimento de onda.

Outro conceito explorado pelo roteiro de atividades que será mostrado a seguir, foi a energia cinética dos elétrons. O roteiro orienta os alunos a observar o movimento dos fotoelétrons para duas situações: primeiro para potencial nulo, depois para potencial máximo. Nesse ponto, os alunos, são questionados sobre a energia cinética dos elétrons ejetados. O conceito de energia já foi trabalhado no primeiro ano e retomado no segundo e terceiros anos dentro de outros tópicos.

Qual é a diferença entre as situações, de potencial nulo e potencial máximo, em relação ao movimento dos elétrons? A energia cinética dos elétrons é diferente em cada caso? Qual é a relação entre o comprimento de onda da radiação e a energia cinética dos elétrons? Altere o valor do comprimento de onda para verificar. Relate suas conclusões.

Para esse questionamento o **Estudante 32** respondeu “*Com o potencial máximo o movimento dos elétrons é mais rápido, enquanto potencial nulo os elétrons se movimentam lentamente. Pelo efeito da força aplicada.*”. Para potencial nulo não se estabelece, entre as placas, um campo elétrico. Para potencial máximo, já é verificada a presença de campo elétrico, que faz com que os elétrons se orientem para

o anodo, aumentando a intensidade da corrente elétrica (pois os elétrons que não atingiriam a placa são direcionados diretamente para ela) até um valor constante e aumentando também a velocidade de translação dos elétrons. Devido à interação dos elétrons com o campo surge sobre cada um deles uma força elétrica. Os demais alunos relacionam os mesmos conceitos com base na mudança da intensidade da fonte, como podemos ver na resposta do **Estudante 27** “*Os elétrons se movimentam lentamente para potencial nulo. Os elétrons se movimentam mais rápido para potencial máximo. Causada pela intensidade aplicada.*”. A intensidade aplicada nesse contexto está relacionada ao valor da fonte (bateria).

Finalizando as atividades da parte I do roteiro os alunos deveriam relacionar a frequência de corte (ou comprimento de onda mínimo³) para os diferentes materiais disponibilizados no simulador do PhET.

Repetir as questões anteriores considerando que o material do catodo pode ser alterado, por exemplo: Zinco, Cobre, Platina, Cálcio e Magnésio. Observe que todos são metais, então qual seria a diferença em cada caso?

Para os **Estudantes 32 e 34** as suas conclusões sobre o observado no simulador foram: “*No caso do cálcio e magnésio, houve mudança apenas no comprimento de onda necessário para o início da movimentação dos elétrons.*”. Entenda “movimentação” como ejeção.

Para o **Estudante 36** quando questionado sobre o que mudaria para outros materiais, respondeu “*Em cada caso foi observado mudança apenas no comprimento de onda necessário para ejetar elétrons.*”. O estudante 36 fez os procedimentos para o cobre e a platina, obtendo valores satisfatórios. Para esta etapa sete alunos fizeram os procedimentos exigidos no roteiro, no entanto não relataram suas conclusões e/ou dificuldades, os demais alunos conseguiram perceber que ao se mudar o material do catodo, o comprimento de onda mínimo para a ocorrência do efeito muda, em relação ao material anterior (sódio).

³ Lembrando o que se manipula no simulador é o comprimento de onda

O fato dos alunos não escreverem suas conclusões, a princípio é um problema apenas para o desenvolvimento das atividades. No entanto nesse momento cabe uma pergunta: esses estudantes desenvolvem atividades regulares onde são exigidos deles os procedimentos de relatar e concluir? Para os alunos que foram investigados, pode se dizer que os mesmos possuem habilidades e conhecimentos, no entanto poucos exercícios e/ou atividades eram com esse o foco, logo para o desenvolvimento dos conteúdos procedimentais constantes no roteiro de atividades fica evidente essas dificuldades.

Apresentar questões subjetivas ou dissertativas aos alunos é uma prática comum, mas para uma fração desses alunos o pensamento ainda é o convencional, com exercícios que envolvam cálculos e aplicação de fórmulas, como apontado no PCN's e ainda por Pelizzari et al. (2002). Outra reflexão que deve ser feita é sobre a formação dos professores e as práticas docentes dos mesmos. Logo, se o professor não trabalha regularmente atividades que exigem tais procedimentos, os alunos quando solicitados não irão apresentar tais habilidades, pois esta deve ser desenvolvida e não ensinada. Fica claro que os conteúdos procedimentais e ainda os atitudinais precisam ser trabalhados com mais regularidade, para que os alunos ao longo do desenvolvimento das atividades do roteiro, e de outras atividades, desenvolvam as habilidades necessárias.

Com a parte I do roteiro, podemos relacionar as questões 1, 2, 7 e 10 da avaliação, que consideram os seguintes conteúdos conceituais: **Saber que a luz possui natureza dual: onda ou partícula, Compreender o Efeito Fotoelétrico e a função trabalho dos metais**. As questões tratam dos conceitos básicos. A partir desses conceitos iniciais, os alunos deveriam ser capazes de relacionar esses conceitos em questões de maior complexidade, como é o caso das questões 4 e 9.

A questão 1 da avaliação de acordo com a tabela 15 mostra que os alunos compreenderam muito bem os conceitos iniciais, embora no roteiro de atividades alguns pontos não tenham sido contemplados, tais como a difração e a interferência que já haviam sido trabalhadas na série anterior (segundo ano). Outro conceito

que não foi trabalhado diretamente nos roteiros, mas que foi discutido na aula expositiva é da dualidade onda-partícula. Devido a sua importância esses conceitos já foram incluídos na nova versão do roteiro de atividades.

A questão 2 tem como objetivo verificar se o aluno consegue relacionar a energia da luz ao comprimento de onda da radiação. Ainda, se os alunos conseguem perceber que a energia cinética dos elétrons ejetados depende da frequência da radiação incidente. A questão ainda exige um conteúdo procedimental de leitura para estabelecer uma diferença entre as alternativas.

De acordo com a tabela 15, a questão 2 deixa claro que os alunos não conseguiram perceber que a frequência da radiação está diretamente associada ao comprimento de onda, e que a energia cinética dos fotoelétrons depende somente da diferença da energia da luz e da função trabalho do metal.

Nessa questão, quinze alunos entendem que a energia cinética depende somente do comprimento de onda, e não dependendo da frequência. Ainda, cinco alunos, entendem que a energia cinética depende exclusivamente da intensidade da radiação. No roteiro de atividades, tal conceito não foi trabalhado explicitamente. No entanto esperava-se que os alunos pudessem fazer essa relação, o que não aconteceu, ocasionando um impacto direto no resultado. A nova versão do roteiro de atividades apresenta correções em sua estrutura que minimizam o problema identificado. A única aluna que acertou o item participou de todas as atividades do roteiro.

