



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA**

ADRIANA FÁTIMA DE LIMA

**PROPOSTA DE UMA UEPS PARA ENSINAR O EFEITO FOTOELÉTRICO NO
ENSINO MÉDIO**

BRASÍLIA
2018



ADRIANA FÁTIMA DE LIMA

**PROPOSTA DE UMA UEPS PARA ENSINAR O EFEITO FOTOELÉTRICO NO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade de Brasília na conclusão do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Maria de Fatima da Silva Verdeaux

**BRASILIA
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

de Lima, Adriana Fátima

PROPOSTA DE UMA UEPS PARA ENSINAR O EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO / Adriana Fátima de Lima. -- BRASÍLIA, 2018.

104 f.

Orientadora: Profa. Dra. Maria de Fatima da Silva Verdeaux.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física. -, UNB, 2018.

1. Aprendizagem Significativa. 2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. 3. Efeito fotoelétrico. 4. Ensino Médio. 5. Produto educacional.


FOLHA DE APROVAÇÃO

“Proposta de uma UEPS para ensinar o efeito fotoelétrico no ensino médio”


Por
Adriana Fátima de Lima.

Dissertação submetida ao Instituto de Física da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Física.

Aprovada por:



Prof. Marcelo Ferreira
IF/UnB




Prof. Romm Geraldo Gomes de Amorim
FGA/UnB



Prof. Adriana P. de Lima



Prof. Paulo Eduardo de Brito
FUP/UnB



Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho
Coordenador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Instituto de Física

Dedico à minha amada Mãe, minha inspiração de Mulher forte e batalhadora que sonha comigo todos os sonhos, e me ajuda a concretizá-los.

“Sonhos determinam o que você quer.
Ação determina o que você conquista.”

Aldo Novak

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, que me fortalece, me capacita e que comanda a minha vida.

Ao meu amado pai, sr José Gaspar e a minha linda mãe Edna. Vocês nunca mediram esforços para me apoiarem nos estudos e sempre me cobriram de amor. Estão sempre ao meu lado sustentando e incentivando. Eternamente grata, amo vocês!

Aos meus irmãos, sobrinhos e cunhada. Souberam compreender os momentos em que não pude estar presente, e sempre torceram por mim. Amo vocês!

A família Oliveira Maciel, que me acolheu, me incentivou. Vocês foram muito importantes para que eu conseguisse fazer esse mestrado. Eterno carinho e agradecimento.

À minha tia Cleusa e sua família, que me abrigou, me alimentou durante todas as vezes em que necessitei estar em Brasília. Obrigada pelo abrigo, pelo carinho por todo o incentivo. Vocês foram muito importantes nessa conquista.

À minha orientadora, que me puxou durante todo esse tempo. Tenho certeza que a senhora era ciente do ritmo da minha vida. Me deu palavras doces, palavras fortes e necessárias. Compartilhou seus anseios e me permitiu o mesmo. Eternamente grata por não desistir de mim. A Sra., o meu carinho e gratidão.

Ao colégio Dom Elizeu e aos alunos do 3º ano 2017. Obrigada por acolherem o meu projeto e permitirem que esse sonho se realizasse.

Aos meus colegas de mestrado, pelo companheirismo e incentivo. Foram dois anos aprendendo com vocês. Em especial aos meus amigos Diego e Renan, gratidão por ter conhecido e convivido com vocês.

Aos queridos professores do MNPEF do polo UNB. Obrigada por todo conhecimento que nos passaram, por terem se permitido conhecer a nossa realidade de sala de aula, para que juntos façamos um ensino de física diferente.

À SBF e ao professor Marco Antônio Moreira, grande incentivador para que o ensino de física em nosso país tenha outra realidade, capacitando os professores.

À todos, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A proposta desse trabalho teve por objetivo a utilização de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para ensinar o efeito fotoelétrico no ensino médio. Esse tema que compõe a Física Moderna e Contemporânea(FMC) não era contemplado no currículo da escola aspirada para a aplicação. O referencial teórico que respalda a utilização da UEPS são os princípios da teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, que incita a oportunizar uma aprendizagem significativa e não mecanizada. Os alunos do 3º ano do ensino médio (EM) de uma instituição de ensino privada na cidade de Paracatu-MG foram os agentes participativos do projeto, sob a ação mediadora da autora pesquisadora. A UEPS conta com uma sequência de sete aulas que buscaram respeitar os oito aspectos sequenciais que a constitui. Os dados coletados permitiram associar um resultado exitoso indiciando uma aprendizagem significativa. Diante do exposto, um guia com cada etapa da UEPS foi formulado para subsidiar trabalhos e aplicações de outrem.

Palavras-Chaves: UEPS; efeito Fotoelétrico; aprendizagem significativa.

ABSTRACT

The purpose of this study aimed to use a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) to teach the photoelectric effect in high school. A theme that composes Modern and Contemporary Physics (MCF) was not contemplated in the school curriculum aspired for the application. The theoretical framework that supports the use of TUPS is the principles of David Ausubel's significant learning theory, which stimulates the opportunization of meaningful and non-mechanized learning. Students of the 3rd year of high school (HS) of a private educational institution in the city of Paracatu-MG were participatory project actors under the mediating action of the researcher author. The TUPS has a sequence of seven classes that have sought to respect the eight sequential aspects that constitute it. The collected data allowed the association of a successful outcome indicating a significant learning. Given the above, a guide with each step of the TUPS was formulated to subsidize the work and applications of others.

Keywords: PMTU; photoelectric effect; significant learning.

LISTA DE SIGLAS

UEPS: Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

FMC: Física Moderna e Contemporânea.

FC: Física Clássica

D: Diamante.

P: Pérola.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dependência de conhecimentos. Fonte: autora (2017).....	9
Figura 2: Condições para ocorrência da aprendizagem significativa. Fonte: a autora, 2017.	10
Figura 3: Aspectos sequenciais de uma UEPS.	14
Figura 4- Alunos da turma Diamante manipulando o simulador.	32
Figura 5- Tabela preenchida com dados do simulador pela aluna Nº 16-P.....	33
Figura 6- Relato após simulação aluno nº17-P	34
Figura 7- Relato após simulação aluno Nº 8-D.....	34
Figura 8- Relato após simulação aluno Nº 11-D.....	34
Figura 9- Relato após simulação aluno 10-P.....	35
Figura 10-Relações dos materiais do experimento Efeito Fotoelétrico – Fonte das imagens da autora (2017)	40
Figura 11- Preparação do material para realização do experimento. Erro! Indicador não definido.	

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Análise sobre o comportamento da luz.....	22
Gráfico 2- Resultados do questionamento sobre o que é necessário para um corpo ser considerado eletrizado.	23
Gráfico 3- Respostas dos alunos à questão 10 da UDESC-SC	26
Gráfico 4-Resultado das questões objetivas do questionário final	44
Gráfico 5- Aulas destacadas como essencial para a aprendizagem.	46
Gráfico 6- A sequência proposta se assemelha ao modelo de aprendizagem ao qual está acostumado a estudar?	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formas de aprendizagem significativa	11
Tabela 2: Tipos de aprendizagem significativa	12

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3. REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.1 A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	8
3.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA -UEPS	13
4. METODOLOGIA.....	15
4.1 ESCOLHA DA UEPS	15
4.2 AMBIENTE E SUJEITOS DA PESQUISA.....	15
4.3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	16
4.4 OS PROCEDIMENTOS PARA A ELABORAÇÃO DA UEPS	17
4.5 COLETA DE DADOS	17
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	19
5.1 RELATO DESCRITIVO PARA A APRESENTAÇÃO DOS DADOS	19
5.1.1 AULA 1: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO DE SUBSUNÇORES	20
5.1.2 AULA 2: SITUAÇÃO PROBLEMA E APRESENTAÇÃO DE NOVAS PROPOSIÇÕES INTEGRATIVAS	27
5.1.3 AULA 3: SIMULAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO	30
5.1.4 AULA 4: EXPOSIÇÃO DO CONTEÚDO PELA PROFESSORA.	35
5.1.5 AULA 5: EXPERIMENTO QUALITATIVO DO EFEITO FOTOELÉTRICO	38
5.1.6 AULA 6 E 7: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO E SISTEMATIZAÇÃO DE TODA A UEPS	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
APÊNDICE A.....	53

APÊNDICE B55

APÊNDICE C57

1. INTRODUÇÃO

Na busca exitosa do processo educacional, no decorrer de toda história do ensino, se anseia encontrar a teoria de aprendizagem, o método, o ambiente e o público ideal para que possibilite que a aprendizagem realmente aconteça. Nesse ensejo várias propostas, como as advindas do Behaviorismo e Cognitivismo e reformulações são estabelecidas e socializadas com a comunidade de ensino.

Um desafio que vem sendo pesquisado mais detalhadamente nas últimas duas décadas é a proposição de ensinar conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio. Esse anseio surge da necessidade de inserir o ensino de Física no universo compreendido e vivenciado pelo aluno. Pena (2006) faz uma citação a Terrazzan (1992), onde este, indica que a importância da inserção do conteúdo de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é de grande relevância, pois de acordo com o autor, devemos formar um cidadão que esteja capacitado para agir na sociedade, e sua formação compreende em intervir e entender a realidade a qual está imerso. Nesse sentido, ao propor um conteúdo que se relaciona com o meio em que o aluno está inserido, contribui-se para sua formação intelectual e funcional na sociedade.

O fato de se complementar o currículo com conteúdo de FMC não abstém a importância da Física Clássica (FC). A problematização que ocorre é a resistência em manter a FC com exclusividade no ensino de física na maioria dos ambientes escolares. Ostermann e Ricci (2002) ressaltam que a priorização no ensino médio são os conteúdos da FC. Contudo, essa perspectiva começa a ser rompida com o surgimento de várias propostas de conteúdo, métodos e materiais, que vem demonstrando resultados assertivos em suas aplicações. Como se pode verificar nos trabalhos de Siqueira (2017), Silveira (2016), Paranhos, Richard e Pizani (2008), Valadares e Moreira (1998), entre outros.

Entretanto, um aspecto importante aparece com a mudança curricular. Segundo Oliveira *et al.* (2007), os principais problemas que surgem da análise de atualização curricular referem-se ao “como fazer”, a fim de que os conteúdos de FMC não se tornem apenas mais um “tópico problemático” num currículo que necessita de uma reforma urgente.

A criação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), apodera-se fundamentalmente das diretrizes da teoria de aprendizagem de David Ausubel, cujo foco, é possibilitar que os alunos aprendam significativamente. Essa UEPS é composta por uma sequência de ensino que se inicia com o reconhecimento do que já existe na composição cognitiva do aprendente, e se estrutura de maneira que lhe permita organizar o que ele já tem armazenado, com o que ele irá estudar, contemplando a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, evitando a aprendizagem mecânica, como propõe Ausubel.

A escolha de qual tema de FMC abordar teve um leque de possibilidades, uma vez que nenhum assunto de FMC integra o currículo de Física do Ensino Médio da escola participante do projeto. Nesse contexto foi escolhido o Efeito Fotoelétrico para fazer parte dessa sequência.

O trabalho proposto envolveu duas turmas de terceiros anos do Ensino Médio de uma escola que faz parte da rede privada de ensino na cidade de Paracatu-MG. A escolha por essa série está respaldada no critério que os alunos que a compõem possam ter adquirido no decurso dos seus estudos uma maior quantidade de informações, resultando em subsunçores necessários para o desenvolvimento do trabalho.

A sequência de aprendizagem desenvolvida, utilizou vários recursos e abordagens metodológicas, tais como: vídeo ilustrativo que aborda a dualidade onda-partícula, leitura textual com marcos históricos da evolução do efeito fotoelétrico, simulador computacional, experimento demonstrativo e qualitativo do fenômeno. Questionários diagnósticos auxiliaram todo o processo e corroborou para a avaliação de cada etapa, sinalizando a evolução da aprendizagem dos alunos.

Para a elaboração, concretização e análise de todo esse processo, a estrutura dessa dissertação foi dividida em 6 capítulos.

O primeiro capítulo é o texto introdutório que fornece um aspecto geral de todo o trabalho.

No segundo capítulo, há uma revisão bibliográfica apontando a necessidade da inserção de conteúdos de FMC no ensino, ressaltando também

na perspectiva dos autores quais os desafios e dificuldades que permeiam essa implementação.

O que norteia a aprendizagem significativa, é apresentado no capítulo 3, que descreve também o que consiste uma UEPS.

No quarto capítulo o leitor poderá analisar a metodologia utilizada, perpassando pela escolha da UEPS, os processos usados para a coleta de dados, a caracterização da pesquisa e os sujeitos envolvidos.

Um relato descritivo foi utilizado para a apresentação dos resultados. A análise qualitativa e quantitativa, quando cabível, é exposta no quinto capítulo.

No sexto e último capítulo as considerações finais sintetizam os resultados alcançados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na tentativa de aproximar o aluno à sua realidade através dos conhecimentos de física transmitidos em sala de aula, há um avanço em discussões apresentadas em trabalhos em ensino de ciências, que levantam questionamentos sobre quais temas se deve abordar no contexto do Ensino Médio, quais metodologias poderiam ser mais eficazes.

Os estudos que fazem alusão à inclusão de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no âmbito da sala de aula e a elaboração de materiais e sequências didáticas que viabilizam auxiliar no trabalho do professor, apresentam contribuições de aproximadamente duas décadas de publicações. Essa revisão bibliográfica analisou publicações entre os anos 2000 e 2017, com exceção de uma publicação do ano de 1998. A consulta virtual se deu por meio de hospedagens disponibilizadas em locais como o banco de dados de dissertações no site do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), portal da Capes para dissertações e teses, Revista Brasileira de Ensino de Física, entre outros, que condicionaram a elaboração do presente trabalho.

Um alerta que indicia a necessidade de uma revisão na maneira que é apresentado o ensino de Física, é exposto no trabalho de Ostermann & Ricci (2002); os autores chamam a atenção que a prioridade no ensino de conteúdos no Ensino Médio (EM), se dá primeiramente pela abordagem de temas tradicionais como: Mecânica, Ondas, Física Térmica, Óptica e Eletromagnetismo. Não oportunizando dessa maneira toda a Física desenvolvida do final do século XIX em diante.

Para respaldar o valor da inclusão dos conteúdos de FMC na publicação, Por que, nós professores de Física do Ensino Médio, devemos inserir tópicos e ideias de Física Moderna e Contemporânea na sala de aula? Pena (2006) faz uma citação a Terrazzan (1992), onde este, indica que a importância da inserção do conteúdo de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é de grande relevância, pois de acordo com o autor, devemos formar um cidadão que esteja capacitado para agir na sociedade, e sua formação compreende em intervir e

entender a realidade a qual está imerso. Nesse sentido, ao propor um conteúdo que se relaciona com o meio em que o aluno está inserido, contribui-se para sua formação intelectual e funcional na sociedade.

Em um único trabalho, uma revisão bibliográfica sobre a área de Pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”, Ostermann e Moreira (2000) apresentam um levantamento de bibliografias que mostram a importância da inserção desse conteúdo, quais os temas mais abordados, apontam livros didáticos brasileiros que contemplam ou não os conteúdos de FMC e como são apresentados esses conteúdos nos livros. Também é apresentado no artigo, bibliografias que fazem discussões metodológicas sobre os assuntos de FMC.

Efetivamente essas discussões começam a ganhar espaço, mesmo que sendo como conteúdos sugestivos para complementação do currículo nas esferas que regulamentam o ensino. Na Proposta Curricular da Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, através do Conteúdo Básico Comum de Física (MINAS GERAIS, 2007), já adota-se temas para o ensino de Física moderna no Ensino Médio como a radioatividade e o efeito fotoelétrico, cabendo a ressalva que são conteúdos complementares do currículo, ou seja, não são os principais conteúdos para serem abordados. Essa adoção está em consonância com o artigo 35 inciso IV da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) que tem como desígnio para o ensino médio “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.” (BRASIL, 1996). Também o parágrafo 1º I do art. 36 estabelece que “o educando ao fim do ensino médio apresente domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna.” (BRASIL, 1996).

Uma vez estabelecida a importância de se ensinar FMC, inicia-se o processo de investigação de como transferir essa compreensão para a prática.

Agostin (2008), em sua dissertação de mestrado, mostra a perspectiva do professor na abordagem de Física Moderna (FM), apresentando em sua pesquisa de campo os anseios e dificuldades dos professores em lecionar. Seu trabalho foi intitulado: Física Moderna e Contemporânea: com a palavra professores do ensino médio. Esse levantamento realizado pode ser fruto de

situações como as apresentadas por Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), que indicam que os principais problemas que surgem da análise de atualização curricular, referem-se ao “como fazer”, a fim de que os tópicos de FMC não se tornem apenas mais um “tópico problemático” num currículo que necessita de uma reforma urgente.

Paranhos, Richard e Pizani (2008) apresentam o artigo Lâmpada de Hg para experimentos e demonstrações de física moderna: introdução ao efeito fotoelétrico e outros tópicos; expondo que a falta de ferramentas auxiliares para o ensino, tais como práticas de laboratório e demonstrações experimentais são componentes fundamentais para implementação de novas táticas didáticas. Por isso, é importante também estar formando estratégias a fim de efetivar com sucesso o conteúdo de Física Moderna no Ensino Médio, desenvolvendo uma aprendizagem significativa.

Valadares e Moreira (1998) apresentam uma metodologia para ensinar efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro no Ensino Médio, ressaltando a parte experimental para facilitar a aprendizagem.

Siqueira (2017) também utiliza uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para abordar conteúdo de Física Moderna. A autora apresenta duas UEPS em sua dissertação de mestrado que contemplam a Cosmologia e a Radioatividade, expondo em suas considerações que este processo pode ser de extrema relevância para se trabalhar um conteúdo de FMC.

