

PAULO MALICKA MUSIAU



**ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE CONCEITOS DE
FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NUM DVD.**

**Ji-Paraná – RO
Setembro de 2015**

PAULO MALICKA MUSIAU

**ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE CONCEITOS DE
FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NUM DVD.**

Dissertação apresentada no Programa
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de
Física, através do pólo do campus de Ji-
Paraná, da Universidade Federal de Rondônia
como requisito final para a obtenção do título
de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Sousa Costa.

Ji-Paraná - RO

Setembro de 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Musiau, Paulo Malicka
M987e Elaboração de uma sequência didática sobre conceitos de física
2015 moderna e contemporânea num DVD / Paulo Malicka Musiau; orientador,
Ricardo de Sousa Costa. – Ji-Paraná, 2015
183 f.: Il.; 30 cm.

Dissertação: (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física –
Polo do Campus de Ji-Paraná). – Universidade Federal de Rondônia.
Referências

1. Física – Estudo e ensino. 2. Física (Ensino médio). 3. Livros
didáticos. I. Costa, Ricardo de Sousa. II. Universidade Federal de
Rondônia III. Título

CDU: 53:37

Bibliotecária: Marlene da Silva Modesto Deguchi CRB 11/ 609

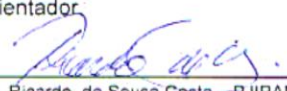


MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJIPAMNPEF

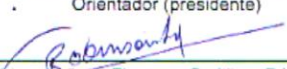


ATA DE AVALIAÇÃO DA DISSERTAÇÃO DO CURSO DE MESTRADO
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO JI-PARANA

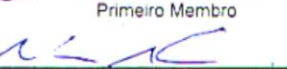
Aos quatro dias do mês de Setembro do ano de 2015, às 14:15 h, no Bloco 2 na Sala 2 do *Campus* da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) de Ji-Paraná, reuniu-se a Banca Examinadora que foi composta pelos três examinadores: Robinson Viana Figueroa Cadillo, Marco Polo Moreno de Souza, Juliano Alves de Deus, para avaliarem o trabalho de dissertação de Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo de Ji-Paraná/UNIR intitulado “ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NUM DVD”, do aluno Paulo Malicka Musiau. A banca foi presidida pelo orientador Ricardo de Sousa Costa o qual não participou na arguição e nem na avaliação do trabalho de dissertação. Após a apresentação, o candidato foi arguido apenas pelos três integrantes da Banca Examinadora por setenta (70) minutos. Ao final da arguição, a Banca Examinadora, em sessão reservada, **APROVOU** o candidato com o conceito “A”, conforme as regras de aprovação estabelecidas no Regimento do MNPEF. Nada mais havendo a tratar, a avaliação foi encerrada às 16 horas e 30 minutos, dela sendo lavrada a presente ata, assinada por todos os três membros da Banca Examinadora e pelo orientador.



Prof. Dr. Ricardo de Sousa Costa – PJIPAMNPEF/UNIR
Orientador (presidente)



Prof. Dr. Robinson Viana Figueroa Cadillo – PJIPAMNPEF/UNIR
Primeiro Membro



Prof. Dr. Marco Polo Moreno de Souza – PJIPAMNPEF/UNIR
Segundo Membro



Prof. Dr. Juliano Alves de Deus – IFRO
Terceiro Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a:

Meus pais Afonso e Cristina.

Minha esposa Débora e minhas filhas Lanay e Ana Laura,
que me deram muita força e carinho na elaboração dessa atividade.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, por ter me concedido saúde na elaboração desse trabalho.

À Débora Cristina Massaro, minha esposa, com alegria e amor por ter me apoiado na execução desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Ricardo de Sousa Costa, pela orientação, paciência e pelas suas observações que me guiaram na realização desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Walter Trennepol, pela ajuda na orientação de um capítulo dessa pesquisa.

Ao Prof. Dr. Marlos Gomes de Albuquerque, pela orientação na fundamentação teórica.

Ao Prof. Dr. Robinson Viana Figueroa Cadillo, pela orientação na montagem dos experimentos.