Pode-se perceber ainda que os alunos não conseguiram interpretar corretamente as alternativas fazendo a conexão com os conceitos estudados no roteiro de atividades.

A questão 4 de acordo com a tabela 15 mostra que os alunos compreenderam os conceitos básicos. A questão exige o mínimo de conhecimento conceitual para relacioná-los às afirmativas.

Os sete alunos que optaram pela opção A nos mostra que realmente existe uma dificuldade na relação entre a energia e a frequência. O que pode ser

comprovado pelos resultados da questão 2. Os dez alunos que optaram pela opção C, conseguiram fazer as relações conceituais necessárias através da realização do roteiro de atividades.

A questão 7 de acordo com a tabela 15 mostra que os alunos assimilaram bem os conceitos básicos.

Em parte, esse índice de acerto se deve ao fato dos alunos terem realizado as atividades do roteiro, onde foi solicitado que fizessem a atividade para materiais diferentes. Durante as atividades do roteiro todos os alunos fizeram os procedimentos para o Sódio. Em seguida, foi solicitado que os mesmos procedimentos fossem realizados para outros dois materiais, disponíveis no simulador do PhET, tais como: Zinco, Platina, Cálcio e Magnésio.

As escolhas dos alunos podem ser verificadas na tabela 16 a seguir:

Tabela 16 – Frequência de escolha de materiais para repetição dos procedimentos.

Materiais	Número de alunos
Cobre e Platina	9
Cobre e Zinco	1
Magnésio	1
Magnésio e Cálcio	4
Zinco e Platina	2
Não repetiu para nenhum	4

Com isso percebe-se que os alunos puderam verificar que para cada material existe uma frequência mínima.

O fato dos alunos não relatarem suas observações durante as atividades é atribuída a falta de exercício dos conhecimentos procedimentais. Entretanto, tal constatação não afetou diretamente o desenvolvimento conceitual deles.

A Questão 9 de acordo com a tabela 15 mostra que onze alunos ainda associam a energia cinética dos elétrons à intensidade da radiação e não à sua frequência ou comprimento de onda, como revelado nas questões 2 e 4.

No entanto, oito alunos conseguiram compreender bem os conceitos relacionados à primeira opção da questão. Mesmo com um índice de acerto baixo, podemos perceber que os erros conceituais se concentram apenas na relação entre a intensidade da corrente e a intensidade da radiação luminosa. No roteiro de atividades os alunos fizeram tarefas onde foi possível perceber a relação entre a corrente e a radiação incidente.

A Questão 10 da avaliação, de acordo com a tabela 15, mostra que os alunos compreendem bem que a radiação deve ser tratada como partícula e que a corrente elétrica aumenta com o aumento da intensidade luminosa.

Treze alunos ainda associam a energia cinética dos elétrons à intensidade da radiação e não à sua frequência. Os três alunos que marcaram as opções A e B entendem em parte os conceitos, no entanto fazem confusão entre energia e intensidade da radiação. Comparando com a questão 1 onde dezenove alunos marcaram a opção correta, podemos perceber que o erro conceitual se restringe somente a esse fato. O que pode ser corroborado pela questão 2.

5.2.2 Parte II - Gráficos

A segunda parte do roteiro de atividades trata dos conceitos relacionados ao potencial de corte do material. Nessa parte os alunos teriam que concluir que o potencial de corte do material é o mesmo independente da intensidade da luz que incide no material. Ainda, os alunos deveriam perceber a dependência da intensidade da corrente elétrica com a intensidade da luz incidente. A corrente elétrica aumenta na mesma proporção do aumento da intensidade da luz, pois estão chegando mais fótons. Como cada fóton interage com um elétron, se mais fótons chegam ao metal, mais elétrons são ejetados do mesmo, logo o potencial de corte deve permanecer constante.

Para essa parte das atividades os alunos devem ter como habilidades:
Coletar e interpretar informações em gráficos e tabelas.

No início da parte II os alunos deveriam observar a variação da intensidade da corrente elétrica com a intensidade da radiação como ilustrado no trecho do roteiro a seguir.

Escolha em Alvo (material) o Sódio, coloque 400nm para o comprimento de onda, em seguida aumente a intensidade da luz para 30%. Em gráficos marque a opção: Corrente x Tensão da bateria. Para o comprimento de onda especificado já ocorre a ejeção de elétrons. i) Mova o cursor da bateria até 8,00V. Verifique a intensidade da corrente elétrica no gráfico e também no amperímetro (Ao lado da bateria). Anote o valor da corrente elétrica.

ii) Faça suas considerações, caso a intensidade da luz seja aumentada para 60%.

iii) Volte o cursor da bateria para 0,00V. Verifique suas considerações aumentando para 60% a intensidade de luz. (Faça também para outros valores, tais como 80% e 100%). Anote os valores encontrados.

Nesta etapa do roteiro de atividades, todos os alunos realizaram as tarefas com obtenção dos dados e informações necessárias para concluir os objetivos propostos, no entanto nenhuma conclusão foi relatada pelos alunos. Nessa atividade, era esperado que através dos dados coletados e do gráfico gerado pelo simulador do PhET, os alunos compreendessem que o potencial de corte é constante. No entanto nenhum alunos fez ou relatou nenhuma conclusão. Com isso fica uma interrogação sobre o entendimento conceitual dos alunos, mas fica claro que os objetivos procedimentais não foram cumpridos completamente. A falta das conclusões dos alunos foi observada também em outras etapas da atividade com grau de dificuldade menor o que demonstra que o grau de dificuldade dessa etapa não proporcionou nenhum problema adicional. Pode-se concluir que a dificuldade dos alunos em relatar ou escrever sobre suas conclusões está mesmo na falta dos conteúdos procedimentais que não foram trabalhados antecipadamente da forma que a atividade exigia.

Uma ideia do entendimento conceitual sobre o tópico tratado na parte II dos roteiros pode ser observada na questão 8 da avaliação que trata exclusivamente sobre o potencial de corte dos materiais. O aluno deve compreender que o potencial

de corte é o mesmo, para um mesmo material, independente da intensidade da luz que incide sobre ele.

Inicialmente, a parte do aluno não previa uma introdução teórica sobre o Efeito fotoelétrico, mas devido ao número de perguntas, dúvidas e dificuldades após a aula expositiva, concluímos que era necessário uma base teórica para o aluno. No texto entregue aos alunos era evidenciado o gráfico da corrente elétrica em função do potencial de corte.