Em estudo recente, Leal (2017) apresenta como tema de sua dissertação de mestrado Uma proposta de Sequência didática sobre o efeito fotoelétrico para o ensino de física moderna e contemporânea na educação básica. Além de contar com a exposição teórica sobre o assunto, o autor sugere a elaboração de um experimento de alarme à laser demonstrando a aplicação do efeito fotoelétrico.

Batista (2016) em seu trabalho: Uma proposta para ensinar efeito fotoelétrico no Ensino Médio, utiliza um simulador como um dos processos da sequência didática por ele apresentado, onde, segundo o autor, foi possível

reproduzir virtualmente nas mesmas condições da época, o experimento histórico de Lenard. A fundamentação teórica por ele utilizada foi a teoria sociocultural de Vigotski.

Silveira e Girardi (2016), fizeram o desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de física moderna no ensino médio, onde foi possível demonstrar o efeito fotoelétrico e as propriedades elétricas dos plasmas.

Duas propostas de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, foi realizada por Miranda (2016) para ensinar a “Teoria Quântica e Efeito Fotoelétrico” e “Modelos Atômicos e Teoria Atômica de Bohr”. O autor da ênfase na análise dos resultados obtidos que o fato de ter utilizado uma UEPS para trabalhar os conteúdos influenciaram na estatística das notas bimestrais do grupo experimental, isso comparativo com os dos três últimos anos por ele exposto. Essa avaliação permitiu revelar um aumento significativo das médias.

Preocupado com desatualização curricular e corroborando com a importância de inserção de tópicos de FMC, Sé (2016) propôs uma Sequência Didática apoiada na Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, para discutir a evolução do conceito do fóton. Nesse contexto, o autor abordou temas como o efeito fotoelétrico, o efeito Compton, a dualidade onda-partícula, o experimento HBT e noções da Óptica Quântica.

Cavalcante e Tavolaro [2009], dispõe um acervo de material de apoio ao ensino de Física Moderna. Compõe esses materiais, vídeos, simuladores, slides dentre outros. As atualizações de publicações sobre o efeito fotoelétrico seguem a cronologia do ano de 2009-2010-2011-2012-2013 e 2016, onde elas expõem um comentário sobre cada material sugerido.

O levantamento bibliográfico indica o aumento de estudos e pesquisas sobre a FMC nas duas últimas décadas. Em especial na última dezena houve um número crescente significativo nas propostas didáticas e materiais a serem utilizados para possibilitar esse ensino. Esse trabalho resulta da análise dessa revisão, que sustenta a escolha do tema, efeito fotoelétrico, para a aplicação em um ambiente no qual ele ainda não é contemplado. O que possibilita uma

mudança na estrutura curricular e metodológica por meio de uma abordagem que contempla aspectos científicos conceituais associados com a experiência do cotidiano.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

Mediante os questionamentos levantados na revisão bibliográfica sobre quais conteúdos de FMC abordar, como abordar, e o possível resultado a encontrar, é o que norteia a escolha do título dessa dissertação. E para fundamentar a proposta de trabalhar o Efeito Fotoelétrico por meio de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa se faz necessário compreender a base teórica dessa estrutura, que está respaldada na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

O presente trabalho se propôs a apresentar e aplicar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), objetivando ao final, que os alunos participantes do projeto pudessem experimentar uma aprendizagem que diferenciasse do modelo ofertado a eles na disciplina de Física e que possibilitasse ser significativa. Mas, o que significa uma aprendizagem significativa?

David Ausubel (1918-2008), dedicou grande parte de sua trajetória acadêmica a formalizar e apresentar uma teoria que delinearía o caminho para se alcançar uma aprendizagem significativa, centrada na assimilação cognitiva do indivíduo. Moreira (2015), apresenta que para Ausubel, “...aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva.”

A aprendizagem significativa é aquela onde o indivíduo aprendente consegue associar uma nova proposta (ou informação) com um conhecimento já ancorado por ele.

A este conhecimento, especificamente relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma

imagem, David Ausubel chamava de *subsunçor* ou *ideia-âncora*. (MOREIRA, 2012, p. 2)

Dessa maneira a aprendizagem significativa se relaciona constantemente entre:

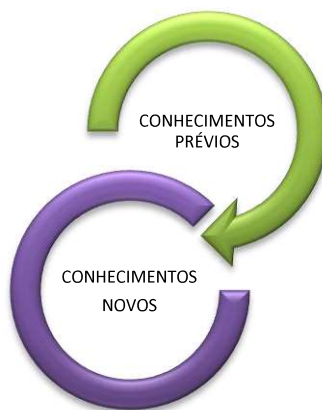


Figura 1: Dependência de conhecimentos. Fonte: autora (2017)

Essa interação é importante. Para a compreensão do novo, é necessário ter uma relação com o que Ausubel conceituou como sendo *subsunçor* (que já existe na estrutura cognitiva do aprendiz), pois, caso ela não seja contemplada, a nova informação será recebida pelo aprendiz arbitrariamente, ocasionando o que o mesmo autor classifica como aprendizagem mecânica.

“Ausubel define *aprendizagem mecânica* (ou automática) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva.” (MOREIRA, 2015, p.162).

Um contexto vivenciado em sala de aula, que poderia exemplificar essa aprendizagem mecânica é percebido quando o aluno estudando mecânica aprende equações que descrevem na cinemática o movimento uniformemente variado (MUV), classificado como movimento cuja a intensidade da aceleração permanece constante. Pois, quando ele estuda o movimento balístico onde é desprezada a resistência do ar, e a única força atuante possibilita uma aceleração constante, ele não consegue associar com o MUV, e as equações que ele armazena (decoradas) ficam sem aplicabilidades, ou seja, ele não

consegue associar um novo contexto que representa o mesmo movimento com o contexto anterior.

Um aspecto relevante a se ressaltar, é que, a aprendizagem mecânica pode ser um mecanismo importante para se chegar a uma aprendizagem significativa, isso, quando a nova informação não tiver na estrutura cognitiva do aprendiz nenhum subsunçor.

“... a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que poucos elaborados.” (MOREIRA, 2015, p.162-163).

Para facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel sugere a utilização de organizadores prévios. Esses organizadores podem ser compreendidos como um material a se usar antes do que realmente você pretende trabalhar. Eles podem servir de suprimento na ausência de subsunçores ou serem utilizados como facilitadores para a aprendizagem do novo conhecimento.

E quais seriam as condições para se aprender significativamente? Para responder essa indagação, não se pode abrir mão de dois fatores essenciais:

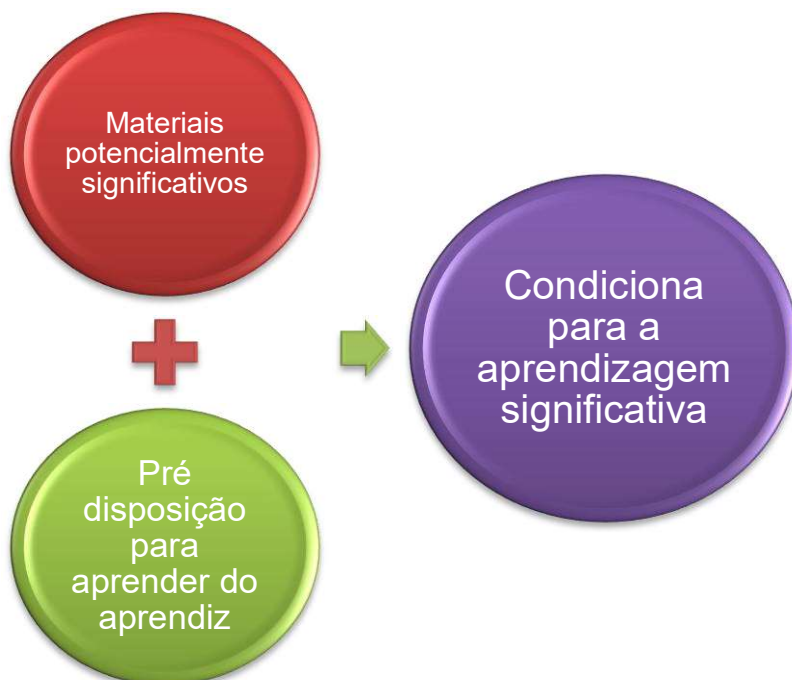


Figura 2: Condições para ocorrência da aprendizagem significativa. Fonte: a autora, 2017.

Esses materiais potencialmente significativos não são especificados por Ausubel em sua teoria, pois, não se pode catalogar de uma maneira geral quais seriam mais adequados. Cabe ao agente facilitador da aprendizagem escolher os materiais que mais teriam oportunidades de se relacionar com a estrutura cognitiva do aprendiz. Entretanto, o material não fará diferença se quem for o alvo da aprendizagem, não se predispor a compreender.

Moreira (2015), expõe na concepção de Ausubel essa intrínseca relação que deve coexistir entre material e aprendiz,

“...independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo aprendizagem como seu produto serão mecânicos (automáticos). (MOREIRA,2015, p.164)

Uma vez estabelecida a condição da relação aprendiz-material potencialmente significativo, avançamos na compreensão da teoria de Ausubel que classifica três formas e três tipos de aprendizagem significativa. Moreira (2012, 2015) discrimina cada conceito relacionado na tabela 1.

Tabela 1: Formas de aprendizagem significativa

Formas de aprendizagem Significativa	Conceituação
Por subordinação	A nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores, reflete uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente.
Por superordenação	Envolve processos de abstração, indução, síntese, que levam a novos conhecimentos que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem. É um mecanismo fundamental para a aquisição de conceitos.
Modo combinatório	Uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais

inclusiva nem mais específica do que os conhecimentos originais.

A tabela 2 relaciona quais são os tipos de aprendizagem significativa.

Tabela 2: Tipos de aprendizagem significativa

Tipos de aprendizagem significativa	Conceitos
Representacional	Ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca.
Conceitual	Ocorre quando o sujeito percebe regularidades em eventos ou objetos, passa a representá-los por determinado símbolo e não mais depende de um referente concreto do evento ou objeto para dar significado a esse símbolo.
Proposicional	Implica em dar significado a novas ideias expressas na forma de proposição. O significado de uma proposição não é a soma dos significados dos conceitos e palavras nela envolvidos.

Moreira (2012) nos coloca que as formas e tipos de aprendizagem significativa se relacionam, apresentando então uma classificação compatível. Por exemplo, a aprendizagem proposicional pode ser subordinada, superordenada e até mesmo combinatória.

Nessa dinâmica de formas e tipos de aprendizagem significativa o sujeito aprendiz vai evoluindo de maneira que ele passa a diferenciar progressivamente ao mesmo tempo que consegue reconciliar integrativamente novos conhecimentos em relação aos já existentes. Com isso, o aprendiz vai constantemente reestruturando sua base cognitiva.

Moreira (2015) relata que para Ausubel a reconciliação integrativa e a diferenciação progressiva podem ser conseguidos na prática pelo uso de organizadores prévios adequados, ou, como sugerido pelo autor, a utilização de mapas conceituais pode promover essas relações.

Para que a possibilidade de uma aprendizagem significativa seja real, a postura docente mediante o aprendiz e a condição em que ele se encontra é primordial. É necessário que o professor tome ciência sobre o conhecimento já adquirido pelo aluno. Em palavras de Moreira (2015, p.171) citando Ausubel (1968, 1978, 1980, 2000), "... o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo."

Com a premissa do que consiste a aprendizagem significativa, o presente trabalho se propôs a tentativa de promovê-la por meio de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

3.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA -UEPS

As UEPS, são sequências didáticas que buscam em sua estrutura atender uma aprendizagem significativa, oposta a aprendizagem mecanizada que em grande maioria é oferecida nos redutos educacionais. Moreira (2011) enfatiza que a sequência sugerida em seu trabalho tem um elemento propulsor, pois "... não há ensino sem aprendizagem, de que ensino é o meio e a aprendizagem é o fim..." (p.43).

Para promover a aprendizagem significativa a construção de uma UEPS perpassa por um objetivo, filosofia, marco teórico, princípios e alguns passos sequenciais a seguir. Essa estrutura organizada, possibilita ao condutor da

aprendizagem (o professor) fornecer ao seu aluno a possibilidade dele aprender significativamente.

O esquema relacionado a seguir, consta de uma adaptação de autoria própria, extraída do texto de Moreira (2011, p.45-46), que enumera oito passos sequencias sugeridos pelo autor para a construção de uma UEPS.

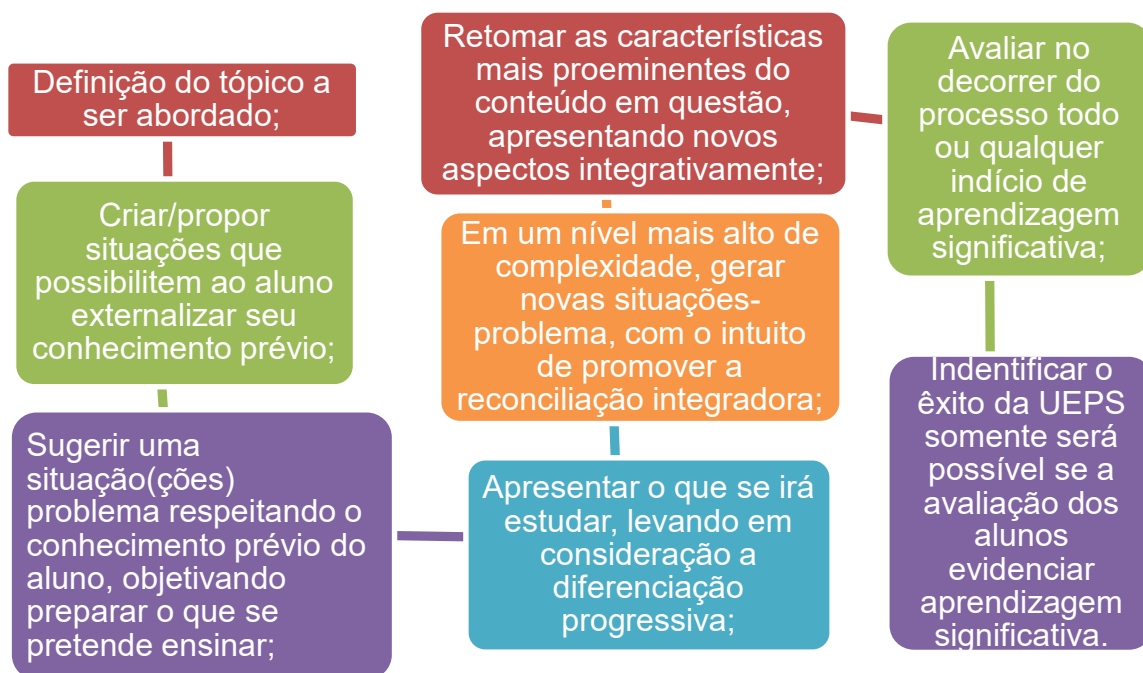


Figura 3: Aspectos sequenciais de uma UEPS.

Para respeitar os passos descritos, com o intuito de promover a aprendizagem significativa, uma UEPS foi proposta para ensinar o efeito fotoelétrico.

4. METODOLOGIA

Para compreensão do ambiente e dos envolvidos nesse trabalho, será apresentado as etapas que propiciaram a construção, execução e análise dessa proposta de UEPS.

4.1 ESCOLHA DA UEPS

A escolha da UEPS, partiu de um estudo direcionado à aprendizagem significativa desenvolvido na disciplina de Teorias de Aprendizagens, e a consolidação da sequência a ser utilizada foi lapidada por pesquisas de UEPS já aplicadas, como registrado na revisão bibliográfica.

4.2 AMBIENTE E SUJEITOS DA PESQUISA

A UEPS foi desenvolvida em uma escola da rede privada na cidade de Paracatu-MG. Essa instituição no ano de 2017 contava com cerca de um mil alunos distribuídos entre a educação denominada mini, mini maternal, maternal, fundamental 1 e 2 e ensino médio.

A escola é referência no ensino e contabiliza 52 anos de práticas educativas. Faz parte de uma rede de ensino religiosa, distribuída pelo Brasil e em alguns outros países.

A estrutura física da escola, conta além de suas salas de aulas climatizadas e monitoradas, com três piscinas (sendo uma semiolímpica), três laboratórios (1 de informática e dois de ciências), biblioteca, brinquedoteca, capela, horta, quadra e ginásio poliesportivo, salão de convenções, salão de festas, parquinho, um pátio de socialização e uma cozinha educativa.

No ensino médio a escola adota um material completo de uma rede de sistema de ensino. Esse material já estabelece os conteúdos a serem ensinados e sugerem uma quantidade de aula para cada assunto abordado.

A proposta do projeto foi apresentada ao colégio no ano de 2016, devido a várias reformulações que a instituição passou, sua aprovação e contribuição para que ocorresse se deu no segundo semestre do ano de 2017.

As turmas preteridas para aplicação da pesquisa eram as do 3º ano do ensino médio (EM), uma vez que os alunos já haviam sido oportunizados de estudar os conteúdos considerados importantes para o desenvolvimento da UEPS.

No ano letivo de 2017 a escola contava com duas turmas de 3º ano do EM, as duas classes contabilizavam um total de 56 alunos, divididos pelos nomes 3º Pérola (26 alunos) e 3º Diamante (30 alunos). Ambas tinham um total de cinco aulas de físicas semanais, compartilhadas por dois professores. As aulas usadas na UEPS faziam parte das aulas regulares de um dos professores.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se caracteriza como qualitativa e quantitativa, uma vez que ela é composta de uma parte mensurável e outra não. Duarte (2012), apresenta a definição de ambas, o que respalda a caracterização das duas na pesquisa,

...pesquisa quantitativa, haja vista que ela se traduz por tudo aquilo que pode ser quantificável, ou seja, ele iria traduzir em números as opiniões e informações para então obter a análise dos dados e, posteriormente, chegar a uma conclusão.