Ao Prof. Carlos Mergulhão Júnior Coordenador do Pólo 5 pela disponibilidade e dedicação ao resolver as dúvidas apresentadas no decorrer do curso.

Ao meu amigo Wagner pela contribuição na montagem e gravação dos experimentos.

Ao meu amigo José Paulo pela contribuição na construção dos gráficos e formatação.

Ao meu amigo Moacyr pela contribuição na elaboração dos gráficos.

Aos alunos Denner, Milena e Lucas pela ajuda na gravação e montagem dos vídeos.

Aos alunos do Colégio Estadual Júlio Guerra, que aceitaram gentilmente, colaborar com suas experiências para a realização desse trabalho.

Ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, professores e colegas, pelos ensinamentos e companheirismo.

Aos colegas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física que contribuíram no crescimento profissional com dicas eficazes.

*“Como que você quer que seu aluno melhore, se
você usa o mesmo método”.*

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo verificar junto a professores, alunos e livros didáticos, como os tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) são trabalhados no Ensino de Física do Ensino Médio. Neste projeto foram abordados três tópicos de FMC: Radiação de Corpo, Efeito Fotoelétrico e Espectroscopia, usando uma sequência didática constituída de questionários, palavra cruzada, caça palavras, simulados, vídeos, texto, roteiro de atividades para orientar no manuseio da simulação computacional, experimentos de baixo custo, vídeos dos experimentos propostos, teatro abordando a bibliografia de Hertz, Planck e Einstein. O referencial teórico deste trabalho foi o da teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, a qual tem como característica principal levar em conta, de forma sistemática, o conhecimento prévio do aprendiz. O estudo foi realizado na EEEFM Júlio Guerra com alunos do 3º A, período matutino, num total de 28 alunos, no primeiro semestre de 2015. Os resultados nos mostram que as estratégias diversificadas facilitam o ensino-aprendizagem dos conceitos físicos propostos e tornam a aula mais atraente e objetiva. O produto educacional é resultado dessa sequência didática e será disponibilizado aos professores interessados, com a finalidade de auxiliá-los na sua prática pedagógica, o qual está incluído em um DVD.

Palavras-chaves: Física Moderna, Concepções de alunos e professores, Livros Didáticos, Atividades Experimentais Vídeos Educativos e Sequência Didática.

ABSTRACT

This study aimed to check with teachers, students and textbooks, as the topics of Modern and Contemporary Physics (FMC) are worked in high school Physics Teaching. In this project we have been addressed three topics of FMC: Body Radiation, Photoelectric Effect and spectroscopy, using a didactic sequence consisting of questionnaires, crossword, word searches, simulated, videos, text, activities script to guide handling of computer simulation, experiments inexpensive, videos of proposed experiments, theater addressing the Hertz bibliography, Planck and Einstein. The theoretical framework of this study was the significant learning theory of David Ausubel, which has as main characteristic to consider, in a systematic way, prior knowledge of the learner. The study was conducted in EEEFM Julius War with students from 3rd A, morning period, a total of 28 students in the first half of 2015. The results show us that the diverse strategies facilitate the teaching and learning of the proposed physical concepts and make more attractive and objective class. The educational product is a result of this teaching sequence and will be available to interested teachers, in order to assist them in their teaching, which is included on a DVD.