De acordo com a tabela 15 a questão 8 revelou que dos vinte e um alunos que fizeram a avaliação nove ainda não compreendem que para um aumento da intensidade da radiação o que aumenta é a intensidade da corrente elétrica. No entendimento desses nove alunos para um aumento da energia, o potencial de corte deveria aumentar também, ou seja, ser “mais negativo”. O que era esperado também pela física clássica. Para os sete alunos que marcaram a opção correta sugere-se que os mesmos tomaram como base o gráfico constante da parte teórica do Efeito Fotoelétrico disponibilizado a eles como aporte teórico durante o desenvolvimento das atividades. Quatro alunos consideram que o potencial de corte é o mesmo, mas o consideram como seno nulo.

5.2.3 Parte III - Fundamentos Matemáticos

Na terceira parte do roteiro, que foi desenvolvida como tarefa de casa, relacionada aos fundamentos matemáticos os alunos foram orientados a desenvolver uma atividade experimental (virtual) com o intuito de se obter o valor da constante de Planck. Para atingir o objetivo os alunos deveriam calcular o valor da frequência da radiação incidente no catodo com base em alguns valores de comprimento de onda disponibilizados em uma tabela. Em seguida, usando o simulador do Efeito Fotoelétrico, deveriam determinar o potencial de corte para cada um dos comprimento de onda da referida tabela. Nessa fase, os alunos deveriam ser capazes de relacionar a curva de um gráfico esboçado por eles com uma função de primeiro grau.

Uma parte dessa atividade pode ser visualizada a seguir.

A equação abaixo relaciona o potencial de corte (V_0) para um dado material com a frequência (f) da radiação e a função trabalho (ϕ), onde e é a carga do elétron (em módulo: $1,6 \cdot 10^{-19}$ C) e h é uma constante da natureza, conhecida como constante de Planck.

a) Considere os valores de comprimento de onda dados pela tabela abaixo:

	Comprimento de onda λ (nm)	Frequência 10^{14} Hz	Potencial de Corte (V)
1	546		
2	447		
3	375		
4	301		
5	218		

i) Usando a relação $f = \frac{c}{\lambda}$, onde $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, calcule as frequências para cada comprimento de onda, completando a tabela. (Note que a frequência está em um fator de 10^{14} Hz.

ii) No simulador do PhET, escolha em Alvo (material) o Sódio, aumente a intensidade da luz para 100%. Altere o cursor do comprimento de onda para os valores dados na tabela (vamos usar um valor de cada vez).

Modifique o valor da fonte, até o momento em que a corrente elétrica tenha intensidade nula (zero). (observe que o potencial é negativo). Complete a tabela, com os valores do potencial de corte, encontrados para cada comprimento de onda dado na tabela.

A coleta dos dados deve ser coerente, pois é por meio deles que vamos fazer um esboço do gráfico Frequência em função do Potencial de corte. Dezoito alunos preencheram a tabela com valores para o potencial de corte com ligeiras variações de valores. E todos os alunos preencheram os valores de frequência corretamente.

As figuras 22 e 23 mostram a tabela e os cálculos realizados pelo estudante 36, relacionados a essa parte da atividade. Já as figuras 24 e 25 mostram os mesmos

dados para o estudante 27.

i) Considere os valores de comprimento de onda dados pela tabela abaixo

	Comprimento de onda λ (nm) $\cdot 10^{-9}$	Frequência 10^{14} Hz	Potencial de corte V_0 (V)
1	546	5,49	0
2	447	6,71	-0,60
3	375	8	-1
4	301	9,96	-1,80
5	218	13,7	-3,60

Tabela 01: Valores de comprimento de onda

Figura 22 – Tabela preenchida pelo Estudante 36

$$\begin{aligned}
 1) f &= \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{546 \cdot 10^{-9}} = 0,00549 \cdot 10^{17} = 5,49 \cdot 10^{14} \\
 2) f &= \frac{3 \cdot 10^8}{447 \cdot 10^{-9}} = 0,00671 \cdot 10^{17} = 6,71 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\
 3) f &= \frac{3 \cdot 10^8}{375 \cdot 10^{-9}} = 0,008 \cdot 10^{17} = 8 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\
 4) f &= \frac{3 \cdot 10^8}{301 \cdot 10^{-9}} = 0,00996 \cdot 10^{17} = 9,96 \cdot 10^{14} \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Figura 23 – Cálculos da frequência para cada valor de comprimento de onda feitos pelo Estudante 36

i) Considere os valores de comprimento de onda dados pela tabela abaixo

	Comprimento de onda λ (nm)	Frequência 10^{14} Hz	Potencial de corte V_0 (V)
1	546	$5,49 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	0,00V
2	447	$6,71 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	-0,60V
3	375	$8,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	-1,00V
4	301	$9,96 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	-1,80V
5	218	$13,76 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	-3,40V

Tabela 01: Valores de comprimento de onda

Figura 24 – Tabela preenchida pelo Estudante 27

$$\begin{aligned}
 1) \quad f &= \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{546 \cdot 10^{-9}} = 0,00549 \cdot 10^9 = 5,49 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\
 2) \quad f &= \frac{3 \cdot 10^8}{444 \cdot 10^{-9}} = 0,00671 \cdot 10^9 = 6,71 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\
 3) \quad f &= \frac{3 \cdot 10^8}{375 \cdot 10^{-9}} = 0,008 \cdot 10^9 = 8 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\
 4) \quad f &= \frac{3 \cdot 10^8}{301 \cdot 10^{-9}} = 0,00996 \cdot 10^9 = 8 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\
 5) \quad f &= \frac{3 \cdot 10^8}{218 \cdot 10^{-9}} = 0,001376 \cdot 10^9 = 13,67 \cdot 10^{14} \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Figura 25 – Cálculos da frequência para cada valor de comprimento de onda feitos pelo Estudante 27

Comparando os dados para esses dois estudantes podemos ver que ocorre uma pequena variação do valor do potencial de corte para $\lambda = 218\text{nm}$, o que era esperado, pois cada aluno tem uma percepção diferente do momento em que a corrente elétrica se torna nula.

Com a obtenção destes dados os alunos deveriam esboçar um gráfico da frequência em função do potencial de corte ($f \times V_0$). Foi possível observar que vinte alunos esboçaram o gráfico solicitado e apenas um não realizou a tarefa. Para a análise dos gráficos apresentados pelos alunos foram usados os critérios abaixo:

- Os gráficos estão legíveis e coerentes;
- Especificou corretamente as grandezas nos eixos do gráfico;
- Usou o fator multiplicativo 10^{14} Hz para representar a frequência.

Considerando estes critérios, constatou-se que três alunos não especificaram os eixos, sete alunos representaram gráficos ilegíveis e com incoerência na distribuição dos valores e nenhum aluno, lembrou-se de usar o fator 10^{14} Hz no eixo das frequências. Isso pode acarretar uma má interpretação dos dados, e as relações que eles deveriam fazer para atingir os objetivos desta parte da atividade. Cabe

ressaltar que esboçar e extrair informações de gráficos foi regularmente trabalhado com a turma investigada.