A pesquisa qualitativa é traduzida por aquilo que não pode ser mensurável, pois a realidade e o sujeito são elementos indissociáveis. Assim sendo, quando se trata do sujeito, levam-se em consideração seus traços subjetivos e suas particularidades. Tais pormenores não podem ser traduzidos em números quantificáveis.

Quanto a seus objetivos, podemos caracterizar a pesquisa como sendo exploratória; a qual, conforme GIL, 2008, p.41 define: “Estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses.” E em relação aos procedimentos técnicos como sendo bibliográfica, “é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.” (GIL, 2008, p.47).

Entretanto, a pesquisa se qualifica também como participante, uma vez que é uma “pesquisa desenvolvida pela interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas” Almeida (2016, p.2). E quanto a sua

natureza, esta pesquisa será do tipo aplicada, a qual, conforme (ALMEIDA,2016, p.2), “objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidos à solução de problemas específicos.

4.4 OS PROCEDIMENTOS PARA A ELABORAÇÃO DA UEPS

Para a preparação da UEPS, a escolha do tema Efeito Fotoelétrico, partiu da premissa que o conteúdo não fazia parte do conteúdo no currículo de Física adotado na escola. Os alunos em observância dos assuntos abordados nos últimos vestibulares manifestaram interesse em conhecer alguns conteúdos de Física Moderna, dentre eles o efeito fotoelétrico.

Para trabalhar o conteúdo dentro da estrutura de uma UEPS, na perspectiva de atender os aspectos sequenciais que a compõe, foi pensado variadas estratégias didáticas e mecanismos para analisar se a aprendizagem significativa estaria ocorrendo. Essas medidas resultaram de uma busca por informações, em artigos, blogs, sites, revistas, livros, que possibilitaram analisar quais mecanismos essas referências já haviam utilizado para trabalhar o tema da UEPS, e a partir dessas informações, foi escolhido os materiais que poderiam ser relevantes para a abordagem.

O tempo para a aplicação da UEPS foi limitado em função de ser em novembro, próximo ao encerramento do ano escolar para aqueles alunos que tiveram aproveitamento satisfatório de notas. Esse fator refinou ainda mais a escolha dos instrumentos e limitou uma mudança de estratégia no decorrer da execução da UEPS.

4.5 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados em cada aula da UEPS, os alunos receberam um diário individual contendo todas as ações de cada passo da sequência didática, esse material era recolhido ao final de cada atividade e entregue na aula seguinte.

Complementarmente para a captação das informações, os momentos propostos para discussões foram gravados via áudio, e findando as ações do dia, teve-se o cuidado de descrever via relatório as principais observações da aula, para que não se perdesse informações valiosas que compromettesse a análise dos resultados.

Esse processo de coleta permitiu observar a evolução dos alunos, reforçando o caráter qualitativo de desempenho, além do formativo que foi proposto, assegurando a imparcialidade da avaliação.

A aplicação da proposta teve duração de 3 semanas. As atividades ocuparam horários alternados entre a disciplina de física e de outros professores que dispuseram de tempo ocioso em função da conclusão do seu conteúdo programático. As aulas da UEPS ocorreram no mês de novembro de 2017.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse capítulo será apresentado e analisado os resultados em registro no diário dos alunos juntamente com as anotações periódicas da pesquisadora com a corroboração dos momentos discursivos notados em áudios.

Algumas estratégias e ferramentas subsidiaram a observância por proeminências da aprendizagem significativa. As discussões orais, os questionários formativos, os breves relatos escritos após a leitura do texto, os dados coletados da simulação e do experimento realizado.

A UEPS foi iniciada no dia 17 do mês de novembro e totalizou 7 encontros ocorridos durante esse mês, contemplando efetivamente uma duração de 350 minutos de atividades.

Cabe a ressalva de que a UEPS e o conteúdo efeito fotoelétrico foi pensado para oportunizar aos alunos do 3º ano um conteúdo que não era contemplado no currículo e uma metodologia que não fazia parte do contexto das aulas de física. Essa informação foi apurada pela experiência de sete anos da professora aplicadora na referida instituição, trabalhando o conteúdo de Física no Ensino Médio.

5.1 RELATO DESCRITIVO PARA A APRESENTAÇÃO DOS DADOS

A priori, os alunos foram convidados a participar do projeto de mestrado da professora de física. Uma aula antes de dar início as atividades, os alunos foram sensibilizados sobre a importância de sua participação e o que eles poderiam agregar ao conhecimento fazendo parte do projeto. Receberam a informação que se tratava de um conteúdo extra curricular, mas de igual importância aos que estudaram ao longo do ano letivo.

Esse passo foi importante e necessário, uma vez que seriam usadas as aulas regulares de física para aplicação e o colégio tem toda uma estrutura curricular já montada, o que poderia resultar em questionamento dos pais. Outro fator que demandou essa ação foi o período do ano, os alunos já se encontravam em fase de preparação para as cerimônias de encerramento do nível médio, ou seja, já estavam eufóricos e um tanto descomprometidos com o ensino.

A sensibilização realizada para que os alunos participassem do projeto, apresentou efeito satisfatório, dos 56 alunos matriculados e frequentes nas duas turmas, compareceram na primeira aula no dia 17 de novembro 49 alunos, resultado extremamente positivo devido as circunstâncias em que se encontravam.

Será usado nas descrições para apresentar os dados, uma simbologia que utiliza um número acompanhando de uma letra (D ou P) para referência aos relatos e escritos dos alunos. Exemplo: Aluno N°10-P. O número está relacionado ao indivíduo e a letra faz referência a turma.

Todas as questões, e o texto mencionado nas exposições dos resultados estão disponibilizados no diário de anotações que compõe o apêndice A.

5.1.1 AULA 1: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO DE SUBSUNÇORES

As duas turmas Diamante e Pérola iniciaram o projeto no mesmo dia, em horários diferentes, começando pela turma Pérola.

Foi apresentado para os alunos nesse primeiro momento que a estruturação das aulas seria envolta de uma única temática, e que a participação e sinceridade deles em cada processo, seria fundamental para um resultado de êxito para todos os envolvidos.

Os estudantes receberam um diário de anotações, que os acompanharam em cada processo. Foi solicitado que respondessem à caneta os questionamentos dispostos nesse material e que ao final de cada aula o devolvessem a professora.

Os alunos se identificaram nesse diário por número e turma, não sendo necessário expor o seu nome.

A primeira ação efetiva do produto foi a aplicação do questionário investigativo, cujo intuito era averiguar os subsunçores necessários para o desenvolvimento da UEPS. Esse questionário continha dez perguntas e se encontrava no diário de anotações.

Quando questionados na primeira pergunta: quais os tipos de ondas eletromagnéticas você conhece? Foi possível identificar que a grande maioria realmente tinha uma noção sobre o inquerido, como mostrado a seguir:

Nº 05-P: *“Raios X, infravermelho, ultravioleta, luz visível, micro-ondas.”*

Nº 30-D: *“Ondas de rádio, infra-vermelho, luminosa, raios x.”*

Nº 03-P: *“Luz, raio x, raio gama, infravermelho, ultravioleta.”*

Esse padrão de respostas se repetiu em 34 alunos, que identificou mais de um tipo de onda eletromagnética.

Um aspecto interessante, foi a associação de 3 alunos a uma característica das ondas eletromagnéticas, mesmo não respondendo ao que a pergunta propôs. Como responde o aluno a seguir,

Nº 08-P: *“Eu sei que ondas eletromagnéticas são transversais.”*

Os demais alunos contestaram que não sabiam ou associaram a resposta ao som, como podemos observar nos relatos abaixo.

Nº 30-D: *“Não me lembro, já aprendi, mas estou em dúvida se as que eu sei, são ou não.”*

Nº 02-D: *“Não tenho certeza, mas acho que o som.”*

É evidente que os alunos já estudaram sobre ondas eletromagnéticas, tendo uma minoria dos envolvidos que ainda não conseguem identificar quais ondas são eletromagnéticas.

Na pergunta de número 2, que estava relacionada a primeira questão, os alunos deveriam responder:

Essas ondas possuem diferentes frequências? () sim () não

Cem por cento dos alunos, até mesmo os que não sabiam exemplificar uma onda eletromagnética, responderam que elas possuem diferentes frequências. Um fator interessante, que mostra a associação que eles fizeram da frequência com as ondas, mesmo no caso de alguns que não sabiam ao certo os tipos de ondas eletromagnéticas.

Na terceira pergunta, podemos analisar no gráfico 1 que o maior quantitativo de alunos associou que a luz apresenta um comportamento ondulatório. Entretanto, alguns manifestaram em relatos escritos no questionário que desconheciam os termos ondulatório e corpuscular e com isso marcaram a resposta aleatoriamente, uma vez que o questionamento era objetivo e trazia proposições para se assinalar.

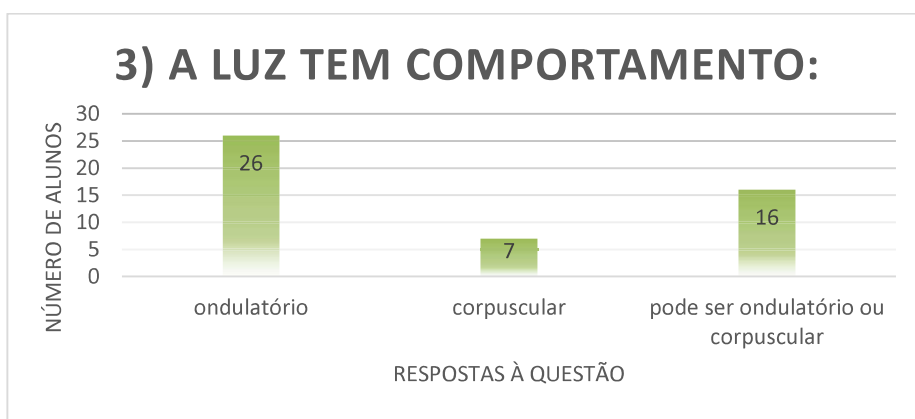


Gráfico 1- Análise sobre o comportamento da luz

Em unanimidade, os alunos afirmaram que o metal pode ser considerado um condutor, respondendo o questionamento da pergunta de número 4(quatro) que indagava:

O metal pode ser considerado como sendo um: () condutor () isolante

. Quando examinados na quinta pergunta: Quais são os processos de eletrização de um corpo? Apenas os alunos nº 10-D e 22-P afirmaram ter esquecido, todos os demais indicaram no mínimo dois processos dentre os três estudados por eles, que são: atrito, contato e indução. Três alunos ao se referirem ao processo de eletrização por contato usaram a palavra “condução”.

Na pergunta de número 6 (seis) que questiona “O que é necessário para um corpo ser eletrizado?” apenas três alunos escolheram a opção “ter a mesma quantidade de elétrons e prótons e uma exceção que assinalou ter elétrons, evidenciando assim que esse assunto era de conhecimento deles, como indica o gráfico 2 a seguir.

6) O QUE É NECESSÁRIO PARA UM CORPO SER CONSIDERADO ELETRIZADO?

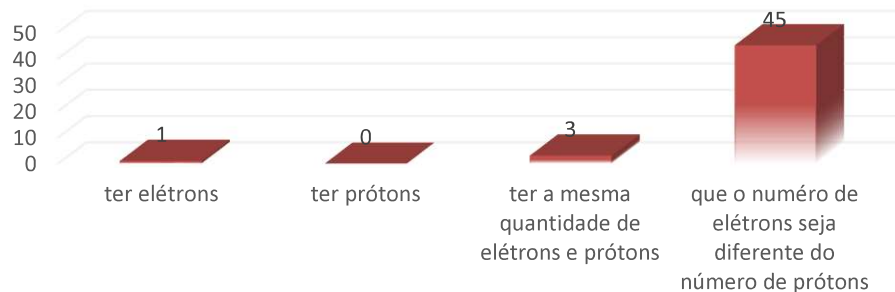


Gráfico 2- Resultados do questionamento sobre o que é necessário para um corpo ser considerado eletrizado.

As quatro últimas perguntas (3 dissertativas e 1 múltipla escolha) tinham um propósito diferente das seis primeiras, pois as anteriores a estas, estavam relacionadas a um conteúdo que comprovadamente os alunos já haviam estudado, e as 4 últimas proposições eram investigativas para analisar se alguém tinha algum conhecimento sobre o assunto que estava por vir.

Na questão número 7 o aluno encontrou as seguintes perguntas: Você já entrou em lugares onde as portas se abrem automaticamente? Qual a explicação do funcionamento desses dispositivos?

Todos os alunos afirmaram ter vivenciado a experiência de entrar em um local com portas automáticas, entretanto, a explicação para o seu funcionamento diversificou entre não sei responder à associação com sensores, campos elétricos... como podemos analisar nos comentários a seguir.

Nº 12-P “*Sim, esses dispositivos possuem um sistema de movimento integrado, no qual a aproximação faz com que ele abra.*”

Nº 09-D “*Sim. Sensores de movimentos que ao chegarmos perto das portas fazem elas abrirem.*”

Nº 19-D “*Sim. Não sei explicar.*”

Nº 22-P *“Sim. Quando estão fechadas, as portas estão sob a ação de uma força magnética, gerada por um campo elétrico, assim que o sensor detecta a pessoa, os números de prótons e elétrons se igualam, e a porta se abre. (Pouco conhecimento).”*

Fica evidente que os alunos pouco ou nada sabem ao associar uma explicação para o funcionamento das portas automáticas, essa insegurança ou confusão de informações nas respostas se estende a questão oito que diz:

Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

Nº 9-D *“Luz com sensores que ao detectar movimentos fecham o circuito para que passe corrente e com o tempo ele abre fazendo com que a corrente não chegue a lâmpada.”*

Nº 27-P *“É colocado um sensor, tanto no sistema de iluminação como no sistema de alarme. Quando há algum tipo de movimento, o sensor capta e liga ou acende automaticamente.”*

Nº 11-D *“Por meio de sensores infravermelhos.”*

Nº 3-D *“Assim como nas portas que se abrem automaticamente, há a presença de um sensor que utiliza ondas eletromagnéticas para perceber a presença de um corpo no local.”*

Cabe a nota nessa análise, que mesmo não tendo o conhecimento real sobre o funcionamento desses sistemas questionados, os alunos procuraram responder com o que acreditavam estar relacionado, tendo um número muito baixo de alunos que não conseguiram dissertar nada.

A nona pergunta teve um intuito muito direto de obter uma conceituação ou familiarização a respeito da palavra “fóton”. A pergunta era: O que é um fóton na sua compreensão?

Vinte e sete por cento (27%) dos alunos disseram não conhecer nada a respeito, os demais se arriscaram entre diversas respostas, tais como:

Nº 27-P *“Um fóton é uma partícula movida à luz.”*

Nº 20-P *“Na minha compreensão, o fóton são elétrons emitidos devido a incidência de luz em metal.”*

Nº 18-D *“Partícula que capta a luminosidade que é transformada em energia elétrica (não tenho certeza).”*

Nº 21-P *“Um corpúsculo sem massa que pode emitir luz.”*

Nº 5- P *“Fóton é uma partícula que emite luz.”*

Nº 21-P *“Um corpúsculo sem massa que pode emitir luz.”*

Nº 14-D *“Fóton é uma partícula excitada, emitindo luz ao passar entre níveis de energia.”*

É notório que todos os que se propuseram a responder a pergunta, associaram a palavra fóton com partícula e com a luz. Demonstrando resquícios de já terem ouvido algo a respeito, mesmo que não oficialmente nas aulas de física.

A última questão (nº10), fazia proposições de múltipla escolha sobre o efeito fotoelétrico, que foi sucintamente contextualizado no enunciado, dando um pouco de suporte para a escolha da alternativa. Essa questão já havia sido validada no vestibular da ¹UDESC-SC. Foi pedido aos alunos que assinalassem a alternativa correta a respeito das seguintes afirmações:

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.

Essa questão possibilitou gerar o gráfico 3 a seguir.

¹ Disponível em <https://www.infoescola.com/fisica/efeito-fotoeletrico/exercicios/>

10) ASSINALE A AFIRMATIVA CORRETA.

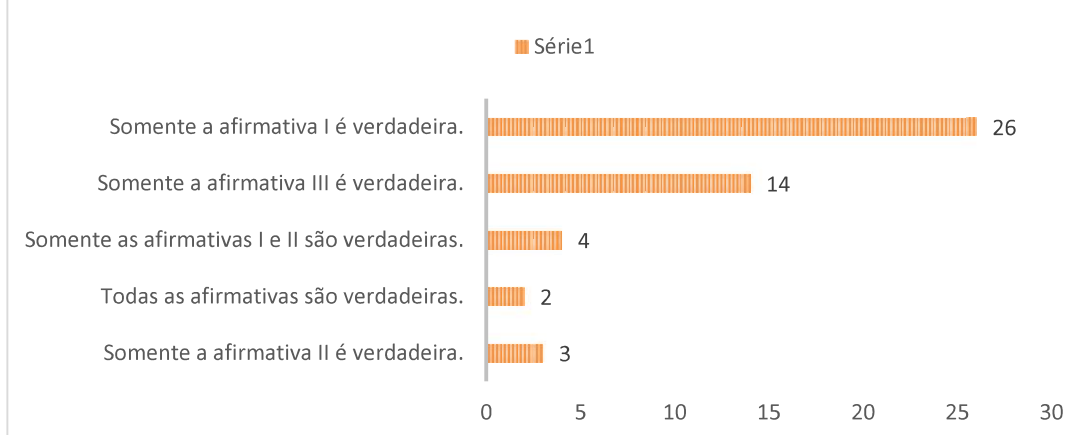


Gráfico 3- Respostas dos alunos à questão 10 da UDESC-SC

Percebemos que apenas com a interpretação do texto proposto o maior número de alunos (26) conseguiu acertar a questão, (14) alunos associaram um aquecimento do metal para ocorrência do efeito fotoelétrico e os outros (9) alunos escolheram erroneamente as outras proposições.