Keywords: Modern physics, conceptions of students and teachers, textbooks, Experimental Activities Educational Videos and Sequence Teaching.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Frequência de corte para alguns materiais.	65
Quadro 2 - Espectro Visível da Luz	68
Quadro 3 - Classificação das estrelas	71
Quadro 4 - Estruturação dos conteúdos de Física Moderna nos Livros Didáticos do PNLD 2012.....	79
Quadro 5 - Vídeos dos Experimentos apresentados para a turma do 3º ano A, da E.E.E.F.M.Júlio Guerra, Ji – Paraná RO 2015.	89
Quadro 6 – Cronograma da sequência didática referente a aplicação do produto educacional com os alunos do 3º ano A da E.E.E.F.M.Júlio Guerra, Ji-Paraná – 2015.	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura espacial do pôster segundo os seus setores.	42
Figura 2 – Efeito Fotoelétrico.....	43
Figura 3 – Espectros Contínuos.....	43
Figura 4 - Imagem do Experimento “O simples toque de uma sirene”	44
Figura 5 - Lâmpada de Mercúrio	45
Figura 6 – Efeito Fotoelétrico.....	45
Figura 7 - Espectroscópio caseiro.....	46
Figura 8 - Histórias em quadrinhos abordando Física Moderna	47
Figura 9 - A persistência da memória de Salvador Dalí (1931).	47
Figura 10 - Experimentos abordando o efeito fotoelétrico.....	49
Figura 11 - Experimentos abordando o efeito fotoelétrico.....	49
Figura 12 - Experimento abordando o laser	50
Figura 13 - Experimento sobre emissão de corpo negro	50
Figura 14 - Circuito montado do experimento “Ouça seu controle remoto! ”	51
Figura 15 - Max Planck (1858-1947)	53
Figura 16 - Diagrama da radiação incidente e a parte absorvida e refletida pelo corpo.	54
Figura 17 - Cavidade de um corpo negro.	54
Figura 18 - Intensidade da radiação do corpo negro em função do comprimento de onda λ em quatro temperaturas.....	55
Figura 19 - Função de Planck calculada para diferentes valores de temperatura.....	58
Figura 20 - Gráfico ilustrando a Lei de Wein.....	59
Figura 21 - Emissão de elétrons pela incidência de luz.....	61
Figura 22 - Albert Einstein (1879-1955)	62
Figura 23 - Um gráfico das medidas de Millikan do potencial limite no sódio em várias frequências. A frequência de corte ν_0 é $4,39 \times 10^{14}$ Hz.....	64
Figura 24 - A luz pode ser separada em um espectro através de um prisma.....	67
Figura 25 - Experimento de William Herschel.....	67
Figura 26 - Linhas de Fraunhofer e curva de intensidade da luz.....	68
Figura 27 - Espectroscópio de Kirchhoff e Bunsen.....	69
Figura 28 - Espectros de Emissão (H, He, Ne, Hg).....	69
Figura 29 - Leis de Kirchhoff da Espectroscopia	70
Figura 30 - Classes Espectrais	70
Figura 31 – Gráfico da 5ª pergunta do questionário: Você se encontra preparado para ensinar Física Moderna no Ensino Médio?	75
Figura 32 – Gráfico da 7ª pergunta do questionário: Você acha possível ensinar tópicos de Física Moderna no Ensino Médio?	76
Figura 33 – Gráfico da 10ª pergunta do questionário: Em sua opinião de que forma a Física Moderna poderia ser trabalhada no Ensino Médio?.....	76

Figura 34 - Gráfico da 4ª pergunta do questionário: Você já ouviu falar sobre Física Moderna e Contemporânea?	77
Figura 35 - Gráfico da 5ª pergunta do questionário: Em suas aulas de Física, o professor aborda questões sobre a Física Moderna?	78
Figura 36 - Gráfico da 10ª do questionário: Em sua opinião, por que o professor deveria trabalhar Física Moderna no Ensino Médio?	78
Figura 37 - Alunos realizando a leitura do texto proposto.	92
Figura 38 - Alunos resolvendo atividades de caça palavras e palavras cruzadas.	93
Figura 39 - Os alunos no laboratório de informática resolvendo atividades de radiação de corpo negro através do simulador computacional.	94
Figura 40 - Estudantes do 3º A assistindo o vídeo do experimento “corpo negro” na sala de aula.....	94
Figura 41 - Alunos do 3º A verificando o funcionamento do experimento “Corpo Negro”.	95
Figura 42 - Os alunos atentos na explicação do simulador computacional que aborda o efeito fotoelétrico.....	97
Figura 43 - Os alunos assistindo o vídeo para auxiliar na montagem dos experimentos.....	97
Figura 44 - Os alunos montando os experimentos propostos envolvendo o efeito fotoelétrico.....	98
Figura 45 - Os alunos verificando o funcionamento do experimento “Ouvindo o som do controle remoto”.	99
Figura 46 – Os estudantes observando o funcionamento do experimento “Ouvindo o som da luz” com o laser.....	99
Figura 47 - Alunos verificando o funcionamento do experimento de espectroscopia.....	101
Figura 48 - Alunos abordando a bibliografia Planck através do teatro	101
Figura 49 - Estudantes através de fantoches retratando a bibliografia de Hertz.	102
Figura 50 - Classificação do uso do simulador computacional nas aulas de Física na compreensão dos conteúdos efeito Fotoelétrico e Radiação de Corpo Negro.	103
Figura 51 – Gráfico da classificação do uso de aulas experimentais na compreensão dos conceitos de efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia....	104
Figura 52 – Gráfico da classificação dos vídeos no auxílio da montagem dos experimentos sobre efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia.	105
Figura 53 – Gráfico da classificação do uso do teatro nas aulas de Física na compreensão da vida e obra de Hertz, Planck e Einstein.	106
Figura 54 - Número de acerto por questões do Simulado I abordando o conteúdo Radiação de Corpo Negro.....	107
Figura 55 - Número de acerto por questões do Simulado II abordando o conteúdo Efeito Fotoelétrico.	108