O gráfico do Estudante 36 pode ser visto na figura abaixo.

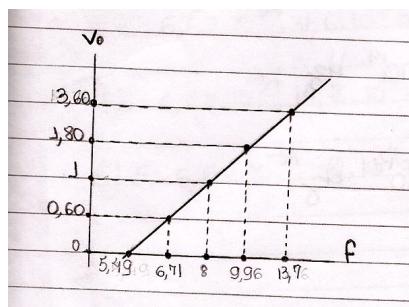


Figura 26 – Esboço do gráfico feito pelo Estudante 36

Percebe-se uma ausência de escalas na distribuição de valores nos eixos e faltam as unidades de frequência e de potencial de corte, bem como o fator 10^{14} Hz. No entanto, o gráfico apresenta-se legível e com os eixos identificados corretamente.

Por outro lado o gráfico do **Estudante 27** visto na figura 27 apresenta uma série de problemas, impossibilitando ao estudante retirar as informações necessárias para a conclusão da atividade.

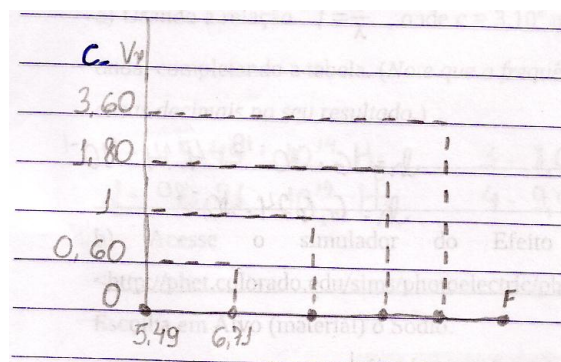


Figura 27 – Esboço do gráfico feito pelo Estudante 27

Somente treze alunos conseguiram fazer os gráficos legíveis e semelhantes ao gráfico elaborado pelo Estudante 36.

O objetivo central das atividades da parte III é a determinação do valor da constante de Planck, como está representado no trecho do roteiro a seguir.

iii) Nesse momento nossa tabela já está completa. Agora usando os dados da tabela esboce um gráfico do potencial de corte (considere o valor em módulo) em função da frequência. Verifique se há uma relação do gráfico que você esboçou com a equação $V_0 = (\frac{h}{e})f - (\frac{\phi}{e})$, identificando os elementos que você reconhecer. (Lembre da equação de 1º grau, estudada na matemática).

iv) Com os dados de seu gráfico, obtenha o valor da constante de Planck.

Como o objetivo é obter o valor da constante de Planck, os alunos deveriam relacionar os dados da tabela com a equação:

$$V_0 = \frac{h}{e}f - \frac{\phi}{e}$$

Onde o termo $\frac{h}{e}$ é o coeficiente angular da reta, podendo ser representado por $h = e.tg\alpha$ onde h representa a constante de Planck e $tg\alpha$ é equivalente ao coeficiente angular da reta.

Nessa parte da atividade apenas os treze alunos mencionados anteriormente conseguiram fazer as relações necessárias, no entanto não chegaram ao valor desejado para a constante de Planck, simplesmente pelo fato de não considerarem o fator 10^{14} Hz para a frequência.

Apenas o **Estudante 36**, embora não tenha colocado o fator no gráfico, conseguiu chegar ao valor esperado para a constante de Planck, como pode ser visto na figura 28.

Os demais (dezoito alunos) conseguiram fazer as operações, mas pela falta do fator 10^{14} Hz na frequência, obtiveram valores onde a ordem de grandeza não

corresponde aquela da constante de Planck, como pode ser observado nas resoluções do **Estudante 41**, mostrado na figura 29.

© ABRIL CC

$$d) h = e \cdot f_0 \cdot \alpha$$

$$f_0 = 3,60 \cdot 10^0 = 0,438 \cdot 10^{-14}$$

$$ca \quad 8,21 \cdot 10^{14} \quad 4,38 \cdot 10^{-15}$$

$$h = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4,38 \cdot 10^{-15}$$

$$h = 7,008 \cdot 10^{-34}$$

Figura 28 – Cálculos do Estudante 36 para o valor da constante de Planck.

Figura 29 – Cálculos do Estudante 41 para o valor da constante de Planck

$$d) h = e \cdot f_0 \cdot \alpha$$

$$f_0 = 3,60 = 0,438$$

$$ca \quad 8,21$$

$$h = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4,38 \cdot 10^{-4}$$

$$h = 7,008 \cdot 10^{-20}$$

Nesta parte das atividades o maior problema pode ter sido a falta de atenção dos alunos, pois os mesmos já estavam acostumados a trabalhar com esse formalismo matemático.

Após a análise do gráfico esboçado e a determinação da constante de Planck, os alunos deveriam ainda determinar o valor da função trabalho do metal.

Nesse ponto os alunos, usando os valores já encontrados e usando a equação $V_0 = \left(\frac{h}{e}\right)f - \left(\frac{\phi}{e}\right)$ deveriam determinar para o sódio e para o magnésio os valores da função trabalho desses materiais.

Apenas o **Estudante 36**, realizou os cálculos para função trabalho do sódio, mostrado na figura 30.

É um valor muito bom, sabendo que o valor da função trabalho do sódio é 2,28 eV ($3,65 \cdot 10^{-19}$ J) e ainda considerando as limitações da ferramenta utilizada

$\phi = h \cdot f - e \cdot V_0$
 $\phi = 7 \cdot 10^{-34} \cdot 8 \cdot 10^{14} - 1,6 \cdot 10^{-19}$
 $\phi = 56 \cdot 10^{-20} - 1,6 \cdot 10^{-19}$
 $\phi = 56 \cdot 10^{-20} - 1,6 \cdot 10^{-19}$
 $\phi = 5,6 \cdot 10^{-19} - 1,6 \cdot 10^{-19}$
 $\phi = 5,6 \cdot 10^{-19} - 1,6 \cdot 10^{-19}$
 $\phi = 4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Figura 30 – Cálculos do Estudante 36 para o valor da função trabalho para o sódio.

para obtenção os dados. No caso do simulador do PhET o valor da bateria aumenta ou diminui em um fator de 0,20 V.

Na sequência do roteiro os alunos deveriam calcular a energia de um fóton de acordo com os valores encontrados para frequência da tabela 2 do roteiro de atividades, fazendo uso do valor encontrado para a constante de Planck. Três alunos não fizeram os procedimentos, e dezessete alunos realizaram os cálculos, no entanto os valores encontrados não condizem com a realidade devido ao erro do valor da constante de Planck. O **Estudante 36** foi o único que fez corretamente o cálculo da energia, mas não fez a conversão de joules para elétron-volt.