Após a aplicação desse questionário, aconteceu um momento de sistematização de tudo o que eles escreveram, o diário foi entregue à professora e um debate se iniciou com o intuito de coletar mais informações sobre os assuntos abordados no questionário.

Nas perguntas de número 1 ao número 6, que envolviam conteúdos já estudados por eles a resposta oral permitiu analisar que eles se recordavam do assunto. Exceto a pergunta de número 3, que, apesar de fazer parte do conteúdo do 9º ano ensinado na escola (e 90% dos alunos estudam desde o fundamental nessa escola), apenas um aluno da turma Pérola sabia a resposta correta com convicção. Evidenciando que as respostas obtidas no questionário escrito apresentam quantitativamente um “eu acho” a respeito de cada afirmação.

As perguntas de número 7 a 10 eram desconhecidas de 99% dos alunos, que alegaram desconhecer o assunto. Em especial, a pergunta de número 9, 100% da turma diamante não sabiam responder com conhecimentos prévios. No Pérola uns 3 alunos arriscaram uma resposta. O resultado do debate confronta

com o questionário escrito, pois a grande maioria arriscou escrever uma explicação teórica, o que demonstra insegurança nas respostas, por isso a não exposição oral.

Esse momento de sistematização, permitiu reforçar e recordar oralmente todos os conteúdos pré-requisitos para o desenvolvimento das atividades seguintes.

Todo o processo escrito e oral, possibilitou identificar na maioria dos alunos os subsunçores necessários, concluindo com êxito a proposta dessa primeira aula.

5.1.2 AULA 2: SITUAÇÃO PROBLEMA E APRESENTAÇÃO DE NOVAS PROPOSIÇÕES INTEGRATIVAS

A segunda aula ocorreu no mesmo dia que a primeira, sendo que a turma Pérola teve um intervalo entre aulas e a turma Diamante foi aula dupla.

A seguinte situação problema foi levantada: afinal o que caracteriza um comportamento corpuscular e um comportamento ondulatório? Onde a luz se encaixa?

Para essa problematização um ²vídeo de 5 min foi proposto. O vídeo apresenta uma fala dinâmica do personagem fictício Doutor Quântico, que expôs o experimento da fenda dupla com um feixe de elétrons. Essa proposta, mediou a situação problema com a funcionalidade de organizador prévio.

Após assistirem o vídeo os alunos responderam a seguinte proposição dissertativa:

Discorra em um pequeno texto quais os pontos principais abordados no vídeo Dr. Quântico: dualidade onda-partícula.

² Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=lytd7B0WRM8>

Todos os alunos anotaram suas impressões e conclusões sobre o vídeo, destacando abaixo algumas delas.

Nº 9-D *“Eu entendi que o elétron tem vida própria, e ao notar que estava sendo observado ele mudou suas ações e fez algo diferente.”*

Nº 4-P *“O vídeo falava sobre partículas e ondas, em que as partículas ao se depararem com um objeto que tinha um buraco irá passar através dele e produzir uma imagem com o formato do buraco, enquanto as ondas, quando vier mais de um buraco, irá formar várias imagens (com as partes que não formam sendo os pontos de interação). O processo que ocorre com os elétrons se assemelha com os das ondas, porém ao posicionar o observador ele age como partícula.”*

Nº 3-D *“No vídeo aborda-se como as partículas (elétrons por exemplo) são capazes de sofrer interferência, assim como ocorre nas ondas. O papel do observador também é analisado no vídeo e há questionamento se a luz é apenas uma onda ou também pode ser considerada como partícula.”*

Um fato recorrente de todos os relatos foi a interferência do observador destacada no vídeo. Essa evidência fez um extravio na real proposta com o vídeo, que era destacar e problematizar a possibilidade de ora se ter um comportamento corpuscular e em outros momentos o ondulatório.

Como o vídeo é bem lúdico, os alunos se intrigaram muito. Quando proposto um breve debate a respeito do assunto eles foram extremamente participativos e aceitaram o fato de que poderia se associar o vídeo com o comportamento da luz, eles já haviam estudado a luz com o comportamento ondulatório e agora eles iriam conhecer uma outra versão da luz, apresentando um comportamento corpuscular.

Para fazer uma relação integradora foi proposto em seguida, uma leitura de um ³texto sobre o histórico do Efeito Fotoelétrico. Alguns alunos perguntaram

³ Disponível em: <https://sites.ifi.unicamp.br/lfmoderna/conteudos/efeito-fotoeletrico/>

se podia destacar o texto, usar marca-texto ao fazer a leitura. Ação que foi permitida pela professora ao notar o interesse manifestado pelos alunos. É de destaque a concentração dos alunos durante o processo de leitura.

Após a leitura do texto, os estudantes foram instruídos para responderem no diário a seguinte solicitação:

De acordo com o texto lido, indique quais as diferenças entre o modelo clássico e o novo modelo proposto para o efeito fotoelétrico.

São apresentadas a seguir algumas ponderações dos alunos.

Nº 27-D “O modelo clássico não obtinha uma explicação suficiente pois abordava a luz como uma onda e no novo modelo para o efeito fotoelétrico a luz é uma partícula.”

Nº 22-P “O modelo clássico dizia que a luz se comportava como uma onda e não como uma partícula, e também, o modelo clássico não pensava na ideia da energia ser quantizada.”

Nº 04-D “Primeiramente o novo modelo analisa a luz como partícula não como onda. Além disso ao postular que matéria irradia sua energia para um absorvedor e ainda restaria energia cinética para os elétrons ser ejetados, ele explica a rapidez da emissão dos elétrons e desconsidera que a energia cinética depende da intensidade da luz.

A constatação que o novo modelo para explicar o Efeito Fotoelétrico proposto por Einstein teria um caráter corpuscular para a luz e não ondulatório como era apresentado pela teoria Clássica, foi verificada em todas as respostas. Mas o texto foi rico em outras comparações também, como a discordância causada pela intensidade da luz no fenômeno, na perspectiva da teoria clássica e moderna. Esse aspecto ficou evidenciado em 60% das respostas, o que não é muito satisfatório, pois o texto expõe em vias claras o assunto.

Quando todos finalizaram o que foi proposto, o diário foi recolhido, e um debate se iniciou em cima do texto.

A maioria conseguiu captar as informações principais. Quando perguntados se havia algum nome desconhecido no texto, vários foram citados,

excetuando o nome de Einstein. Quatro alunos mencionaram já terem ouvido falar de Planck. Todos desconheciam que a explicação do Efeito Fotoelétrico era o motivo do Nobel de Einstein de 1921. Só sabiam que ele havia ganhado esse prêmio.

Antes de findar a aula, foi solicitado que os alunos realizassem uma pesquisa sobre a aplicabilidade do efeito fotoelétrico no cotidiano, e esta deveria ser entregue no próximo encontro.

Fica evidente, após todos os debates dessa aula, que os alunos começaram a compreender o que seria o Efeito Fotoelétrico, alguns claramente quando questionados após o texto fizeram a reconciliação das informações apresentadas até aqui e constataram a dualidade onda-partícula para a luz. Outros ainda resistiam em respostas mecanizadas, pois ao falarem que a explicação moderna para o efeito fotoelétrico era corpuscular e a clássica era ondulatória manifestavam isso, dando a entender que era errado dizer que a luz teria um comportamento ondulatório. Ou seja, não conseguiram perceber que para explicação do efeito fotoelétrico necessitaria utilizar a teoria corpuscular, mas isso não anularia o comportamento ondulatório em vários outros fenômenos.

5.1.3 AULA 3: SIMULAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO

No dia 20 de novembro ocorreu a terceira aula nas duas turmas. Antes de iniciar a proposta dessa aula, foi solicitado que os alunos entregassem sua pesquisa sobre a aplicabilidade do efeito fotoelétrico. A atividade foi realizada por 80% dos alunos. As principais aplicabilidades pesquisadas por eles foram: portas dos shoppings que se abrem e fecham automaticamente, controladores automáticos de flash nas câmeras fotográficas, aparelhos de controle automático de entradas no metrô, televisores de LCD e plasma, painéis solares e sistemas de alarmes. As referências da pesquisa realizada pelos alunos proviam de blogs e sites educativos de fácil acesso, nenhum artigo científico sobre o assunto foi pesquisado.

Após o recolhimento da pesquisa, iniciou-se a proposta da terceira aula, que era elevar o conhecimento dos alunos sobre o efeito fotoelétrico. Eles já

passaram por uma contextualização histórica e esse momento oportuna uma visualização simulada das variáveis que influenciam para a ocorrência do fenômeno.

Cabe a ressalva que só foi possível utilizar o laboratório de informática na turma do 3º ano Pérola, e mesmo assim, o planejamento de utilizar um computador para cada aluno foi frustrado pela desatualização dos programas de alguns computadores, que eram necessários para a execução do simulador. Ficando uma média de três alunos por computador.

A turma do 3º Diamante realizou a simulação na lousa interativa da própria sala de aula, os alunos se revezavam para mexer no simulador instigados por sua própria curiosidade e atendendo ao pedido dos colegas, que não manipulavam o simulador, mas observavam o que ocorria quando se alterava alguma coisa. Seis alunos fizeram o revezamento para alterar as variáveis do simulador.

O ⁴simulador possibilitava alterar as variáveis, frequência, tensão, intensidade luminosa e superfície metálica. A princípio os alunos foram convidados para alterar essas variáveis aleatoriamente por cerca de dez minutos. Foi possível perceber nesse pequeno intervalo de tempo a associação de alguns alunos quanto ao que era necessário para ocorrer o efeito fotoelétrico. Essa constatação ficou perceptível com a interação que eles começaram a fazer sobre o assunto.

⁴ Disponível em:
<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/20EfeitoFotoelettrico/Site/Animacao.htm>. Acesso em 20 de junho de 2017.



Figura 4- Alunos da turma Diamante manipulando o simulador.

Em seguida, de posse do diário de anotações os alunos preencheram uma tabela, como a indicada a seguir:

Tabela 3- Tabela preenchida durante a simulação.

Metal	F (hz)	Intensidade de luz	U (V)	I(A)

Na tabela 3, os alunos deveriam anotar o tipo de superfície metálica (poderia escolher dentre as 8 disponíveis), a frequência e a intensidade da luz e voltagem que ele utilizou para que ocorresse o efeito fotoelétrico. O simulador não mensurava a intensidade de corrente, portanto, a coluna I(A) não foi preenchida.

Seguindo o solicitado, a aluna N^o 16-P fez a seguinte anotação:

AULA 3

SIMULAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO

1) Complete a tabela

Metal	F (hz)	Intensidade de luz	U (V)	I(A)
Cobres	11,27	6,74	5	
Sódio	14,00	1,14	0	

→ Cada superfície metálica possui uma frequência mínima que interfere na intensidade da luz e, conseqüentemente, na velocidade que são expelidos os e⁻.

Figura 5- Tabela preenchida com dados do simulador pela aluna N° 16-P

Apesar de associar a frequência de incidência da luz como um requisito fundamental para ocorrência do efeito fotoelétrico e que isso modifica para cada superfície, a aluna que registrou a tabela apresentada na figura 5, anotou uma frequência para o cobre que não seria suficiente para ejeção de elétrons dessa superfície. Como a associação da aluna está correta e isso se solidifica em seus relatos posteriores, supõem-se que ela anotou o dado equivocado.

As superfícies que mais apareceram nos relatos escritos foram o cobre, sódio e cobalto, nenhum aluno fez registro da prata, e as demais superfícies apareceram esporadicamente nas anotações. Observa-se que alguns alunos ao registrarem a frequência não anotaram o múltiplo 10^{14} que acompanhava os valores, mas isso não os impediu de constatar a ocorrência do efeito fotoelétrico.

Quando solicitados para escreverem um breve relato sobre a simulação, onde deveriam discorrer evidenciando os fatores que interferem na ocorrência do efeito fotoelétrico, os alunos conseguiram fazer uma associação satisfatória. Dos 43 alunos que participaram dessa simulação 3 erroneamente relacionaram a intensidade luminosa como fator para a ejeção e aumento de velocidade dos elétrons.

Nas figuras de 6 a 10, temos um panorama das dissertações dos alunos a respeito do que associaram após o experimento.

- 2) Faça um breve relato da simulação do efeito fotoelétrico realizada no laboratório de informática, evidenciando os fatores que você identificou que interferem na ocorrência do efeito fotoelétrico.

quando a frequência da luz muda, a intensidade da velocidade é modificada também. se a intensidade da luz muda, a quantidade de elétrons transmitidos se altera também, já quando o DDP é alterado, o fluxo é impedido e tende a retornar as transmissões.

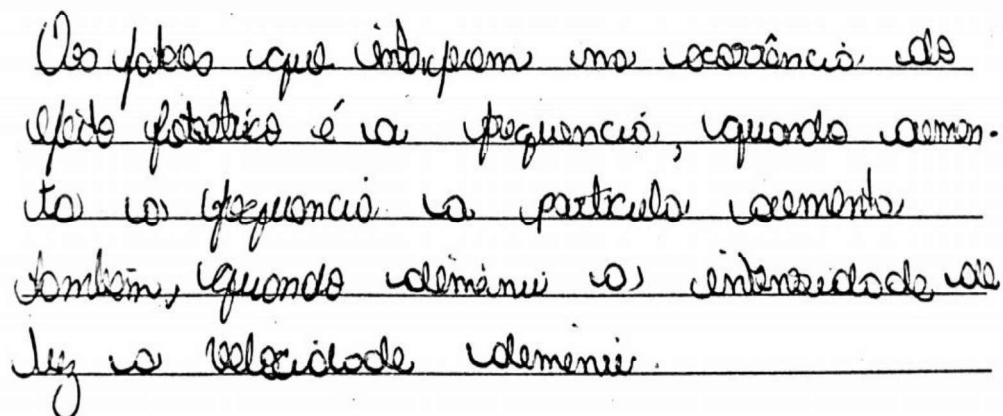
Figura 6- Relato após simulação aluno nº17-P

A partir do momento que se aumenta a ddp ocorre o processo de repulsão, quando aumenta a frequência aumenta-se a velocidade e a partir de dado valor da intensidade de luz o número de elétrons liberados começa a aumentar. A frequência aumenta ocorre também a troca de luz com da luz.

Figura 7- Relato após simulação aluno Nº 8-D

Como aumento da frequência aumenta-se também a velocidade. A mudança da frequência altera-se as cores emitidas pela luz.

Figura 8- Relato após simulação aluno Nº 11-D



Os fatos que interpretamos em relação, da
efeito fotoelétrico é a frequência, quando aumen-
ta a frequência a partícula aumenta
também, quando diminui a intensidade da
luz a velocidade diminui.

Figura 9- Relato após simulação aluno 10-P

Os resultados dessa aula elevaram a constatação de assimilação dos alunos a respeito da temática da sequência didática, o que subsidia o processo seguinte, pois agora eles irão receber toda a informação sistematizada por equações e relações importantes exposta pela professora.

5.1.4 AULA 4: EXPOSIÇÃO DO CONTEÚDO PELA PROFESSORA.

A aula expositiva tem uma estrutura disposta a apreciar a diferenciação progressiva, pois segundo Moreira (2011) o conhecimento que será elucidado deve iniciar dos aspectos mais globais, inclusivos, possibilitando constatar o todo e em sequência ir delineando, exemplificando aspectos específicos.

O professor utilizou ⁵referências de apostilas, livros e artigos para fundamentação teórica da aula.

Em síntese, foi contemplado nessa aula:

- Quantização de energia como propriedade da luz.

⁵ BERNOULLI, Sistema de Ensino, vol 4, 2017;

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2009 vol 4;

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 4;

- Conceituação do que é o efeito fotoelétrico.
- Uma ênfase nas duas principais observações feitas por Lenard que caracterizam o efeito fotoelétrico que são o que acontece quando se aumenta a intensidade da luz (maior taxa de emissão de elétrons) e que temos uma frequência mínima para a emissão de elétrons em cada superfície metálica (ultrapassando esse mínimo se aumenta a energia cinética)
- Simbolização de frequência de corte (f_0), função trabalho (ϕ) e energia cinética de ejeção do elétron (E_c);
- Equação que relaciona f_0 , ϕ , E_c
- Caracterização do efeito fotoelétrico como efeito do comportamento corpuscular da luz.
- Aplicabilidades do efeito fotoelétrico.

A aula foi exposta na lousa branca e dialogada com os alunos. Como eles já tiveram contato com frações do que foi exposto, a aula constituiu uma dinâmica proveitosa entre professor e aluno. Ao final, foram convidados a responder três perguntas.

- 1) O que é o efeito fotoelétrico?
- 2) Quando elétrons são ejetados de uma superfície metálica, a velocidade com que são expelidos depende de qual característica da radiação?
- 3) Ao incidirmos uma determinada radiação em um superfície metálica, percebemos a ocorrência do efeito fotoelétrico. Se a referida superfície for alterada e a radiação incidente mantida, o efeito fotoelétrico ainda será observado? Justifique.

Em resposta a primeira pergunta 36 alunos tiveram respostas similares às do aluno N° 12-D e do aluno N° 16-P respectivamente,

“É a emissão de elétrons de uma superfície metálica devido a incidência de luz sobre ela.”

“É a retirada de elétrons de uma superfície metálica a partir da radiação com determinada frequência.”

Apenas o aluno N° 8-D forneceu uma resposta distante do que foi discutido na aula.

“Efeito fotoelétrico possui células fotoelétricas. Estas são capazes de transformar energia luminosa de qualquer fonte em energia elétrica.”

Quatro alunos não registram suas respostas.

Para responder a segunda pergunta houve 02 exceções nas respostas, um aluno colocou que depende da energia dos fótons e o outro relacionou com a intensidade da luz. Todos os demais associaram que a velocidade de emissão dependia da frequência da radiação.

A pergunta de número 3, deixou os alunos divididos na resposta.