Figura 56 - Número de acerto por questões do Simulado III abordando o conteúdo Espectroscopia.	108
Figura 57 - Numero de acerto por questões do Simulado Geral abordando os conteúdos Efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia.	109
Figura 58 - Comparação do desempenho dos alunos do 3º A do 1º e 2º bimestre, da E.E.E.F.M Júlio Guerra.	110
Figura 59 - Comparação das médias bimestrais por aluno do 3º ano A da E.E.E.F.M Júlio Guerra.	110
Figura 60 - Comparação das médias bimestrais da turma 3º ano A da E.E.E.F.M Júlio Guerra.	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

EF – Ensino Fundamental

Enem – Exame Nacional do Ensino Médio

FM – Física Moderna

FMC – Física Moderna e Contemporânea

EM – Ensino Médio

EFO – Efeito Fotoelétrico

LDR – Light Dependent Resistor (Resistência Dependente da Luz)

MEC – Ministério da Educação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ..	23
2.2	VÍDEOS EDUCATIVOS COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA.....	24
2.3	O TEATRO COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DA FÍSICA	27
2.4	O USO DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....	28
2.5	A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	29
3	APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO DE FÍSICA.....	31
3.1	UM BREVE HISTÓRICO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA	31
3.2	O QUE DIZEM AS LEIS VIGENTES QUE REGEM A EDUCAÇÃO NACIONAL SOBRE A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO	32
3.3	A NECESSIDADE DO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO	36
3.4	PROPOSTAS DE ABORDAGENS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO	42
4	ABORDAGEM DOS TÓPICOS DE FMC DA PROPOSTA DIDÁTICA	53
4.1	CORPO NEGRO	53
4.2	A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO.....	55
4.3	LEIS RELATIVAS À RADIAÇÃO NO CORPO NEGRO	56
4.3.1	Lei de Kirchhoff	56
4.3.3	Leis de Wien.....	58
4.3.5	Efeito Fotoelétrico.....	61
4.3.6	Espectroscopia.....	66
5	ESTUDO PRÉVIO PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	73

5.1 METODOLOGIA.....	73
5.1.1 Questionário Aplicado Aos Professores.....	74
5.1.2 Questionário Aplicado Aos Alunos.....	77
5.1.3 Verificação do Estudo da Física Moderna e Contemporânea nos Livros Didáticos.....	79
6 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	89
6.1 MATERIAIS USADOS E A PRODUÇÃO DOS VÍDEOS.....	89
6.2 A APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA	90
6.2.1 Etapa Inicial: Questionário prévio.....	91
6.2.2 Radiação de Corpo Negro	91
6.2.3 Efeito Fotoelétrico.....	95
6.2.4 Espectroscopia.....	100
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	103
7.1 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA	103
7.2 ANÁLISE DA APRENDIZAGEM	107
7.3 COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS BISMESTRAIS	110
8 CONCLUSÃO	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
APÊNDICE A – DVD COM MATERIAL INSTRUCIONAL	123
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PROFESSORES	124
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO ALUNOS	126
APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO PRÉVIO	127
APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA.....	129
APÊNDICE F – SIMULADO I	131
APÊNDICE G – SIMULADO II	133
APÊNDICE H – SIMULADO III	135
APÊNDICE I – SIMULADO GERAL	136
APÊNDICE J – TEXTO RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO.....	140
APÊNDICE K – ROTEIRO SIMULADOR RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO	143
APÊNDICE L – TEXTO EFEITO FOTOELÉTRICO	144