A questão 6 da avaliação relacionada a parte III do roteiro tem como objetivo verificar se os alunos são capazes de relacionar a energia que deve ser fornecida ao material para que o mesmo "libere" o elétron e ainda realizar o cálculo da energia para um dado comprimento de onda e comparar com o valor da função trabalho do material.

No roteiro de atividades os alunos realizaram cálculos para obter o valor da energia de acordo com um determinado valor de frequência (comprimento de onda). Ainda de acordo com o material disponibilizado a eles, relativo a teoria do Efeito Fotoelétrico, era evidenciado a seguinte equação $K_{max} = hf - \phi$. A questão fornece um valor de comprimento de onda. Era de se esperar que os alunos relacionassem

esse valor à frequência da radiação.

De acordo com a tabela 15 a questão obteve um percentual baixo de acerto, revelando que os alunos ainda não assimilaram bem essa relação frequência-comprimento de onda.

Na questão, o valor da constante de Planck foi fornecido, sendo $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$. Logo a energia para o comprimento de onda (300nm) é de $E = 6,6 \cdot 10^{-19} \text{J}$, ligeiramente maior que o valor da função trabalho do material. Com isso os elétrons são ejetados, com energia cinética diferente de zero. Os dez alunos que optaram pela letra A, não conseguiram realizar os cálculos de forma coerente.

Um fator que pode ter influenciado o resultado está na sequência em que o roteiro foi inicialmente pensado: o cálculo da energia de um fóton estava após a determinação da constante de Planck. Primeiramente, os alunos deveriam realizar vários procedimentos para obtenção do valor da constante e em seguida usar o valor encontrado no cálculo da energia. Isso pode ter gerado uma confusão acarretando essa dificuldade. A nova versão do roteiro de atividades contém uma seção específica onde o aluno calcula explicitamente a frequência da radiação e em seguida a energia correspondente, em joule e elétron-volt.

Outro fator que pode ter influenciado o resultado, pode ter ocorrido em função da atividade ter sido realizada como tarefa de casa, a princípio individual, mas que pode ter se tornada coletiva.

Os sete alunos que marcaram a opção B, conseguiram realizar os procedimentos necessários que a questão exigia mesmo com os problemas ocorridos na execução do roteiro de atividades.

As análises apresentadas nos remete a uma reflexão não apenas a correção do roteiro de atividades como também, a possibilidade de rever as questões que compõe a avaliação e ainda sobre as nossas práticas docentes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do tema do presente trabalho foi norteadada através de análise das respostas de um questionário elaborado e aplicado aos professores da rede pública de Minas Gerais intitulado “Qual o panorama da Física Moderna no ensino médio?” Essa metodologia tem sido utilizada com êxito por outros autores, como apontam as pesquisas de Sanches (2006) e Silva e Cunha (2011).

No presente questionário os professores relataram as dificuldades e limitações enfrentadas no seu dia a dia para incluir a FMC em seu planejamento. Tais limitações também já foram apontadas nos trabalhos de Ostermann e Moreira (2000) e Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), quando afirmam que durante a formação dos professores os conteúdos de FMC ou não foram vistos ou, quando estudados, se deram de forma superficial. Portanto, nessa perspectiva, o professor não se sente seguro em ensiná-los.

No entanto, apesar das dificuldades acima mencionadas, os professores consultados no questionário desta dissertação, reconhecem a relevância do tema no entendimento do mundo tecnológico e elegem o Efeito Fotoelétrico e a Teoria da Relatividade como tópicos primordiais. Além disso, em levantamento bibliográfico, os autores desta dissertação verificaram que os livros didáticos contemplam em seus conteúdos tópicos de FMC favorecendo o ensino dos mesmos. No entanto, alguns conteúdos são limitados deixando a desejar, conforme também mencionado nos trabalhos de Sanches (2006). Por exemplo, o conteúdo relativo ao Efeito Fotoelétrico, quando contemplado, ocupa uma pequena fração de páginas em comparação ao volume total do livro. Portanto, é notório a existência de uma lacuna a ser preenchida, quando se considera a preocupação, as limitações e dificuldades mencionadas pelos professores em relação ao tema FMC, seja pela falta de um material de apoio que vá além do livro didático, seja pela formação do profissional ou mesmo pela grade curricular vigente. Na esteira desse problema novas proposições envolvendo

os conteúdos de FMC, utilizando metodologias alternativas, aliadas as novas mídias, facilitando o trabalho do professor e motivando o aluno no processo de ensino e aprendizagem serão bem-vindas e imprescindíveis.

Nessa perspectiva o objetivo desse trabalho foi fazer o estudo da fenomenologia do Efeito Fotoelétrico com base nas TIC's através de uma sequência didática usando laboratórios virtuais que podem ser usados sem custo financeiro, sem provocar danos à integridade física dos alunos permitindo fazer e refazer os experimentos diversas vezes, testando várias possibilidades e hipóteses.

A Sequência Didática elaborada teve como ponto de partida o conteúdo de circuitos elétricos uma vez que o fenômeno está vinculado à produção de uma corrente elétrica a partir da interação da luz com o metal. Com isso garantimos que a inserção do conteúdo ocorre através da exploração dos limites clássicos, conforme defendido no trabalho de Ostermann e Moreira (2000). Além disso, a grande maioria das aplicações do efeito ocorre através dos circuitos eletroeletrônicos. Na escolha também pesou o fato de ser o Efeito Fotoelétrico, um dos marcos do surgimento da Física Moderna, apresentando uma formulação matemática relativamente simples e compatível com o perfil do estudante do ensino médio. A inserção dos recursos computacionais (vídeos, simuladores e animações - no intuito de ser um complemento ao livro didático adotado pelos professores) na sequência didática contribuiu para a atualização do ensino, em especial o ensino de Física Moderna, pois proporcionou ao estudante desenvolver competências e habilidades durante o processo de ensino e aprendizagem. O Produto Educacional elaborado possibilita ao professor o desenvolvimento do tópico de forma atual e dinâmica, aprofundando os conteúdos trabalhados na sala de aula convencional, despertando uma maior motivação nos alunos.

A Sequência Didática elaborada foi desenvolvida com os alunos de uma turma de terceiro ano da Escola Estadual Nossa Senhora de Guadalupe na cidade de Lagoa da Prata/MG. A turma onde a atividade foi desenvolvida era composta de trinta alunos, onde apenas vinte e um desses alunos foram analisados. A presença

deles às aulas era de suma importância para o desenvolvimento dos roteiros, por isso foram excluídos os alunos faltosos e também os que não participaram efetivamente dos trabalhos.