Seis alunos usaram a negativa (não) para responder a questão, entretanto sua justificativa não dá suporte para a afirmação, como exemplificado no relato do aluno N° 09-P. *“Não. Cada superfície depende de uma frequência mínima para ocorrer o efeito.”* Eles não conseguiram perceber que justamente pelo fato de que cada superfície necessitaria de uma frequência mínima da radiação para ejeção dos elétrons, eles não poderiam fazer uma afirmação usando o sim ou o não. A pergunta era ampla o suficiente para não condicionar essa afirmação.

Um total de 26 alunos conseguiram relacionar os termos “depende” e “pode ser que sim ou não” em suas respostas, similar ao que dissertou o aluno N° 14-P.

“Depende do material da superfície, já que cada superfície possui uma frequência mínima.”

As respostas atribuídas ao sim, tiveram justificativas diversas e um tanto equivocadas. Nove alunos optaram por essa afirmativa. Analisemos alguns relatos.

N° 20-D *“Sim. A frequência muda devido ao material, mas não acaba o efeito.”*

Nº 11- P “*Sim, depende do metal*”

Nº 07- P “*Sim, ocorrerá o efeito até quando tiver elétrons, quando não haver mais não terá mais o efeito.*”

Nº 25-D “*Sim, todos possuem índice de radiação igual.*”

É possível analisar pelas respostas, que os alunos se perderam, pois todos eles responderam satisfatoriamente a questão 1 e 2, mas não souberam associa-las nesse contexto. Um fator de evidência de uma aprendizagem mecânica, ou a dificuldade de interpretar o texto.

Os alunos dispuseram de um tempo de 10 minutos para responderem essas questões. Por caracterizar o final da aula, essa ocorrência pode ter contribuído para 6 alunos não responderem a questão.

5.1.5 AULA 5: EXPERIMENTO QUALITATIVO DO EFEITO FOTOELÉTRICO

A avaliação da aprendizagem significativa ela não é o componente final da UEPS, pois sua observação é feita durante todo o processo. Até a aula quatro ocorreu indícios muito fortes de que os alunos avançam no conhecimento e que a aprendizagem significativa estava ocorrendo. Entretanto, esses vestígios poderiam ser enganosos, pois por se tratarem de aulas ocorridas em um tempo muito próximo, a dinamização, as respostas assertivas aos questionamentos ainda poderiam ser reflexos de uma aprendizagem mecânica.

A quinta aula possibilitaria uma caracterização do grupo de alunos que evoluíram significativamente na aprendizagem. Esse momento, exigia que os alunos associassem o conhecimento prévio deles (que foi investigado na primeira aula) com o conhecimento sobre o efeito fotoelétrico recém adquirido. Como as duas abordagens separadamente teve um resultado extremamente satisfatório a compreensão e a formulação de explicação do experimento por vir resultaria em um indicativo sólido de aprendizagem significativa.

Para a realização desse experimento, todo o material utilizado foi cedido por uma instituição de ensino superior da cidade, na qual a professora(autora)

também fazia parte do grupo funcional. O laboratório do colégio não continha os materiais necessários, e a dinâmica da UEPS optou pela utilização de um equipamento já confeccionado.

O experimento foi de caráter demonstrativo, como o material era um empréstimo, seria um complicador a retirada de vários kits do laboratório.

Os elementos que compunham esse kit experimental eram:

Quantidade	Descrição	Imagem
01	Eletroscópio retangular	
10 folhas	Papel toalha	
01	Tubo de pvc	
01	Fonte luminosa ultravioleta	
01	Placa de filtro para UV	
01	Tecido de algodão	
01	Tubo de vidro	

Figura 10-Relações dos materiais do experimento Efeito Fotoelétrico – Fonte das imagens da autora (2017)

Os materiais foram dispostos sobre a mesa do professor. Cada componente foi apresentado para os alunos com a advertência para não se posicionarem frente a fonte de radiação.



Figura 11- Preparação do material para realização do experimento. Fonte: a autora (2017)

A placa de zinco foi limpada com a palha de aço no intuito de retirar resíduos que se acumulam no metal. Logo em seguida, a placa foi encaixada no eletroscópio.

O primeiro procedimento contou com a eletrização do tubo de PVC com o papel toalha, logo em sequência o tubo foi colocado em contato com a placa de zinco. A radiação ultravioleta foi posicionada na frente da placa.

Esperou-se alguns minutos para os alunos já irem formando as suas hipóteses para tudo o que ocorreu, pois nada foi explicado durante a demonstração.

O segundo procedimento seguiu os mesmos passos do primeiro ao ser iniciado com o processo de eletrização por atrito, entretanto, os materiais que foram utilizados passaram a ser o bastão de vidro e o pano de algodão. Os alunos mais uma vez observaram atentos ao que ocorreu.

Terminada a exibição do experimento, iniciou-se os questionamentos. O objetivo de descrever o que se estava demonstrando era para obter informações se eles conseguiam identificar o significado de cada passo.

Essa foi a aula mais participativa, oralmente foi possível identificar o que os alunos compreenderam do processo e o que não.

As principais respostas corretas, estavam relacionadas aos processos de eletrização utilizados, identificaram que foi feito a eletrização por atrito e por contato.

Quando perguntados se ocorreu o efeito fotoelétrico, alguns alunos não se manifestaram, mas outros se arriscaram. Disseram que ocorreu o efeito fotoelétrico quando se aproximou a fonte de radiação da placa metálica. Ao fazerem essa associação surgiu o momento oportuno de identificar uma aprendizagem significativa. E o seguinte questionamento foi proposto para eles: No primeiro procedimento, era possível saber se o eletroscópio estava eletrizado positivamente ou negativamente?

Iniciou-se alguns palpites aleatórios, e foi solicitado que eles pensassem para fundamentar a resposta.

Treze alunos conseguiram fazer uma relação coerente com o que ocorreu. Ou seja conseguiram associar os passos com o resultado observado.

Entretanto, era perceptível que os outros se perderam no meio do raciocínio. Esse alunos respondiam em frações, sem conseguir associar o ocorrido.

Foi solicitado que eles escrevessem no diário o acontecido e respondessem algumas questões, mas por ser uma aula de 50min o tempo não foi suficiente para que registrassem, a nota maior dessa aula ficou nos vídeos gravados pelos alunos e observações do professor.

Contabilizando as duas turmas, 19 alunos responderam às seguintes questões sobre o experimento no diário:

- 1) Anote os procedimentos realizados durante a demonstração do experimento do efeito fotoelétrico.
- 2) O eletroscópio ficou carregado negativamente ou positivamente, quando utilizado o bastão de PVC? Justifique sua resposta.

- 3) Quando submetido a radiação ultravioleta, descreva o que ocorreu com o eletroscópio.
- 4) O eletroscópio ficou carregado negativamente ou positivamente, quando utilizado o bastão de vidro? Justifique sua resposta.

Fica em evidência o relato do aluno N°18-P sobre o experimento:

“Primeiro houve atrito entre o bastão e o papel em seguida, colocou-se o bastão no eletroscópio, fazendo com que as folhas se abrissem. No segundo experimento os elétrons foram arrancados da placa de zinco pelo processo de radiação e as folhas se juntaram.”

O aluno N°18-P, forneceu a resposta a seguir para responder a pergunta de número 3.

“Neutro. Pois a retirada da pequena quantidade de elétrons da placa de zinco serviu para equilibrar o número de elétrons com o número de prótons.”

Essa aula possibilitou identificar vários alunos ainda com indícios de aprendizagem mecânica, pois quando questionados sobre os processos de eletrização ou como esses processos ocorrem, eles conseguiram responder. Se fosse perguntado mais uma vez o que é o efeito fotoelétrico ou quais as variáveis que influenciam em sua ocorrência, eles saberiam replicar. Entretanto, quando foi necessário a associação desses conhecimentos em um procedimento, que elencava um estado de eletrização com a ocorrência do efeito fotoelétrico alguns não souberam argumentar.

Ao final dessa aula, em especial, foi possível fazer uma distinção com maior respaldo de quem ainda se enquadrava na aprendizagem mecânica dos que transcendiam para a aprendizagem significativa.

5.1.6 AULA 6 E 7: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO E SISTEMATIZAÇÃO DE TODA A UEPS

O primeiro questionário diagnóstico disponível no apêndice A, contou com a participação expressiva de 49 alunos e seu intuito consistiu na averiguação dos subsunçores necessários para o desenvolvimento da UEPS. Esse método é retomado nesse estágio para corroborar na avaliação que se deu ao longo de

todo o processo. Uma vez mais, será analisado questões relacionadas com o conteúdo especificamente. Para complementar o questionário, foram adicionadas perguntas de caráter investigativo sobre a perspectiva dos alunos em relação a todo o processo desenvolvido nessa sequência didática.

Um total de 41 alunos responderam esse questionário final, disponível no apêndice B. Por se tratar de um dia, em que eles receberam a dispensa da presença no colégio por motivo de comemoração simbólica de colação de grau, esse número de alunos participantes foi expressamente significativo com apenas o diminuto de 5 alunos em relação ao primeiro encontro.

Inicialmente, a análise será nas questões correlatas ao conteúdo, que são duas objetivas e duas teóricas, como relacionadas na figura 12 a seguir:

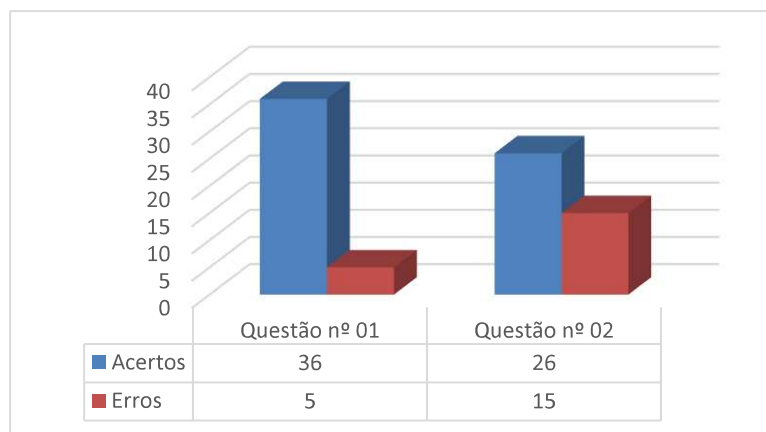
Nº da questão	Descrição da questão
1)	<p>(UDESC 2010) Analise as afirmativas abaixo, relativas à explicação do efeito fotoelétrico, tendo como base o modelo corpuscular da luz.</p> <p>I – A energia dos fótons da luz incidente é transferida para os elétrons no metal de forma quantizada.</p> <p>II – A energia cinética máxima dos elétrons emitidos de uma superfície metálica depende apenas da frequência da luz incidente e da função trabalho do metal.</p> <p>III – Em uma superfície metálica, elétrons devem ser ejetados independentemente da frequência da luz incidente, desde que a intensidade seja alta o suficiente, pois está sendo transferida energia ao metal.</p> <p>Assinale a alternativa correta.</p> <p>Somente a afirmativa II é verdadeira.</p> <p>Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.</p> <p>Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.</p> <p>Somente a afirmativa III é verdadeira.</p> <p>Todas as afirmativas são verdadeiras</p>
2)	<p>(UFRGS) “De acordo com a teoria formulada em 1900 pelo físico alemão Max Planck, a matéria emite ou absorve energia eletromagnética de maneira emitindo ou absorvendo, cuja energia é proporcional à da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia.”</p> <p>Assinale a alternativa que, pela ordem, preenche corretamente as lacunas:</p>

	a) contínua – quanta – amplitude b) descontínua – prótons – frequência c) descontínua – fótons – frequência d) contínua – elétrons – intensidade e) contínua – nêutrons – amplitude
3)	Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?
4)	O que é um fóton na sua compreensão?

Figura 12- Quatro primeiras perguntas do questionário final.

O resultado apresentado no gráfico 4 a seguir, corrobora com as observações conclusivas da aula experimental. Os alunos, satisfatoriamente responderam ao primeiro questionamento. Os 5 alunos que erraram a questão, assinalaram a mesma resposta, que continha 50% de interpretação correta, pois se tratava de uma questão de análise de afirmações, como indicado na figura 12 anteriormente.

Gráfico 4-Resultado das questões objetivas do questionário final



Esse resultado, poderia nos levar a considerar que houve indícios de aprendizagem significativa, pelo alto índice de acertos. Entretanto, a segunda questão é que nos permitirá presumir essa consideração.

Diferentemente da questão 1, que aborda as características do efeito fotoelétrico (repetidamente trabalhado em todas as etapas anteriores), a segunda questão é um convite para utilizar os conceitos aprendidos (como subsunçores) para a sua compreensão. Nesse contexto, 24% dos alunos que haviam acertado a primeira proposição, não conseguiram fazer a relação com o que haviam aprendido e afirmado na questão anterior.

As questões 3 e 4 indicadas na figura 12 anteriormente, foram proposições dissertativas que também compuseram essa análise de conteúdo e já fizeram parte do primeiro questionário diagnóstico (apêndice A), o que possibilita uma análise comparativa de antes e depois.

As perguntas: Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente? Tiveram o intuito nesse segundo momento de identificar a associação com o efeito fotoelétrico. Um percentual de 30% dos alunos ainda manteve sua resposta relacionada à sensores. Os outros 70% relacionaram o funcionamento com o efeito fotoelétrico, em grande parte, sendo acrescentado que este ocorre por meio das fotocélulas, como observamos no relato do aluno N° 11-P e N°15-D respectivamente,

“Há uma utilização de células fotoelétricas que quando submetidas a radiação, faz com que esses procedimentos funcionem relacionados no circuito.”

“Funciona por causa do efeito fotoelétrico através das células fotoelétricas, o sistema funciona sozinho.”

Apesar dos alunos não redigirem uma grande redação sobre a pergunta, o resultado pode ser considerado positivo, a grande maioria atingiu o objetivo que era a associação com o efeito fotoelétrico, ressaltando a sua aplicação no cotidiano.

A segunda pergunta dissertativa trazia mais uma vez o questionamento sobre o que é um fóton? Esse retorno, foi em função que os alunos se arriscaram no conceito anteriormente, mesmo não tendo aprendido em uma aula de física.

Três alunos se posicionaram como não sabendo responder. Os demais oscilaram suas respostas entre “quantum de energia”, “pacotes de energia”, “partícula da luz” “partícula quantizada de energia” e “partículas sem massa que faz parte da luz”. Apresentando um resultado satisfatório.

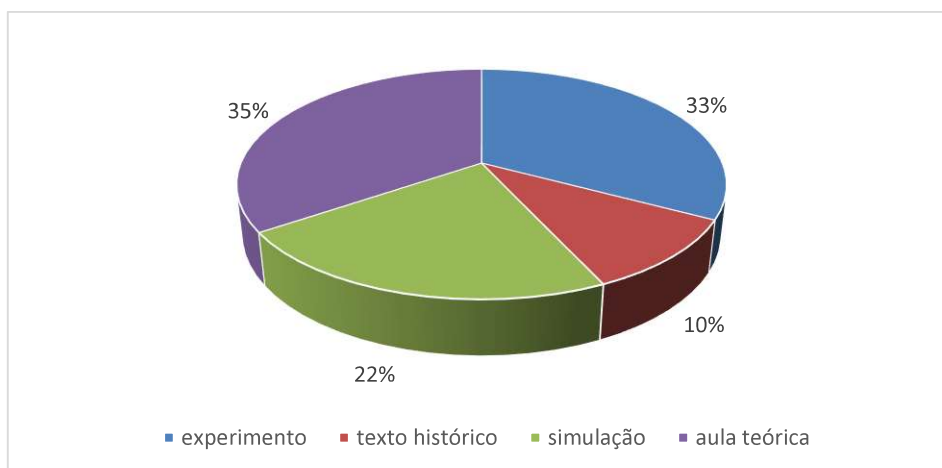
As outras 4 questões foram uma avaliação dos alunos em relação à todo o processo da UEPS. Será apresentado o resultado específico de duas dessas questões, que contribuiram com grande relevância para o encerramento desse projeto.

Quando indagados na questão de número 7:

Quais aulas ou método utilizado que você destacaria que foi essencial para a aprendizagem do conteúdo?

Os alunos fizeram indicações dos pontos de suas preferências, como representado no gráfico 5, seguinte.

Gráfico 5- Aulas destacadas como essencial para a aprendizagem.



A interpretação desse gráfico entra em consonância com o que Moreira (2015) nos relata sobre uma das condições para a ocorrência de aprendizagem significativa, pois o material a ser ensinado necessita estar relacionado com algum aspecto da estrutura cognitiva do aluno, e como ele relaciona, ou através de que método, se torna uma característica individual, sendo o mais importante que o estudante tenha disponível os subsunçores adequados.

O percentual tão próximo em cada aula, retrata a escolha de mais de um momento, ou até mesmo todos, por parte dos alunos. Destaca-se algumas respostas que permitiram fazer esse gráfico.

Nº 20-D *“Aula 1 que foi essencial para motivar a aprender o assunto.”*

Nº 16-D *“A presença de experimentos e os questionamentos da primeira aula.”*

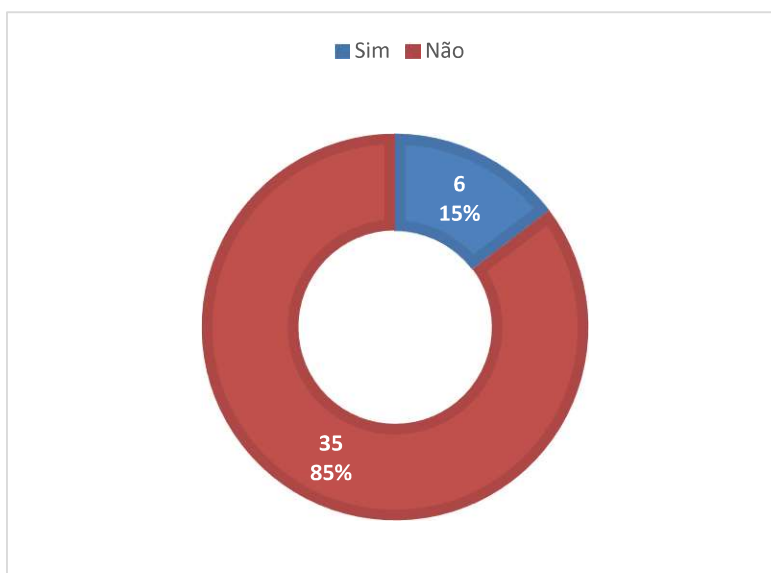
Nº 10-P *“Todas, pois cada uma trabalhou uma etapa para o entendimento.”*

E quando perguntados, na questão 8:

A sequência proposta se assemelha ao modelo de aprendizagem ao qual está acostumado a estudar? () sim () não

As respostas obtidas subsidiaram a construção do gráfico 6 representados a seguir.