APÊNDICE M – ROTEIRO SIMULADOR EFEITO FOTOELÉTRICO	148
APÊNDICE N – TEXTO ESPECTROSCOPIA.....	150
APÊNDICE O - ROTEIRO DO EXPERIMENTO“CORPO NEGRO”.....	153
APÊNDICE P - ROTEIRO DO EXPERIMENTO “OUVINDO O SOM DO CONTROLE REMOTO”	157
APÊNDICE Q - ROTEIRO DO EXPERIMENTO “OUVINDO O SOM DA LUZ”	161
APÊNDICE R - ROTEIRO DO EXPERIMENTO “EFEITO FOTOELÉTRICO”	165
APÊNDICE S - ROTEIRO DO EXPERIMENTO “ANÁLISE QUALITATIVA DE UM ESPECTRO CONTÍNUO”	168
APÊNDICE T – ROTEIRO PROJETO TEATRO	171
APÊNDICE U – ROTEIRO PASSO A PASSO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	175
ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DA PESQUISA.....	178
ANEXO B – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NA 66ª - SBPC	179
ANEXO C – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NO XXI SNEF	180
ANEXO D – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NO 32ª ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE	181
ANEXO E – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NO 3ª ENCONTRO DE FÍSICA DO CENTRO-OESTE	182
ANEXO F – PARECER DE ACEITE PARA APRESENTAÇÃO NA 67ª - SBPC	183

1 INTRODUÇÃO

O Ensino de Física na maioria das escolas públicas não têm acompanhado as mudanças tecnológicas e científicas dos últimos tempos, apresentando um currículo obsoleto e descontextualizado, deixando os alunos cada vez mais distantes da realidade do mundo contemporâneo. E uma das vertentes que vem ganhando espaço nas discussões entre especialistas e profissionais da educação é a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, pois há décadas esse ramo da Física foi deixado de lado. No entanto, com os avanços científicos e tecnológicos são inúmeras as razões para que o ensino da Física Moderna seja implantado na educação básica, pois é imprescindível que o estudante conheça os fundamentos da tecnologia atual.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, tópicos de FMC fazem parte da grade curricular do Ensino Médio, principalmente no terceiro ano. Porém, de acordo com Machado e Nardi (2006) a inércia verificada na renovação curricular e práticas pedagógicas pode acabar deixando os alunos à margem da cultura científica e tecnológica do mundo moderno.

Então, com a ideia de inserir de maneira significativa e objetiva tópicos de FMC na educação básica, elaboramos uma estratégia para que esse projeto fosse colocado em prática de maneira que viesse contribuir na formação de nossos estudantes de maneira satisfatória como um cidadão pleno e consciente para compreender os conceitos do mundo contemporâneo.

Para a realização desse trabalho, algumas etapas foram cumpridas. A primeira delas consistiu em fazer uma revisão bibliográfica sobre a linha de pesquisa FMC no Ensino Médio, presentes em artigos de revistas, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e páginas na web que abordam essa questão, com o intuito de verificar alguns aspectos relevantes sobre essa linha de pesquisa.

Outro quesito foi analisar oito livros didáticos recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático de 2012 (PNLD/2012), que são usados com bastante frequência pelos docentes da rede pública estadual de ensino, do município de Ji-Paraná, Estado de Rondônia. O objetivo dessa análise foi verificar os respectivos temas de FMC presentes nesses textos e como essa temática é tratada ao longo dos três anos do ensino básico e quais tópicos são discutidos.