Através da análise do material relativo aos alunos, percebe-se que os mesmos são capazes de relacionar o surgimento de uma corrente elétrica à incidência de luz sobre o material. Também, estabelecem a conexão entre a intensidade da corrente com a intensidade da luz da radiação incidente e ainda verificam que não é em qualquer frequência (comprimento de onda) que ocorre a ejeção do elétron da matriz hospedeira. Através de observações do efeito no simulador os alunos conseguiram fazer a relação, pelo menos visual, entre a energia cinética do elétron e o potencial da fonte, conforme depoimento do Estudante 27 *“Os elétrons se movimentam lentamente para potencial nulo. Os elétrons se movimentam mais rápido para potencial máximo. Causada pela intensidade aplicada.”*, favorecendo a compreensão correta do conceito no momento da explicação do professor. No entendimento de quinze alunos a energia cinética dos elétrons depende somente do comprimento de onda e não da frequência enquanto que, para cinco alunos a energia cinética depende exclusivamente da intensidade da radiação. No roteiro de atividades, tal conceito não foi trabalhado explicitamente, no entanto esperava-se que os alunos pudessem fazer essa relação, o que não aconteceu ocasionando um impacto direto nos resultados esperados. Esse fato levou os proponentes a uma reestruturação do roteiro de atividades (parte do aluno) onde, na nova versão, correções foram feitas minimizando os problemas identificados.

Da parte dos professores, o questionário aplicado leva à algumas constatações: 40% dos professores usam as ferramentas computacionais na forma demonstrativa, 20% fazem uso delas na forma de roteiros e 30% afirmam que adotam as duas formas em suas aulas. Para o grupo que usa os recursos na forma demonstrativa, a utilização da Sequência Didática pode ser uma forma de atualizar o ensino de física em suas turmas, despertando ainda mais o interesse dos alunos. Para aqueles professores que já fazem uso de roteiros o material desenvolvido pode ser um

importante complemento ao livro didático ou aos materiais que já possui.

Para os estudantes, espera-se que o Produto Educacional o auxilie em sala de aula, despertando o interesse e compreensão do conteúdo tratado nesse trabalho e que também, seja uma referência de consulta e estudo possibilitando ao aluno aprofundar seus conhecimentos, rever e acima de tudo extrapolar, para o seu cotidiano, a aprendizagem adquirida.

O uso de novas abordagens no ensino de física deve ser pensada com muita cautela principalmente por professores que não fazem uso com regularidade, pois o “novo” pode despertar o interesse do alunos pelo ensino de um determinado tópico. No entanto, devemos ressaltar que de imediato nem todos os resultados serão satisfatórios e condizentes com as expectativas criadas. Mas isso não é motivo para não se usar determinados materiais que auxiliem o entendimento conceitual e o desenvolvimento das habilidades dos alunos. Nesse sentido, uma reflexão crítica deve ser feita tomando como base dois aspectos: a prática docente, e o material adotado.

Uma reflexão sobre a prática docente deve ser feita e levada aos professores em exercícios e aos que estão em processo de formação que é considerar, além dos conteúdos conceituais, que outros conteúdos também devem fazer parte da prática e das ações docente. Na prática de sala de aula o professor deve também trabalhar os conteúdos procedimentais e atitudinais, sendo esses igualmente importantes e necessários no desenvolvimento do processo educativo. E isso nos remete a outra situação que é o material adotado que em determinadas situações, exige dos alunos um grau de comprometimento e domínio de conteúdos que vão além do conteúdos conceituais.

Tal fato pode ser verificado nos resultados dessa dissertação, onde a turma investigada era composta por trinta alunos no entanto somente vinte e um alunos participaram efetivamente do desenvolvimento das atividades. Numa turma realmente comprometida a adesão ao processo seria integral. Desses alunos que desenvolveram as atividades são evidente as dificuldades em relatar, escrever ou

descrever sobre uma observação ou conclusão. Não podemos inferir que esses alunos não possuem as habilidades e as competências necessárias, que lhes falta é a prática sobre tais procedimentos. Nas aulas convencionais dessa turma, em pouquíssimas oportunidades, os conteúdos procedimentais foram efetivamente exigidos e quando eram solicitados se deram em razões muito inferiores às exigidas no roteiro de atividades. Por isso ressalto, devida a experiência vivida *in loco*, da importância de trabalhar os conteúdos procedimentais e atitudinais.

Para finalizar, devemos ressaltar que o material do aluno após as devidas reestruturações foi reaplicado a mais três turmas da mesma escola, onde após a leitura flutuante das atividades, percebe-se um maior envolvimento dos alunos que efetivamente participaram e uma mudança significativa no desenvolvimento das tarefas onde foram exigidos desses alunos a aplicação dos conteúdos procedimentais.

Finalizando, entre tantas viagens de idas e vindas, nos dois anos como mestrando, posso dizer que foram tempos de muitas dificuldades, ausências, alegrias, descobertas e aprendizados. Dificuldades por ter que deslocar todas as sextas feiras, para participar das atividades do curso, e ainda ter que conciliar trabalho, mestrado e família. Foram tantas atividades, tarefas, trabalhos e por fim a dissertação que em muitos momentos fiquei ausente de minha casa, no entanto com as preocupações e responsabilidades que o mestrado exige, em inúmeras vezes, me fiz ausente mesmo estando presente. Creio que as pessoas do meu convívio souberam lidar com tudo isso e mais, apoiando e incentivando. Fazer esse curso de mestrado, possibilitou um crescimento pessoal e profissional principalmente, pois aprendi novos conceitos, novas metodologias e métodos, que serviram para o desenvolvimento das minhas aulas objetivando uma aprendizagem mais significativa dos meus alunos. Aprendi a aprender! Em um ambiente escolar o professor ensina mas também aprende. Nas minhas dificuldades e limitações descobri uma escada para novos aprendizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARONS, A. B. A guide to introductory physics teaching. *New York: John Wiley*, 1990. Citado na página 37.

BRASIL. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. *Brasília: Mec*, 2006. Citado na página 33.

BRASIL. *Guia de Livros Didáticos: PNLD 2015: Física*. [S.l.: s.n.], 2014. 94 p. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 34.

BRASIL, M. Pcn+ do ensino médio: orientações educacionais complementares aos pcn. *Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias.. Brasília: MEC*, p. 59–86, 2002. Citado 5 vezes nas páginas 19, 29, 32, 33 e 44.

BULEGON, A. M. Contribuições dos objetos de aprendizagem, no ensino de física, para o desenvolvimento do pensamento crítico e da aprendizagem significativa. 2011. Citado 3 vezes nas páginas 44, 45 e 67.

CNE, P. Cp 009/2001: Diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da educação básica em nível superior. *Curso de Licenciatura, de Graduação plena Parecer CNE/CP*, v. 9, p. 4–21, 2002. Citado na página 28.

DOMINGUINI, L. Física moderna no ensino médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do pnlem. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 34, n. 2, p. 2502, 2012. Citado na página 35.