Gráfico 6- A sequência proposta se assemelha ao modelo de aprendizagem ao qual está acostumado a estudar?



Apesar que os dois professores de Física da escola não dispuserem no currículo anual de tempo para desenvolver uma sequência como essa, 6 alunos associaram que a metodologia aplicada tinha relação ao que era utilizado regularmente, fato que não ocorria na prática. Satisfatoriamente, 85% dos alunos reconheceram a abordagem diferente utilizada na sequência didática. Era

objetivo obter nessa questão 100% de respostas negativas, como não foi alcançado, o resultado nos sugere que os alunos podem ter associado a pergunta de uma maneira mais ampla (em relação a todas as disciplinas), a não especificidade da pergunta com as aulas de física pode ter dado abertura para as respostas afirmativas.

Por se tratar de uma aula dupla, findado a resolução do questionário, iniciou-se a correção das questões teóricas do mesmo.

Para concluir toda a UEPS, ocorreu o último debate, onde foi levantado oralmente com os alunos que expusessem as suas considerações sobre toda a sequência didática utilizada e sobre os resultados alcançados. Alguns admitiram que ainda detinha insegurança em alguns aspectos, possivelmente, esses alunos fazem parte do grupo já identificado anteriormente que não apresentou indícios de uma aprendizagem significativa e sim mecanizada.

Mesmo sendo a avaliação qualitativa, a maior indicativa de todo o processo ensino aprendizagem, se fosse possível fazer a sua mensuração teríamos a audácia de dizer que no mínimo 50% dos alunos que fizeram parte desse projeto, evoluíram significativamente na aprendizagem, transcendendo o histórico de aprendizagem mecânica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Unidade de Ensino Potencial Significativa para ensinar o Efeito Fotoelétrico alcançou os objetivos pretendidos. É evidente que diante das circunstâncias principalmente temporais, em que a aplicação foi realizada, o resultado alcançado foi satisfatório.

A receptividade dos alunos e a disposição em que se colocaram para aprender, foram condicionantes para oportunizar a aprendizagem significativa.

A sequência de aulas utilizadas foi dinâmica e possibilitou que os alunos compreendessem o Efeito Fotoelétrico sob as perspectivas, histórica, teórica e prática, aplicado em sua vivência.

Durante a avaliação (realizada em todo o processo), foi possível identificar alunos que aprenderam mecanicamente, mas a relevância desse trabalho se dá justamente na percepção daqueles que aprenderam significativamente.

Por meio dos resultados satisfatórios alcançados nessa UEPS, nota-se a viabilidade de se ensinar física, seja a Clássica ou a FMC, como contemplado nesse estudo, quebrando paradigmas curriculares de público ou ambiente escolar. Não obstante, o processo requer uma atenção para que se permita que o aluno relacione de maneira não arbitrária o que se propõe a ensinar. Por isso, é importante um cuidado com o tempo realmente disponível, pois ele mediará as ações que poderão ser realizadas para contemplar a aprendizagem significativa.

Esse estudo permitiu que se elaborasse de maneira sugestiva um guia (disponível no apêndice C), para os colegas de profissão, onde toda a estrutura da UEPS para ensinar o efeito fotoelétrico é disponibilizada, para que possa ser utilizada ou servir de base para a configuração de uma outra UEPS. Pois a identificação dos subsunçores necessários para esse estudo, a utilização de organizadores prévios, a contemplação da diferenciação progressiva e reconciliação integradora que possibilitaram evidências da aprendizagem significativa, pode ser alterado de acordo com cada ambiente de aprendizagem, portanto, o professor sendo o principal mediador do processo, deve fazer a leitura do seu público antes da aplicação.

Os registros escritos pelos alunos, pelo professor após cada aula e as observações orais e comportamentais no decorrer do processo, é que oportunizaram fornecer os dados analisados nesse trabalho. E enseja-se que esse resultado subsidie o trabalho de tantos outros, no intuito de somar ações que possibilitem o ensino de física de maneira prazerosa, significativa e sem limitações conteudista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTIN, A. D. Física moderna e contemporânea: com a palavra professores do ensino médio. Curitiba, 112 p., 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.

ALMEIDA, B.M. Noções básicas sobre metodologia de pesquisa científica. 2016. Disponível em: <http://mba.eci.ufmg.br/downloads/metodologia.pdf>. Acesso em 20 fev. 2018.

BATISTA, D.C. Uma proposta para ensinar efeito fotoelétrico no ensino médio. Dissertação (Mestrado) – UTFPR. Campo Mourão, 2016.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Presidência da República Casa Civil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9394.htm. Acesso em: 05 mar. 2018.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma oficina de Física Moderna que visa sua inserção no ensino médio. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 263-276, dez. 2001.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.. Física Moderna e experimental. Disponível em : <http://fisicamodernaexperimental.blogspot.com.br/search/label/Efeito%20Fotoel%C3%A9trico>. Acesso em ago. 2017.

DUARTE, V.M.N. Pesquisa quantitativa e qualitativa. 2012. Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/regras-abnt/pesquisa-quantitativa-qualitativa.htm>. Acesso em 20 de fev. 2018.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod_resource/content/1/como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf . Acesso em 20 de fev. 2018

LEAL, J.S. Uma proposta de sequência didática sobre o efeito fotoelétrico para o ensino de física moderna e contemporânea na educação básica. Dissertação (Mestrado)- UESC. 91p. Ilheus, BA. 2017.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. Proposta Curricular Física Ensino Médio: CBC. 2007.

MIRANDA, E. T. Uma proposta para lecionar física quântica no ensino médio por meio de unidades de ensino potencialmente significativas. Dissertação (Mestrado)-UFP. 108p. Belém, 2016.

MOREIRA, M.A. Aprendizagem significativa crítica. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. 45p., 2005.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS. Revista Meaningful Learning Review, v 1, n. 2, 2011.

MOREIRA, M.A. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: E.P.U, 2015.

OLIVEIRA, F.F; VIANNA, D.M; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 29, n. 3, 2007. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000300016&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 20 jul. 2017.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Relatividade Restrita no Ensino Médio: Contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. Cad. Bras. Ens.Fís., Porto Alegre, v.19, n.2, p.176-190, ago. 2002.

PARANHOS, R. R. G; LOPEZ-RICHARD, V; PIZANI, P. Sergio. Lâmpada de Hg para experimentos e demonstrações de física moderna: introdução ao efeito fotoelétrico e outros tópicos. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 30, n. 4, dez. 2008. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172008000400011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 10 março, 2018.

PENA, F.L.A. Por que, nós professores de Física do Ensino Médio, devemos inserir tópicos e idéias de física moderna e contemporânea na sala de aula? Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.28, n.1, p.1-2, 2006.

SILVEIRA, Sérgio and GIRARDI, Mauricio. **Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio.** *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2017, vol.39, n.4, e4502. Epub May 22, 2017. ISSN 1806-1117. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287>.

SÉ, D.S. Ensinando tópicos de natureza da ciência a partir de uma história do conceito de fóton no ensino médio. Dissertação (Mestrado)- UFFS. ENSINANDO TÓPICOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DE UMA HISTÓRIA DO CONCEITO DE FÓTON NO ENSINO MÉDIO. 79p. Feira de Santana, BA, 2016.

SIQUEIRA, A.B.O. Física Moderna e Contemporânea: Intervenção didática por meio de unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS) no Ensino Médio. Dissertação (Mestrado)- IFFLU. 108. Campos dos Goytacazes, RJ. 2017.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências.** V.5, n.1, 2000.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.15, n.2, pp.121-135, ago. 1998.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO 1 - DIAGNÓSTICO DE SUBSUNÇÕES

1) Quais os tipos de ondas eletromagnéticas você conhece?

2) Essas ondas possuem diferentes frequências?

sim não

3) A luz tem comportamento:

ondulatório corpuscular pode ser ondulatório ou corpuscular

4) O metal pode ser considerado como sendo um:

condutor isolante

5) Quais os processos de eletrização de um corpo?

6) O que é necessário para um corpo ser considerado eletrizado?

ter elétrons

ter prótons

ter a mesma quantidade de elétrons e prótons

que o número de elétrons seja diferente do número de prótons

7) Você já entrou em lugares onde as portas se abrem automaticamente? Qual a explicação do funcionamento desses dispositivos?

8) Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

9) O que é um fóton na sua compreensão?

10) (UDESC-SC) 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 $E_c = mv^2/2 = hf - W$, 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 W 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) Todas as afirmativas são verdadeiras
- c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras
- d) Somente a afirmativa III é verdadeira
- e) Somente a afirmativa I é verdadeira.

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO 2- DIAGNÓSTICO

- 1) (UDESC 2010) Analise as afirmativas abaixo, relativas à explicação do efeito fotoelétrico, tendo como base o modelo corpuscular da luz.

I – A energia dos fótons da luz incidente é transferida para os elétrons no metal de forma quantizada.

II – A energia cinética máxima dos elétrons emitidos de uma superfície metálica depende apenas da frequência da luz incidente e da função trabalho do metal.

III – Em uma superfície metálica, elétrons devem ser ejetados independentemente da frequência da luz incidente, desde que a intensidade seja alta o suficiente, pois está sendo transferida energia ao metal.

Assinale a alternativa correta.

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

- 2) (UFRGS) “De acordo com a teoria formulada em 1900 pelo físico alemão Max Planck, a matéria emite ou absorve energia eletromagnética de maneira emitindo ou absorvendo, cuja energia é proporcional à da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia.”

Assinale a alternativa que, pela ordem, preenche corretamente as lacunas:

- a) contínua – quanta – amplitude
- b) descontínua – prótons – frequência
- c) descontínua – fótons – frequência
- d) contínua – elétrons – intensidade
- e) contínua – nêutrons – amplitude

- 3) Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

- 4) O que é um fóton na sua compreensão?

5) Qual foi o nível de dificuldade apresentado para resolver as questões propostas no teste?

() nenhum () pouco () muito

6) Concluimos nessa etapa uma sequência de aulas que nos possibilitou estudar o efeito fotoelétrico. Você compreendeu o fenômeno? Argumente.

7) Quais aulas ou método utilizado que você destacaria que foi essencial para a aprendizagem do conteúdo?

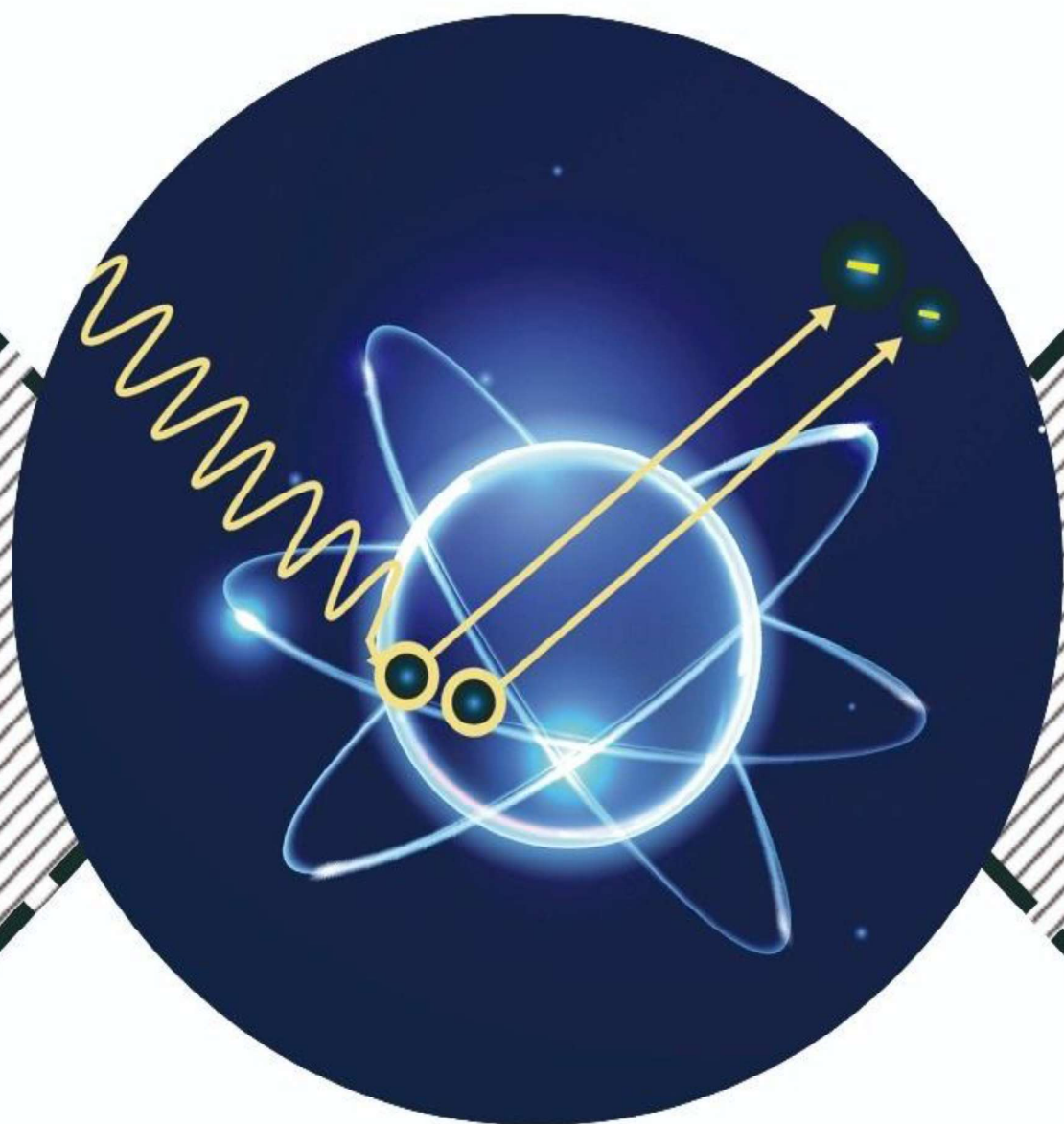
8) A sequência proposta se assemelha ao modelo de aprendizagem ao qual está acostumado a estudar?

() sim () não

9) Faça um breve relato considerando os pontos positivos ou não, de toda a experiência na participação dessa sequência de aulas.

APÊNDICE C

GUIA PARA APLICAÇÃO DE UMA PROPOSTA PARA ENSINAR EFEITO **FOTOELÉTRICO** NO **ENSINO MÉDIO.**



Adriana Fátima de Lima



PRODUTO EDUCACIONAL

GUIA PARA A REALIZAÇÃO DE UMA UEPS PARA ENSINAR O
EFEITO FOTOELÉTRICO

INSTITUTO DE FÍSICA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
Programa de Pós Graduação da Universidade de Brasília-Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

Adriana Fátima de Lima
Orientadora: Profa. Dra. Maria de Fátima da Silva Verdeaux

BRASILIA
2018
APRESENTAÇÃO

Nobre professor (a),

Este guia tem o intuito de lhe orientar sobre todos os passos que compõem uma proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para ensinar o Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio. Constará nesse material toda a descrição de cada aula que compõe essa sequência de ensino.

É desafiador propormos uma sequência que extrapola a rotina da sala de aula. Estamos habituados a trabalhar os conteúdos de Física em horários semanais que não atendem ao mínimo estipulado nos currículos do ensino médio. E nesse contexto, os conteúdos de física moderna e contemporânea nem sempre são contemplados. Será necessário para aplicação dessa proposta uma quebra de paradigmas. Tempo de aula reduzido, currículo fechado e aluno desmotivado, são fatores que necessitam ser vencidos para êxito do processo.

Você como mediador do processo de ensino aprendizagem, poderá fazer as alterações nessa sequência de ensino que forem pertinentes ao seu ambiente e público, sem desfocar do objetivo principal que é ensinar o efeito fotoelétrico potencializando a aprendizagem significativa.

Antes de iniciar as aulas tenha uma conversa com seus alunos, incentive-os a participarem e colaborarem com todo o processo. A estrutura das aulas não fará diferença se quem for o alvo da aprendizagem (o aluno), não se predispor a compreender.

Aspiro que bons resultados sejam alcançados ao final do trabalho.

Cordialmente,

Prof^a Adriana Fátima de Lima

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Imagem capturada do vídeo do Dr. Quântico.	7
--	---

Figura 2- Imagem capturada do simulador10**Erro!** **Indicador** **não**
definido.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Panorama geral da sequência de ensino.	8
Quadro 2- Relação de materiais para o experimento do efeito fotoelétrico.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. PANORAMA GERAL DA UEPS	2
3. PROCESSO DE AVALIAÇÃO DA UEPS	3
4. DIÁRIO DE ANOTAÇÕES	3
5. DESCRIÇÃO DE CADA AULA.....	4
5.1 AULA 1: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO DE SUBSUNÇORES.....	4
5.2 AULA 2: PROPONDO SITUAÇÕES PROBLEMAS USANDO O VÍDEO E O TEXTO	6
5.3 AULA 3: SIMULAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO.....	9
5.4 AULA 4: AULA EXPOSITIVA DO EFEITO FOTOELÉTRICO.	11
5.5 AULA 5: EXPERIMENTO QUALITATIVO DO EFEITO FOTOELÉTRICO..	13
5.6 AULA 6: QUESTIONÁRIO DIAGNÓTICO.....	16
5.7 AULA 7: AVALIAÇÃO FINAL DA UEPS.....	17
CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
REFERÊNCIAS.....	19

INTRODUÇÃO

Na busca exitosa do processo educativo, no decorrer de toda história do ensino, se anseia encontrar a teoria de aprendizagem, o método, o ambiente e o público ideal para que possibilite que a aprendizagem realmente aconteça.