Na execução desse projeto foi realizada uma pesquisa em dez escolas estaduais de Ji-Paraná, Estado de Rondônia, no primeiro bimestre do ano letivo de 2014, para identificar as opiniões de professores, num total de quatorze, a respeito do ensino de FMC no Ensino Médio, indagando se eles estão preparados para ensinar esses tópicos, se existe alguma abordagem, e como poderia ser inserido e trabalhado esse ramo da física na sala de aula de maneira que pudesse ser atraente e significativo ao aluno.

Outra investigação ocorreu no quarto bimestre do ano letivo de 2014, onde coletamos a opinião de um total de duzentos alunos do 3º ano do Ensino Médio, sendo vinte alunos de cada escola, as mesmas onde os respectivos professores foram entrevistados. A investigação buscou identificar as opiniões dos alunos do terceiro ano do ensino médio, indagando se eles gostam de estudar física, se a física ensinada em sala de aula é aplicada no seu cotidiano e se existe alguma abordagem de tópicos de FMC nas aulas de Física.

Em uma das etapas desse trabalho foi proposto aos alunos nos três tópicos de FMC escolhidos (Radiação de Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico e Espectroscopia) a leitura de textos que foram retirados e modificados de livros didáticos e sites da internet, com o objetivo de fazer o aluno a ler e interpretar os fenômenos ligados aos respectivos tópicos.

Visando auxiliar os educandos na compreensão dos conteúdos, foram propostos vídeos que salientam com figuras e animações os tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

No nosso trabalho, para abordar tópicos de Radiação de Corpo Negro e Efeito Fotoelétrico, fizemos o uso das simulações computacionais, disponibilizadas de forma gratuita no site do Phet (Physics Education Technology) na internet, com o intuito de auxiliar nossos alunos na compreensão desses tópicos mencionados acima.

Durante a execução dessa dissertação foi produzido um acervo de vídeos de experimentos que relacionam com tópicos de Física Moderna e Contemporânea, que podem ser usados por outros educadores que tenham vontade de inserir esse ramo da Física no nível médio. A finalidade de confeccionar esses vídeos pedagógicos foi de poder contribuir de maneira satisfatória no ensino-aprendizagem dos conceitos de FMC na educação básica, apresentando um recurso didático que possa motivar alunos e educadores no âmbito educacional.

Também foi realizado no decorrer desse trabalho apresentações de três peças teatrais, enfatizando a bibliografia de alguns cientistas tais como: Hertz, Planck e Einstein. O objetivo de usar essa estratégia didática é para mostrar aos estudantes que a Física não é só feita de cálculos e fórmulas, tem também possui um contexto histórico, e que as descobertas não nasceram num piscar de olhos, mas que em muitas vezes levaram anos e anos para atingir alguma conclusão satisfatória para o desenvolvimento da humanidade.

A sequência didática usada no decorrer dessa metodologia de ensino tornou os conteúdos mais atraente para os estudantes, pois aquela aula tradicional envolvendo somente livro didático, pincel e lousa deixa cada vez mais os alunos desmotivados e desinteressados pelos estudos dos conceitos que envolvem a Física.

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: Introdução, Fundamentação Teórica, Aplicações de Conceitos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física, Tópicos de Física Moderna e Contemporânea, estudo prévio para aplicação da Proposta Didática, Aplicação do Produto Educacional, Resultados e finalmente nossas Conclusões Finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresentaremos a fundamentação teórica subjacente enfocando a questão experimental, o uso de vídeo, teatro e o uso de aplicativos computacionais para auxiliar no Ensino de Física desenvolvidos e apresentados neste trabalho.

2.1 O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

É comum nas escolas de educação básica nos depararmos com uma grande parte dos alunos de Ensino Médio com dificuldades na aprendizagem dos conceitos de Física, levando estudiosos e pesquisadores da área de ensino a reconhecer e tentar desvendar os problemas que estão envolvidos nessa difícil problemática do ensino.

As aulas de Física são, muitas vezes, ministradas pelos professores de forma estritamente teórica, enfatizando somente conceitos e memorização de leis. Diante disto, justifica-se a experimentação no ensino dessa disciplina como ferramenta auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, pois de acordo com Araújo e Abib (2003), as atividades experimentais são consideradas, por professores e alunos, como uma das estratégias eficazes para se aprender e ensinar Física de modo significativo e consistente.