ERICKSON, F. Qualitative methods in research on teaching (pp. 119-161). *Handbook of research on teaching*, 1986. Citado na página 50.

GIL, D.; SOLBES, J. The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. *International Journal of Science Education*, Taylor & Francis, v. 15, n. 3, p. 255–260, 1993. Citado na página 36.

GOMES, V. C. *O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO*. 113 p. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 48.

HECKLER, V. Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica. 2004. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 56.

MANTOAN, M. T. E. Ensinando a turma toda-as diferenças na escola. *O desafio das diferenças nas escolas*, p. 59–68, 2010. Citado na página 31.

MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L.; DOMINGUINI, L. Estruturação do conteúdo física moderna nos livros didáticos do pnld 2012. *Revista Técnico Científica do IFSC*, p. 45, 2011. Citado na página 34.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. [S.l.: s.n.], 1999. Citado 3 vezes nas páginas 46, 47 e 60.

MOREIRA, M. A. *Metodologias de Pesquisa em Ensino*. [S.l.]: Livraria da Física, 2011. Citado na página 50.

OLIVEIRA, F. F. de; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 29, n. 3, p. 447–454, 2007. Citado 3 vezes nas páginas 27, 30 e 116.

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. 1, p. 23–48, 2000. Citado 5 vezes nas páginas 27, 36, 37, 116 e 117.

PELIZZARI, A. et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo ausubel. *revista PEC*, v. 2, n. 1, p. 37–42, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 102.

PEREIRA, D.; AGUIAR, O. Ensino de física no nível médio: tópicos de física moderna e experimentação. *Revista Ponto de Vista*, v. 3, p. 65–81, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.

PIMENTEL, J. R. Livros didáticos de ciências: a física e alguns problemas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 15, n. 3, p. 308–318, 1998. Citado na página 35.

SANCHES, M. B. *A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Qual a sua Presença em Sala de Aula*. Tese (Doutorado) — Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006, 112 pp.[Links], 2006. Citado 4 vezes nas páginas 27, 35, 52 e 116.

SILVA, L. F. da; ASSIS, A. Física moderna no ensino médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 2, p. 313–324, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 41.

SILVA, R. R. da; CUNHA, K. S. O ensino de física moderna e contemporânea em algumas cidades do interior da Paraíba segundo a ótica dos professores. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2011. Citado 3 vezes nas páginas 52, 87 e 116.

TAVARES, R.; SANTOS, J. N. dos. Organizador prévio e animação interativa. In: *INTERNATIONAL MEETING ON MEANINGFUL LEARNING MARAGOGI*. [S.l.: s.n.], 2003. v. 4. Citado na página 48.

TEIXEIRA, J.; NUNES, L. *Avaliação escolar: da teoria à prática*. [S.l.: s.n.], 2008. Citado na página 69.

VALADARES, E. de C.; MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 15, n. 2, p. 121–135, 1998. Citado na página 19.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. [S.l.: s.n.], 2015. Citado 2 vezes nas páginas 62 e 65.

APÊNDICES

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE A INSERÇÃO
DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Universidade Federal de Lavras
Departamento de Ciências Exatas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
MNPEF/SBF/Polo UFLA

Mestrando: **Júlio César Cabral** Orientador: **Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva**

QUAL O PANORAMA DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO?

Analisando o conteúdo dos livros didáticos de Física disponibilizados pelo Governo Federal de acordo com PNLD – Programa Nacional do Livro Didático – para o ensino médio, constatamos a presença dos conteúdos de Física Moderna. Entretanto não sabemos como efetivamente o professor de física trabalha esses conteúdos.

O propósito do questionário abaixo é vislumbrar a ênfase dada a esses conteúdos. Por favor, responda às questões abaixo de acordo com sua posição em relação ao tema tratado.

Informações Gerais

1. Nome: _____

 MASP: _____

2. Idade

- () até 20 anos
- () de 21 a 30 anos
- () de 31 a 40 anos
- () de 41 a 50 anos
- () mais de 50 anos

3. Sexo

- () feminino
- () masculino

4. Escolaridade

Ensino superior completo em Física – () Licenciatura () Bacharelado

Ensino superior completo em outro curso _____

Pós-graduação (*Lato Sensu ou Stricto Sensu*) _____

5. Local de Trabalho

Escola: () Pública () Particular

Nome da escola _____

SRE _____

Número de aulas semanais – Física

- () uma
- () duas
- () três
- () _____

Informações Específicas

6. Durante sua formação os conteúdos da Física Moderna foram desenvolvidos nas disciplinas do curso?

7. Você considera importante a inserção dos conteúdos de Física Moderna no ensino médio? Em sua opinião, quais seriam os conteúdos de maior relevância? Justifique sua resposta.

8. Que “ferramentas” você poderia utilizar para abordar esses conteúdos no ensino médio? (*Livros didáticos, revistas, artigos, ferramentas computacionais, outras mídias, etc.*)

9. Você faz uso de alguma “ferramenta” na preparação de suas aulas? Como você avalia o impacto da mesma no processo de ensino e aprendizagem?

10. O uso destas “ferramentas” ocorre?

() Na forma demonstrativa.

() Em forma de roteiros, onde o aluno seja capaz de interagir, manipular e interpretar os resultados provenientes do uso destas ferramentas.

11. Você teria alguma sugestão para inserção dos conteúdos da Física Moderna no ensino médio?

12. Você autoriza o uso e a divulgação de suas informações e respostas no trabalho de conclusão de curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UFLA?

() Sim

() Não


Local e Data

Assinatura

**APÊNDICE B – AVALIAÇÃO REALIZADA PELOS
ALUNOS**

ESCOLA ESTADUAL "NOSSA SENHORA DE GUADALUPE"

Rua Vinie e Sete de Dezembro, 300 - Centro - Fone: (37)3261-1910 - Lagoa da Prata - MG - 35590-000



Disciplina: **FÍSICA** Data: ____/____/2014
 Professor: **JÚLIO CÉSAR CABRAL** Ensino: **Médio**
 Turma: Série: 3º ano Bimestre: 4º
 Aluno(a): Nº _____

AVALIAÇÃO DE FÍSICA

Observações:

- Os cálculos devem constar na prova. Não serão aceitas respostas sem os seus respectivos cálculos.
- O gabarito e as respostas das questões discursivas devem ser a caneta azul ou preta.
- Use os espaços em branco da folha para fazer os cálculos.
- Será permitido o uso de calculadora, não sendo permitidos celulares ou similares.
- Não será permitido o empréstimo de nenhum material.
- Será atribuída NOTA ZERO às provas sem nome e/ou que não tem o gabarito preenchido.

Faça uma marcação legível e sem rasuras.