Um desafio que vem sendo pesquisado mais detalhadamente nas últimas duas décadas, é a proposição de ensinar conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), no ensino médio. Esse anseio surge da necessidade de inserir o ensino de Física no universo compreendido e vivenciado pelo aluno.

O fato de se complementar o currículo com conteúdos de FMC não abstém a importância da Física Clássica (FC). A problematização que ocorre é a resistência em manter a FC com exclusividade no ensino de física na maioria dos ambientes escolares. Essa perspectiva começa a ser rompida com o surgimento de várias propostas de conteúdos, métodos e materiais, que vem demonstrando resultados assertivos em suas aplicações sobre FMC.

Entretanto, um aspecto importante surge com a mudança curricular. Segundo Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), os principais problemas que surgem da análise de atualização curricular, referem-se ao “como fazer”, a fim de que os tópicos de FMC não se tornem apenas mais um “tópico problemático” num currículo que necessita de uma reforma urgente.

A criação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) (MOREIRA,2011) apodera-se fundamentalmente das diretrizes da teoria de aprendizagem de David Ausubel, cujo foco, é possibilitar que os alunos aprendam significativamente. Essa UEPS é composta por uma sequência de ensino que se inicia com o reconhecimento do que já existe na composição cognitiva do aprendente, e se estrutura de maneira que lhe permita organizar o que ele já tem armazenado, com o que ele irá estudar, contemplando a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, evitando a aprendizagem mecânica, como propõe Ausubel.

Para esse trabalho o tema de FMC escolhido, foi o efeito fotoelétrico. As turmas participantes são de alunos que estão no terceiro ano de Ensino Médio.

Cabe a ressalva, que os alunos da escola em que a UEPS foi aplicada, tem acesso a todo o conteúdo de Física no primeiro e segundo ano, portanto o terceiro ano é somente revisão. Nesse contexto eles já estudaram o conteúdo pré-requisito necessário.

PANORAMA GERAL DA UEPS

Essa UEPS contou com a sequência de ensino de 07 aulas de duração de 50 minutos cada, distribuída conforme o quadro geral 1 a seguir.

Quadro 1- Panorama geral da sequência de ensino.

Aula	Descrição	Recurso didático utilizado
01	Questionário diagnóstico de subsunçores	Diário de anotações
02	Situação problema e apresentação de novas proposições integrativas	Vídeo/ projetor multimídia/Som Texto disponível no diário de anotações.
03	Simulação do Efeito fotoelétrico	Laboratório de informática, projetor multimídia e simulador virtual
04	Aula expositiva da teoria do Efeito Fotoelétrico	Quadro branco e pinceis.
05	Experimento qualitativo do efeito fotoelétrico.	Kit experimental: eletroscópio, fonte ultravioleta e bastões de eletrização
06	Questionário diagnóstico de aprendizagem.	Diário de anotações
07	Sistematização da aprendizagem.	Debate oral.

Fonte: a autora

Antes de iniciar as aulas da sequência de ensino é interessante fazer uma exposição do panorama geral do que se propõe aos alunos.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO DA UEPS

A avaliação da UEPS se dá no decorrer de todo o processo. Moreira (2011) indica que, “a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado.”

O uso do diário de anotações facilita esse processo, mas é bom somatizar essa coleta de informações para a avaliação nos debates coletivos, nas arguições individuais, em anotações descritivas pós aula e sendo possível, registrar em gravações para apreciações posteriores.

DIÁRIO DE ANOTAÇÕES

Cada aluno receberá impresso um diário de anotações que está disponibilizado no Apêndice A.

Eles devem se identificar pelo número da chamada e turma a qual pertence.

No início de cada aula os estudantes receberão esse material, devolvendo-o no término da mesma. Deixar o material em posse do aluno, fica suscetível a negligências de esquecimento, ou buscas por respostas prontas antes das atividades ocorrerem. Portanto, o professor ficará responsável pela entrega e recolhimento desse material em todo o processo.

DESCRIÇÃO DE CADA AULA

Será fornecido os objetivos da aula, tempos estimados para cada atividade e uma orientação descritiva dos elementos principais de cada momento.

Aula 1: Questionário Diagnóstico de Subsunçores

Objetivo geral

- Investigar se os alunos detêm os subsunçores necessários para ensinar o efeito fotoelétrico.

Objetivos específicos

- Utilizar um questionário que conduza o aluno a registrar o que já sabe.
 - Promover um debate para a sistematização das perguntas do questionário.
 - Revisar os pontos dos conteúdos pré-requisito, fragilizados na arguição oral feita pelos alunos.
 - Observar todo o processo.
 - Avaliar se os subsunçores apresentados são suficientes para dar sequência nas aulas.
- Tempo estimado para a aplicação do questionário: 25 a 30 min
 - Tempo estimado para a socialização das questões: 20 a 25min.

Na proposta para ensinar o efeito fotoelétrico dessa sequência, alguns conceitos e termos utilizados já foram ensinados nos anos anteriores. O questionário disponibilizado no diário de anotações no apêndice A, tem a função de registrar se eles possuem esse conhecimento, assim também como, tem a finalidade de investigar se eles já possuem algum conhecimento do que será

estudado, se conseguem fazer menção ao efeito fotoelétrico com uma situação prática.

Entregue o diário no início da aula e solicite que eles respondam o que está proposto de 1 a 10 e as duas questões do tópico recapitulando as informações.

Os termos e conceitos que se espera que os alunos tenham armazenados em sua estrutura cognitiva, pois já estudaram, são:

- ✓ Saber exemplificar tipos diferentes de ondas eletromagnéticas.
- ✓ Associar que cada tipo de onda apresenta uma frequência de oscilação.
- ✓ Comportamento dual da luz, ou no mínimo que eles façam a associação com o comportamento ondulatório. Nem todos os alunos possam ter estudado esse assunto no 9º ano do fundamental 2.
- ✓ Saber diferenciar um condutor de um isolante.
- ✓ Identificar quais são os processos de eletrização de um corpo.
- ✓ Saber relacionar o desequilíbrio entre o número de prótons e elétrons para eletrizar um corpo.

Esses questionamentos foram estruturados na forma de perguntas objetivas e discursivas. Totalizando 06 perguntas.

A segunda parte do questionário, composta por 04 perguntas, irá propor aos alunos que expliquem situações que podem já ter sido experimentada por eles, e também tem o intento de analisar o desempenho deles em uma questão que envolve o efeito fotoelétrico apenas pela interpretação (sem explicação alguma do fenômeno).

Você já entrou em lugares onde as portas se abrem automaticamente? Qual a explicação do funcionamento desses dispositivos? Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

Esses questionamentos anteriormente citados, buscam analisar os argumentos ou citações físicas nas respostas, se eles possuem algum embasamento teórico. Essas questões serão retomadas posteriormente.

Após os alunos responderem todo o questionário, proponha um momento de sistematização das perguntas. Busque as respostas que se almeja refazendo as perguntas de maneira oral. Investigue um pouco mais. Por exemplo:

Quando for perguntado quais são os processos de eletrização, explore mais as respostas, pergunte como ocorre cada um deles, se dá para determinar se o corpo fica eletrizado positivamente ou negativamente em cada um. Reforce as respostas quando identificar que foram parcialmente corretas.

Quando finalizar o debate, recolha os diários. Tendo oportunidade, registre suas impressões do que ocorreu durante a aula.

Aula 2: Propondo Situações problemas usando o vídeo e o texto

Objetivo geral

Propor uma situação problema que funcione como um organizador prévio.

Objetivos específicos

- Apresentar o vídeo sobre a dualidade onda-partícula.
 - Realizar uma debate sobre os pontos principais do vídeo.
 - Fazer a leitura do texto história do efeito fotoelétrico.
 - Realizar uma debate sobre os pontos principais do vídeo.
 - Observar todo o processo.
 - Avaliar os comentários que surgirem.
- Tempo estimado para a aplicação do vídeo: 5min
 - Tempo estimado para registro no diário sobre os pontos principais do vídeo: 5min.
 - Tempo estimado para a socialização do vídeo: 10min
 - Tempo estimado para leitura do texto e registro dos principais pontos no diário: 10min.
 - Tempo estimado para a socialização do texto: 20min

Entregue o diário para o aluno fazer o registro das atividades do dia. Em seguida apresente o vídeo⁶ do Dr. Quântico: experimento da fenda dupla, representado na figura 1 a seguir.



Figura 13-Imagem capturada do vídeo do Dr. Quântico.
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=lytd7B0WRM8>

Esse vídeo aborda dinamicamente o conceito de dualidade onda-partícula. Observe as reações dos alunos, pois estes tendem a serem atraídos por toda a arte gráfica que aparece no vídeo e as problematizações levantadas.

Assim que encerrar a apresentação do vídeo, solicite que os alunos registrem os pontos que mais os interessaram no diário de anotações. Em sequência, busque essas informações oralmente. Faça questionamentos:

Qual a diferença apresentada na onda na água, quando passou por uma e depois por duas fendas? Qual o comportamento apresentado no aparato, quando o feixe de elétrons atravessou uma fenda? Algo mudou quando acrescentou a segunda?

Permita que os alunos relatem o que chamou a atenção deles.

⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lytd7B0WRM8>. Acesso em 20 de jul. de 2017

Após essa socialização, convide os alunos para explorarem um texto resumo (disponível no diário) que aborda a transição histórica da teoria clássica para a teoria moderna do efeito fotoelétrico.

Ao final da leitura, solicite que os alunos registrem no diário as diferenças entre o modelo clássico e o novo modelo proposto para o efeito fotoelétrico.

O professor, contará em média com uns 20 minutos para produzir um debate sobre o texto. O direcionamento das perguntas e ações mediadoras auxiliam buscar os elementos principais que o texto expõe. Proponha:

- ✓ Uma construção de linha do tempo no quadro, que pode ser realizada pelo professor, a partir da exposição dos alunos das datas que surgem no texto; ou ainda, a construção da linha do tempo pode ser montada pela participação de vários alunos diferentes.
- ✓ Construa uma tabela no quadro com duas colunas. Uma contempla a teoria clássica e outra contempla a teoria moderna. Faça arguições induzindo que se compare uma teoria com a outra. Questione, por exemplo, como a teoria clássica e a moderna relacionam a intensidade da luz no efeito fotoelétrico? Qual o comportamento da luz (corpúscular ou ondulatório) em cada teoria?

Esse panorama geral que pode ser construído durante a socialização das ideias possibilita ao aluno visualizar que na formulação de uma explicação de um fenômeno, perpassa desde sua observação, confirmação experimental, busca de relações com a teoria vigente, e quando essas relações são conflitantes (como o caso do efeito fotoelétrico), novas proposições podem surgir, indicando uma mudança na ciência e o que ela representa.

Essa é a aula destinada para discutir o contexto histórico do efeito fotoelétrico, cuja estrutura, possibilita ensinar por meio da história o efeito fotoelétrico contemplando a diferenciação progressiva, elencando uma das etapas que compõe a UEPS, pois, Moreira (2011) ressalta que deve-se considerar os aspectos mais gerais e ir abordando os mais específicos. O que pode ser realizado por meio de exposição oral com atividades colaborativas, como foi realizado nessa atividade.

Antes de encerrar a aula, solicite que os alunos façam uma pesquisa na internet sobre as aplicações do efeito fotoelétrico, essa pesquisa pode ser

impressa ou manuscrita. Requeira que se apresente a fonte da pesquisa e que esta deve ser entregue na próxima aula.

Aula 3: Simulação do efeito fotoelétrico.

Objetivo geral

- Retomar os aspectos mais gerais sobre o efeito fotoelétrico utilizando o simulador computacional.

Objetivos específicos

- Permitir que os alunos manipulem aleatoriamente o simulador.
 - Mediar as alterações das variáveis do simulador.
 - Observar se os alunos estão associando a frequência e a intensidade da luz, corretamente com o efeito fotoelétrico.
 - Avaliar os comentários que surgirem.
-
- Tempo estimado para que os alunos usem o simulador sem instrução: 10min.
 - Tempo estimado para que os alunos usem o simulador com instrução: 25min
 - Tempo estimado para registro no diário sobre os pontos principais do que ocorreu na simulação: 5 min.
 - Tempo estimado para a socialização do texto: 10min

Antes de iniciar a simulação, solicite que os alunos entreguem a pesquisa sobre a aplicação do efeito fotoelétrico, o debate sobre a pesquisa pode ocorrer nos minutos iniciais dessa aula, ou ser adiado para a próxima que abordará a explicará essa aplicação.

Para a utilização do simulador, o ambiente ideal é o laboratório de informática que disponibiliza um maior quantitativo de computadores, possibilitando que os alunos se interajam com o simulador efetivamente. Não sendo possível a utilização desse espaço, a simulação poderá ser feita em sala de aula, utilizando um projetor multimídia para que todos acompanhem em conjunto.

O simulador⁷ utilizado foi o disponibilizado por Monteiro e Andrade (UFPB),

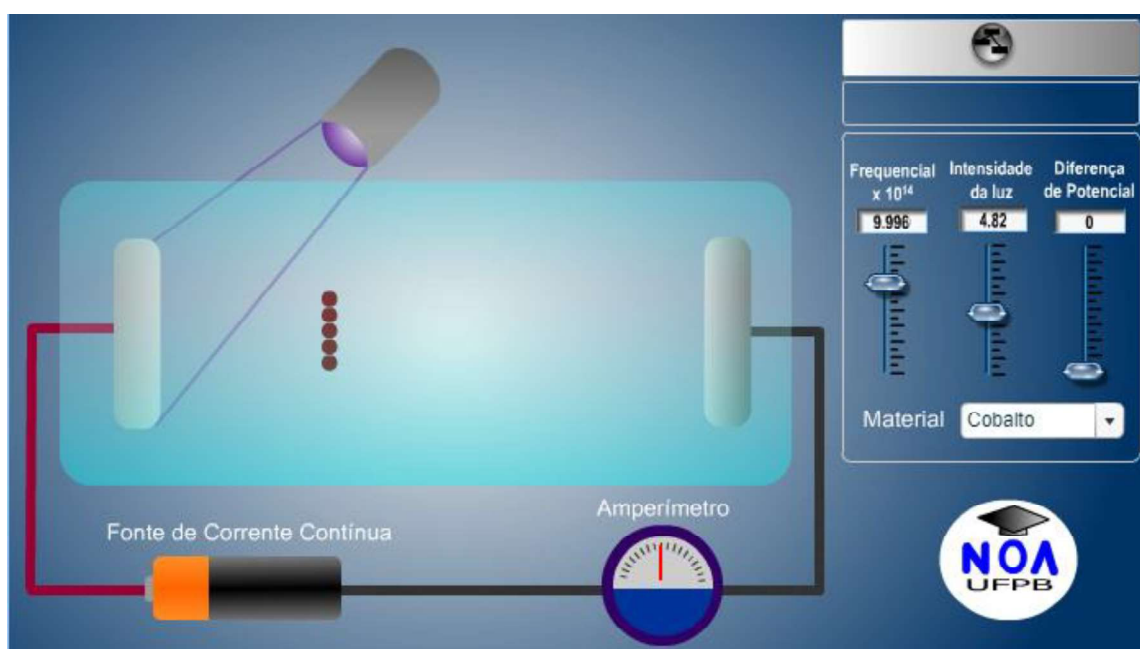


Figura 14 Imagem capturada do simulador:

Fonte: Printscreen retirado no site

<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/20EfeitoFotoeletrico/Site/Animacao.htm>. Acesso em 15 de junho de 2017.

Passos a serem seguidos nessa aula:

- ✓ Consinta que os alunos experimentem alterar os dados aleatoriamente. Durante esse processo analise as reações, verifique se eles conseguem fazer com que o efeito fotoelétrico aconteça.

⁷Disponibilizado em <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/20EfeitoFotoeletrico/Site/Animacao.htm>. Acesso em 15 de jun. de 2017.

- ✓ Comece a mediar a simulação. Oralmente, faça com que todos observem que existem nesse simulador, quatro variáveis que podem ser alteradas: frequência, intensidade da luz, tensão e superfície metálica.
- ✓ Escolha uma superfície metálica aleatoriamente. Coloque uma frequência abaixo da frequência de corte e pergunte se está acontecendo alguma coisa. Como o resultado será negativo, forneça a frequência mínima para que eles percebam que o elétron foi ejetado. Em sequência peça para abaixarem um pouco esse valor de frequência, fazerem as observações e em seguida colocarem uma frequência superior a mínima.
- ✓ Solicite que eles escolham três superfícies aleatoriamente e identifiquem a frequência mínima da radiação para que ocorra o efeito fotoelétrico. É necessário fazer o registro também das outras variáveis envolvidas. Esses dados serão registrados no diário de anotações.

Antes que se promova um debate geral do que ocorreu, na simulação, requeira que os alunos registrem os fatores que ele identificou para que ocorresse o efeito fotoelétrico. Logo em seguida, inicie esse mesmo levantamento oralmente, alguns alunos conseguem expressar verbalmente, outros não, por isso tente sempre trabalhar com os dois processos de busca por indícios de aprendizagem, usando a forma oral e escrita.

Aula 4: Aula expositiva do efeito fotoelétrico.

Objetivo geral

- Explicar o que é o efeito fotoelétrico, em um nível de complexidade maior, comparativamente às aulas anteriores.