Ainda a esse respeito, podemos citar a pesquisa realizada por Seré, Coelho e Nunes (2003), onde eles defendem que as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens, e permitem um olhar crítico do mundo que o cerca.

Também podemos mencionar o trabalho de Carvalho *et al* (1995), no qual os autores defendem que a inserção dessa prática pedagógica é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo.

Segundo Moreira e Axt (1991), as disciplinas relacionadas às Ciências da Natureza apresentam uma natureza experimental, ou seja, são ciências em que o conhecimento científico evolui à medida que suas hipóteses ou teorias passam a ser apoiadas por meio da evidência experimental. Frente a isso, justifica-se o emprego de atividades experimentais no momento de se ensinar Ciências, já que a experimentação é um ótimo meio de aprendizagem para o aluno.

As atividades experimentais quando aplicadas como estratégia pedagógica de ensino, desperta no educando um maior interesse pela disciplina de física. E isso fica evidente conforme explica Moreira et al (2005), onde o trabalho experimental tem uma reconhecida importância na aprendizagem das Ciências, largamente aceita entre a comunidade científica e pelos professores como metodologia de ensino, como resultados comprovados em muitas investigações.

Assim, faz-se necessária a mudança na forma de ensinar Física, onde a busca por novos métodos inovadores são pontos a serem revistos pelos educadores. Pois, conforme Rosito (2003), é possível realizar experimentos na sala de aula, ou mesmo fora dela, utilizando materiais de baixo custo, podendo contribuir para o desenvolvimento da criatividade dos educandos.

Apesar de algumas dificuldades apresentadas pelos professores em trabalhar prática e teoria, é de suma importância que o educador consiga conciliar essas duas frentes no ensino-aprendizagem dessa disciplina, pois conforme menciona Borges (2002) é necessário que procuremos criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concordância, permitindo ao estudante interagir conhecimento prático e conhecimento teórico, para contribuir de maneira eficaz na sua formação como cidadão.

Portanto, a inserção de atividades experimentais como estratégia de Ensino de Física tem o intuito de promover uma integração entre a teoria e prática, visando uma aprendizagem significativa dos conceitos de Física por parte do educando.

2.2 VÍDEOS EDUCATIVOS COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA

Em relação aos modelos tradicionais de ensinar Física, onde se prioriza a memorização treinando o aluno a adotar certos procedimentos, os quais já são esperados pelo professor, precisa ser revisto. Pois, de acordo com Oliveira e Barros (2013), com a chegada das novas tecnologias e com o ascendente crescimento das redes sociais, o modelo atual de ensinar não é mais suficiente para motivar os alunos a compreenderem os conceitos de algumas disciplinas.

No mundo contemporâneo há uma diversidade de metodologias que podem ser utilizadas em sala de aula, tais como as vídeo-aulas que podem servir para dinamizar as aulas de Física. Para Morin (2005), o vídeo é um recurso que impressiona alguns sentidos humanos, podendo facilitar o processo de ensino-aprendizagem.

Os professores precisam refletir cada vez mais sobre mudanças nas práticas pedagógicas, pois, segundo Santos (2012), o modelo de aprendizagem que embasa as necessidades de nosso tempo não é mais o modelo tradicional que acredita que o aluno deve receber informações prontas e ter, como única tarefa, repeti-las na íntegra.

Diante disso, Cledes, Filho e Costa (2012) apontam a importância de o professor criar alternativas e ferramentas para dinamizar as aulas de Física e não fiquem apenas no quadro, giz e livro didático.

Nos dias de hoje, com a ajuda da informática, os alunos possuem várias fontes para buscar conhecimentos e ao mesmo tempo se tornarem mais críticos em relação aos conteúdos propostos em sala de aula. Assim, torna-se premente a introdução de novas metodologias de ensino, conforme esclarece Ferres (1996) dizendo que o uso do vídeo e de outras tecnologias proporciona um enriquecimento de experiências, sensações, emoções e atitudes do estudante, que não podem ser alcançadas em uma aula puramente expositiva.