	A	B	C	D
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

03 – (UFRS) 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 energia, na qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

- a) conservação c) conversão
 b) transformação d) quantização

04 – (UDES) Foi determinado experimentalmente que, quando se incide luz sobre uma superfície metálica, essa superfície emite elétrons. Esse fenômeno é conhecido como efeito fotoelétrico e foi explicado em 1905 por Albert Einstein, que ganhou em 1921 o Prêmio Nobel de Física, em decorrência desse trabalho. Durante a realização dos experimentos desenvolvidos para compreender esse efeito, foi observado que:

1. Os elétrons eram emitidos imediatamente. Não havia atraso de tempo entre a incidência da luz e a emissão dos elétrons.
 2. Quando se aumentava a intensidade da luz incidente, o número de elétrons emitidos aumentava, mas não sua energia cinética.
 3. A energia cinética do elétron emitido é dada pela equação $E_c = \frac{mv^2}{2} = hf - \phi$, em que o termo hf é a energia cedida ao elétron pela luz, sendo h a constante de Planck e f a frequência da luz incidente. O termo ϕ é a energia que o elétron tem que adquirir para poder sair do material, e é chamado função trabalho do metal.

Considere as seguintes afirmativas:

- I – Os elétrons com energia cinética zero adquiriram energia suficiente para serem arrancados do metal.
 II – Assim como a intensidade da luz incidente não influencia a energia dos elétrons emitidos, a frequência da luz

incidente também não modifica a energia dos elétrons.

III – O metal precisa ser aquecido por certo tempo, para que ocorra o efeito fotoelétrico.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa II é verdadeira.
 b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
 c) Somente a afirmativa I é verdadeira.
 d) Todas as afirmativas são verdadeiras.

05 – (UNEB-BA) De acordo com o físico Max Planck, que introduziu o conceito de energia quantizada, a luz, elemento imprescindível para manutenção da vida na Terra, como toda radiação eletromagnética, é constituída por pacotes de energia denominados:

- a) bátons. c) dipolos.
 b) pulsos. d) fótons.

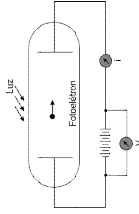
06 – Uma radiação eletromagnética de comprimento de onda $\lambda = 300 \text{ nm}$, incide em um metal cuja função trabalho vale $\phi = 6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ (3,75 eV). Pode-se afirmar que:

- a) a energia não é suficiente para ocorrer o efeito fotoelétrico.
 b) a energia fornecida pela radiação é maior que a função trabalho do material, ocorrendo o efeito fotoelétrico.
 c) a frequência dessa radiação é menor que a frequência de corte do metal.
 d) os elétrons são ejetados com energia cinética nula.

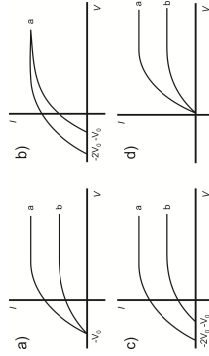
07 – (UNIMONTES) O efeito fotoelétrico ocorre quando uma radiação eletromagnética, por exemplo a ultravioleta, incide sobre uma placa metálica, provocando a emissão de elétrons por essa placa. Esse efeito tem aplicações importantes em sistemas como alarmes, portões eletrônicos, etc. O efeito fotoelétrico foi também utilizado por Bohr para propor seus postulados. Relacionando tal efeito com o modelo atômico proposto por Bohr, é INCORRETO afirmar que:

- o elétron deve receber uma energia mínima suficiente para sua emissão da placa metálica.
- a emissão de elétrons que estiverem mais próximos do núcleo requer radiação mais energética.
- a quantidade de energia, para que ocorra o efeito fotoelétrico, é a mesma para qualquer metal.
- a radiação absorvida, em parte, é convertida em energia cinética pelo elétron que foi emitido.

08 – (ITA) O aparato para estudar o efeito fotoelétrico mostrado na figura consiste de um invólucro de vidro que encerra o aparelho em um ambiente no qual se faz vácuo. Através de uma janela de quartzo, luz monocromática incide sobre a placa de metal P e libera elétrons.



Os elétrons são então detectados sob a forma de uma corrente, devido à diferença de potencial V estabelecida na fonte. Considerando duas situações distintas a e b, nas quais a intensidade da luz incidente em a é o dobro do caso b, assinale qual dos gráficos representa corretamente a corrente fotoelétrica em função da diferença de potencial.



09 – (UEM) Com relação ao efeito fotoelétrico e às conclusões advindas da interpretação desse fenômeno, assinale o que for correto com C e o que for errado com E.

- Para uma frequência fixa, o número de elétrons emitidos por uma placa metálica iluminada é proporcional à intensidade da radiação luminosa que incide na placa.
- A energia das radiações eletromagnéticas é quantizada e é tanto maior quanto maior for a frequência da radiação.
- A energia cinética dos elétrons emitidos por uma placa iluminada depende da intensidade da radiação que incide na placa.
- A luz é formada por corpúsculos, ou quanta de luz, denominados fótons.
- O efeito fotoelétrico pode sempre ser observado em um experimento com uma placa de alumínio cuja função trabalho é 4,1eV, independentemente da frequência da radiação utilizada no experimento.

- E, C, C, E, E
- C, C, E, C, E
- E, C, E, C, E
- C, C, C, E, C

10 – (UFES) À medida que a tecnologia invadiu os meios de produção, a obra de arte deixou de ser o resultado exclusivo do trabalho das mãos do artista, por exemplo, a fotografia. Uma vez obtido o negativo, muitas cópias da mesma foto podem ser impressas. O elemento essencial de uma foto copiadora é um cilindro eletrizado que perde eletrização, nas regiões em que incide luz. Então,

- o efeito fotoelétrico só pode ser entendido em termos de um modelo corpuscular para a radiação eletromagnética.
- o número de elétrons arrancados de uma placa metálica pelo efeito fotoelétrico cresce com o aumento da intensidade da radiação eletromagnética que atinge a placa.
- a energia máxima dos elétrons arrancados de uma placa metálica pelo efeito fotoelétrico cresce com o aumento da intensidade da radiação eletromagnética que atinge a placa.

Está(ao) correta(s):

- apenas I.
- apenas II.
- apenas I e II.
- I, II e III.

$K_{MAX} = eV_0 = hf - \phi$	$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$
$c = 3,10^8 \text{ m/s}$	$1\text{eV} = 1,6,10^{-19} \text{ J}$
$h = 6,6,10^{-34} \text{ J.s}$	$1\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$
$V_0 = \left(\frac{h}{e}\right)f - \left(\frac{\phi}{e}\right)$	$f = \frac{c}{\lambda}$

A você que participou desta atividade, meus sinceros agradecimentos. Felicitades e muito sucesso.