Objetivos específicos

- Falar sobre a quantização de energia.
- Conceituar o que é o efeito fotoelétrico.
- Mostrar onde a frequência e intensidade da luz irão interferir para ocorrência do efeito fotoelétrico.
- Equacionar a energia cinética do elétron ejetado.

- Usar a pesquisa realizada pelos alunos como exemplo de aplicação do efeito fotoelétrico.
- Tempo estimado de toda a atividade da aula: 50min

Para a fundamentação teórica da aula, é necessário que o professor consulte algumas bibliografias⁸, isso contribui para a abordagem dos aspectos mais importantes que não podem deixar de serem explicados nesse momento

Para juntar as ideias propostas até então, e subsidiar as hipóteses que os alunos levantaram até esse encontro, deve ser contemplado na aula, a explicação sobre:

- ✓ Quantização de energia, definir o que é um fóton.
- ✓ Reforçar que a luz pode ter comportamento ondulatório e corpuscular, destacando que no efeito fotoelétrico somente o segundo é contemplado.
- ✓ Conceituação do que é o efeito fotoelétrico.
- ✓ As duas principais observações feitas por Lenard que caracterizam o efeito fotoelétrico que são, o que acontece quando se aumenta a intensidade da luz (maior taxa de emissão de elétrons) e que temos uma frequência mínima para a emissão de elétrons em cada superfície metálica (ultrapassando esse mínimo se aumenta a energia cinética).
- ✓ A mudança da frequência de corte, quando se muda a superfície metálica.
- ✓ Simbolização de frequência de corte (f_0), função trabalho (ϕ) e energia cinética de ejeção do elétron (E_c).
- ✓ Equação que relaciona f_0 , ϕ , E_c .
- ✓ Caracterização do efeito fotoelétrico como efeito do comportamento corpuscular da luz.

⁸ BERNOULLI, Sistema de Ensino, vol 4, 2017;

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2009 vol 4;

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 4;

<http://soprosolar.blogspot.com.br/2012/02/portas-que-se-abrem-sozinhas.html>

- ✓ Aplicabilidades do efeito fotoelétrico.

Quanto as aplicabilidades do efeito fotoelétrico, uma vez que os alunos já fizeram esse levantamento, é necessário que o professor não somente mencione essas aplicações, como também explique o funcionamento um pouco mais detalhado. É indispensável que o aluno visualize em qual parte do funcionamento o efeito fotoelétrico acontece, uma vez que para os dispositivos funcionarem como um todo, vários outros assuntos também são utilizados para explicar o seu funcionamento. O foco é onde se aplica o efeito fotoelétrico no equipamento.

Ao final da exposição, convide os alunos a responderem no diário três perguntas diretas sobre o efeito fotoelétrico

- 1) O que é o efeito fotoelétrico?
- 2) Quando elétrons são ejetados de uma superfície metálica, a velocidade com que são expelidos depende de qual característica da radiação?
- 3) Ao incidirmos uma determinada radiação em um superfície metálica, percebemos a ocorrência do efeito fotoelétrico. Se a referida superfície for alterada e a radiação incidente mantida, o efeito fotoelétrico ainda será observado? Justifique.

Essas três questões englobam os elementos principais para identificar se o aluno compreendeu o que é e como ocorre o efeito fotoelétrico.

Aula 5: Experimento qualitativo do efeito fotoelétrico.

Objetivo geral

- Fazer com que o aluno identifique como o eletroscópio ficou eletrizado, associando os processos de eletrização e o efeito fotoelétrico que compõe a prática experimental.

Objetivos específicos

- Aplicar qualitativamente o efeito fotoelétrico.
- Proporcionar aos alunos uma aula prática.

- Avaliar se os alunos conseguem produzir uma explicação para os processos realizados.
- Tempo estimado para a realização do experimento: 30min
- Tempo estimado para socialização do experimento: 20min

O experimento a ser realizado, é composto pelos itens indicados no quadro a seguir:

Quadro 2- Relação de materiais para o experimento do efeito fotoelétrico.

Quantidade	Descrição	Imagem
01	Eletroscópio retangular	
10 folhas	Papel toalha	
01	Tubo de pvc	
01	Fonte luminosa ultravioleta	
01	Placa de filtro para UV	
01	Tecido de algodão	

01

Tubo de vidro



Fonte: a autora

Por se tratar de um experimento demonstrativo, o professor deve preparar todo o material.

Os procedimentos a seguir são:

- I. Faça uma limpeza na placa de zinco utilizando a palha de aço, para retirar as impurezas que possam ter aglomerado. Posicione a placa de zinco no eletroscópio.
- II. Atrite o bastão de PVC com o papel toalha; Em seguida encoste-o na placa de zinco eletroscópio. Observe que as folhas devem se abrir.
- III. Abra a janela da fonte luminosa de UV e posicione o feixe na placa de zinco. Observe se o eletroscópio se fecha.
- IV. Descarregue a placa encostando sua mão.
- V. Espere uns 3 minutos para que os alunos formulem suas hipóteses para explicar o que está acontecendo. Em seguida, inicie um novo processo.
- VI. Atrite o bastão de vidro com o tecido de algodão.
- VII. Encoste o bastão de vidro na placa de zinco. Verifique que as folhas do eletroscópio irão se abrir.
- VIII. Ligue a fonte
- IX. Abra a janela da fenda da fonte luminosa de UV e posicione o feixe na placa de zinco. Observe se o eletroscópio se o eletroscópio permanece aberto, ou se fecha bem lentamente.

Após fazer as demonstrações, solicite que os alunos respondam as perguntas que estão no diário de anotações.

Terminado o processo de registro das respostas dos alunos, inicie um debate, para verificar o que os alunos compreenderam, solicite que eles argumentem o que aconteceu. Se necessário, para buscar mais informações, incite perguntas mais específicas. Quais os processos de eletrização ocorrido?

É possível identificar o sinal de eletrização do eletroscópio nas duas experiências? Qual a alteração ocorrida no eletroscópio quando a luz incidiu sobre a placa? Em algum momento ocorreu o efeito fotoelétrico?

O objetivo principal dessa aula é que o aluno consiga associar que o efeito fotoelétrico influenciou na eletrização do eletroscópio.

Aula 6: Questionário Diagnóstico

Objetivo geral

- Coletar os resultados do questionário.

Objetivos específicos

- Aplicar o questionário.
 - Avaliar se os alunos conseguem responder as questões sobre o efeito fotoelétrico.
 - Responder as questões de 1 a 4 com os alunos.
- Tempo estimado para os alunos responderem o questionário: 30min.
- Tempo estimado para o professor responder e discutir com os alunos as questões de 1 a 4: 20min.

Essa é a última aula para recolher dados escritos com os alunos. Entregue o diário e solicite que eles respondam as questões de 1 a 9. As quatro primeiras questões abordam os conceitos e aplicações do efeito fotoelétrico, as demais fazem uma avaliação de como foi todo o processo da sequência de ensino. O aluno irá expor se considera que conseguiu aprender o que foi proposto, qual aula ele aprecia que mais contribuiu para a sua aprendizagem, irá indicar se teve dificuldade para responder as questões.

Após o registro dessa atividade, resolva com os alunos as questões de 1 a 4. Aproveite e lembre todos os conceitos do efeito fotoelétrico que elas propõe. Em especial as questões 3 e 4, analise o quanto as resposta dos alunos evoluíram, pois essas questões já haviam aparecido no questionário 1. Identifique quais alunos ainda não conseguem responde-las.

Aula 7: Avaliação final da UEPS

Objetivo geral

- Avaliar a UEPS

Finalizado toda a sequência de atividades, esse é o momento de sistematização de tudo o que ocorreu.

Utilize as próprias questões de 5 a 9 do último questionário e promova um debate para analisar oralmente o que os alunos avaliam da sequência de ensino. Convide esses estudantes a exporem o que compreenderam sobre o fenômeno. Busque informações sobre qual aula foi importante para ele aprender sobre o efeito fotoelétrico.

Por fim, avalie sobre a sua perspectiva, baseado em todas as informações coletadas e observadas se os alunos de fato aprenderam (significativamente) ou se apenas memorizaram os conceitos (mecanicamente).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados satisfatórios que forem alcançados nessa UEPS, nota-se a viabilidade de se ensinar física, seja a Clássica ou a FMC, como contemplado nesse estudo, quebrando paradigmas curriculares, de público ou ambiente escolar. Não obstante, o processo requer uma atenção para que se

permita que o aluno relacione de maneira não arbitrária o que se propõe a ensinar. Por isso, é importante um cuidado com o tempo realmente disponível, pois ele mediará as ações que poderão ser realizadas para contemplar a aprendizagem significativa.

Referências

ANDRADE, M; MONTEIRO, B. Efeito Fotoelétrico. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/20EfeitoFotoeletrico/Site/Animacao.htm>. Acesso em 15 de junho 2017.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS. Revista Meaningful Learning Review, v 1, n. 2, 2011.

OLIVEIRA, F.F; VIANNA, D.M; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 29, n. 3, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000300016&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 20 jul. 2017.

SANTOS, L.S. Dr. Quantum demonstra o exp. Fenda dupla (dual.onda/partícula). 2007. (4min51s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lytd7B0WRM8>. Acesso em 20 jul 2017.

DIÁRIO DE ANOTAÇÕES



Prezado aluno,

- ✓ Mantenha esse material em todas as aulas propostas para as atividades.
- ✓ Use caneta esferográfica azul ou preta para responder as questões.
- ✓ Seja organizado em suas anotações.
- ✓ Após a concretização de cada atividade proposta, favor apresentar esse material para que seja vistado.

Obrigada por sua participação nesse projeto!

ALUNO Nº _____

TURMA _____

No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.
Albert Einstein

AULA 1

QUESTIONÁRIO 1 - DIAGNÓSTICO DE SUBSUNÇÕES

8) Quais os tipos de ondas eletromagnéticas você conhece?

9) Essas ondas possuem diferentes frequências?

() sim () não

10) A luz tem comportamento:

() ondulatório () corpuscular

() pode ser ondulatório ou corpuscular

11) O metal pode ser considerado como sendo um:

() condutor () isolante

12) Quais os processos de eletrização de um corpo?

13) O que é necessário para um corpo ser considerado eletrizado?

() ter elétrons

() ter prótons

() ter a mesma quantidade de elétrons e prótons

() que o número de elétrons seja diferente do número de prótons

14) Você já entrou em lugares onde as portas se abrem automaticamente? Qual a explicação do funcionamento desses dispositivos?

15) Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

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



Recapitulando as informações...

1) Você teve dificuldades em resolver as questões propostas no teste inicial?

- () nenhuma
- () pouco
- () muita

2) Havia alguma questão do formulário que você não tinha noção nenhuma sobre o assunto? Ou que já ouviu falar muito superficialmente? Cite-as.

16) O que é um fóton na sua compreensão?

17) (UDESC-SC) 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:

- 2. 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 $E_c = mv^2/2 = hf - W$, 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 W 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.

3) Discorra em um pequeno texto quais os pontos principais abordados no vídeo Dr. Quântico: dualidade onda-partícula.

AULA 2



Viajando na história...

✓ Efeito Fotoelétrico

✓ Fonte:

<http://sites.ifi.unicamp.br/lf/moderna/conteudos/efeito-fotoeletrico/>

O Efeito Fotoelétrico foi observado por A. E. Becquerel em 1839, mas foi confirmado experimentalmente por Heinrich Hertz em 1887 e sua explicação só foi dada por Albert Einstein em 1905, que motivou a Academia a premiá-lo com o Nobel de Física no ano de 1921.

O fenômeno continha vários aspectos que a Física Clássica não tinha condições de explicar de forma satisfatória, pois abordavam a luz como uma onda não como uma partícula e a ideia da energia ser quantizada fugia dos padrões e conceitos da época. Assim: 1) De acordo com as equações de Maxwell, a magnitude do vetor campo elétrico de uma onda de luz varia com a raiz quadrada da intensidade da luz, $|E| \propto \sqrt{I}$. Assim, ao aumentar a intensidade, a magnitude do campo elétrico deve aumentar. Uma vez que a força em um elétron é proporcional ao vetor campo elétrico, espera-se que a energia cinética de um de fotoelétron deve aumentar com a intensidade da luz incidente. No entanto, observa-se que a energia máxima dos fotoelétrons não dependem de intensidade. 2) A teoria ondulatória clássica prevê que a fotoemissão deve ocorrer em todos os comprimentos de onda da luz incidente, uma vez que a luz incidente tenha intensidade suficiente. Pelo contrário, existe um determinado comprimento de onda específico para o metal, de tal modo que a luz de comprimento de onda maior não pode liberar elétrons da superfície do metal. 3) Classicamente, um elétron não seria

emitido da superfície do metal até que a luz incidente tivesse transferido suficiente da sua própria energia para o metal iluminado. Esta condição exigiria um atraso temporal desde quando a primeira luz incidiu a superfície até quando o primeiro elétron foi ejetado. Mas, experimentalmente, observa-se que a emissão de elétrons ocorre muito pouco tempo após a chegada da radiação.

Einstein ao se deparar com estas dificuldades, partiu de uma concepção de partícula para a luz e não onda e associou o efeito com a ideia recente, introduzida por Planck em 1900, que a matéria irradia sua energia em quanta de energia $h\nu$, sendo h a constante de Planck e ν a frequência da onda eletromagnética. Ele postulou que a luz dá a sua energia para um absorvedor em quanta com $h\nu$ energia. Assim, se é preciso uma quantidade de energia ϕ para emergir um elétron para a superfície e restaria uma energia cinética residual K para o elétron ser ejetado, segundo a seguinte relação: $K = h\nu - \phi$.

Somente após 1912 é que se pode fazer medições com alguma precisão para se verificar a consistência da relação proposta por Einstein. O Prêmio Nobel de 1921 foi atribuído a Albert Einstein por sua descoberta de "a lei do efeito fotoelétrico". Sir Owen Willans Richardson e K.T. Compton conseguiram verificar a equação fotoelétrica de Einstein. Pode ser testada a elevada precisão e usada nas determinações precisas da constante de Planck $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,135 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$.



Recapitulando as informações...

- 1) De acordo com o texto lido, indique quais as diferenças entre o modelo clássico e o novo modelo proposto para o efeito fotoelétrico.

Atenção!!

Para continuarmos aprendendo...

Faça uma pesquisa sobre a aplicabilidade do efeito fotoelétrico no cotidiano. Não esqueça de indicar as fontes de sua pesquisa e apresentá-la na próxima aula.

AULA 3

SIMULAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO

1) Complete a tabela

Metal	F (hz)	Intensidade de luz	U (V)

2) Faça um breve relato da simulação do efeito fotoelétrico realizada no laboratório de informática, evidenciando os fatores que você identificou que interferem na ocorrência do efeito fotoelétrico.

AULA 4

CONTEÚDO NA LOUSA!



Recapitulando as informações...

Após a exposição da professora conceituando e explicando o efeito fotoelétrico no quadro, responda:

1) O que é o efeito fotoelétrico?

2) Quando elétrons são ejetados de uma superfície metálica, a velocidade com que são expelidos depende de qual característica da radiação?

3) Ao incidirmos uma determinada radiação em um superfície metálica, percebemos a ocorrência do efeito fotoelétrico. Se a referida superfície for alterada e a radiação incidente mantida, o efeito fotoelétrico ainda será observado? Justifique.

AULA 5

EXPERIMENTO EFEITO FOTOELÉTRICO

1) Anote os procedimentos realizados durante a demonstração do experimento do efeito fotoelétrico.

2) O eletroscópio ficou carregado negativamente ou positivamente, quando utilizado o bastão de PVC? Justifique sua resposta.

3) Quando submetido a radiação ultravioleta, descreva o que ocorreu com o eletroscópio.

4) O eletroscópio ficou carregado negativamente ou positivamente, quando utilizado o bastão de vidro? Justifique sua resposta.

AULA 6

QUESTIONÁRIO 2- DIAGNÓSTICO

- 18) (UEDESC 2010) Analise as afirmativas abaixo, relativas à explicação do efeito fotoelétrico, tendo como base o modelo corpuscular da luz.
- I – A energia dos fótons da luz incidente é transferida para os elétrons no metal de forma quantizada.
II – A energia cinética máxima dos elétrons emitidos de uma superfície metálica depende apenas da frequência da luz incidente e da função trabalho do metal.
III – Em uma superfície metálica, elétrons devem ser ejetados independentemente da frequência da luz incidente, desde que a intensidade seja alta o suficiente, pois está sendo transferida energia ao metal.
- Assinale a alternativa correta.
- f) Somente a afirmativa II é verdadeira.
 - g) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
 - h) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
 - i) Somente a afirmativa III é verdadeira.
 - j) Todas as afirmativas são verdadeiras

- 19) (UFRGS) “De acordo com a teoria formulada em 1900 pelo físico alemão Max Planck, a matéria emite ou absorve energia eletromagnética de maneira emitindo ou absorvendo, cuja energia é proporcional à da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia.”

Assinale a alternativa que, pela ordem, preenche corretamente as lacunas:

- a) contínua – quanta – amplitude
- b) descontínua – prótons – frequência
- c) descontínua – fótons – frequência
- d) contínua – elétrons – intensidade
- e) contínua – nêutrons – amplitude

- 20) Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

- 21) O que é um fóton na sua compreensão?

- 22) Qual foi o nível de dificuldade apresentado para resolver as questões propostas no teste?

() nenhum () pouco () muito

23) Concluímos nessa etapa uma sequência de aulas que nos possibilitou estudar o efeito fotoelétrico. Você compreendeu o fenômeno? Argumente.

24) Quais aulas ou método utilizado que você destacaria que foi essencial para a aprendizagem do conteúdo?

10) A sequência proposta se assemelha ao modelo de aprendizagem ao qual está acostumado a estudar?

() sim () não

11) Faça um breve relato considerando os pontos positivos ou não, de toda a experiência na participação dessa sequência de aulas.