Para isso, é necessário romper com o paradigma do ensino tradicional, buscando novos métodos que possam auxiliar o professor no seu cotidiano, e isso podemos constatar segundo Bernardes (2010) onde a autora defende que os vídeos educativos podem trazer boas perspectivas, sendo possível introduzir com facilidades as questões do dia a dia que mostram a aplicação da Física, fazendo com que o aluno vincule o que estuda a fenômenos do seu cotidiano.

Vicentini e Domingues (2008) também divulgam que entre as várias tecnologias que se tem destacado nos últimos anos, o vídeo tem sido uma das mais populares. Entretanto, a incorporação dessa tecnologia pelas instituições de ensino e pelos professores não é tão simples quanto parece. Até hoje, grande parte dos profissionais da educação enfrenta dificuldades para empregar a tecnologia audiovisual como um recurso pedagógico.

A utilização de tecnologias da informação e comunicação como estratégia para tornar o ensino mais atraente e menos tradicional é uma realidade do mundo atual, onde

segundo Marcelino Jr. et al (2004), o uso do vídeo como recurso pedagógico traz a possibilidade de utilizar não somente palavras, mas também imagens, muitas vezes bem mais atrativas do que a fala do professor, podendo trazer um impacto muito maior do que um livro ou de uma aula expositiva.

Segundo Cledes, Filho e Costa (2012), a vídeo-aula pode auxiliar na carência de visualização conceitual que os alunos muitas vezes têm e na dinamização das aulas, sendo uma boa via de inserção de conhecimento.

Na mesma linha, Cinelli (2003) aponta diversas vantagens para utilização de vídeos educativos, entre elas o fato que oferece ao aluno e ao professor uma perspectiva de exploração rica dos conteúdos escolares.

Contudo, segundo Carli (2014), o uso do vídeo em sala de aula não deve ser encarado como uma substituição total à prática de laboratório ou de todas as demonstrações e experimentos, mas que os mesmos possam ser um complemento em tornar as aulas mais eficientes, atrativas, instrutivas e motivadoras.

Ainda é muito comum encontrarmos nas salas de aula práticas pedagógicas de professores fora da realidade do aluno, bem como posturas de professores ultrapassadas, que não contribuem para o desenvolvimento integral do aluno. Pereira e Barros (2010) destacam a grande quantidade de recursos como animações, simulações, softwares e vídeos disponíveis na internet que podem ser usadas como solução dos problemas que afligem o Ensino de Ciências, tornando o ensino mais atraente e significativo para o aluno.

Assim, de acordo com Pereira (2008), os vídeos didáticos ou vídeos-aula podem auxiliar o professor de Física nas suas aulas com um recurso didático relevante no mundo atual.

Para Cinelli (2003), a simpatia que é gerada pelos vídeos educativos no público em geral deve-se ao fato segundo a autora: “*Poder manipulá-lo como se folheasse um livro: avanços, recuos, repetições, pausas, todas essas interferências no ritmo e norma habitual de apresentação da mensagem audiovisual que distinguem a televisão do vídeo*”.

Entretanto, conforme esclarece Dalla Costa et al (2004), o vídeo, por si só, não faz nada. Dessa forma a autora acredita que para seu uso eficiente se faz necessário que

este esteja intimamente ligado com a temática trabalhada, também esteja ligado a outras atividades educativas, onde assim tornará a aprendizagem mais significativa.

Diante desse contexto, torna-se imprescindível a introdução de novas metodologias de ensino, onde a busca por métodos inovadores que deixem a aula menos abstrata e mais dinâmica, são pontos relevantes. Temos que estar cientes que o aprendizado dessa disciplina é fundamental na formação do cidadão.

2.3 O TEATRO COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DA FÍSICA

A necessidade de utilização de formas alternativas relacionadas ao ensino de Física no Ensino Médio, para que as aulas dessa disciplina não se tornem apenas repetições de fórmulas e conceitos abstratos, surge a ideia de trabalhar com o teatro abordando biografias e contribuições dos cientistas ao longo da história.

De acordo com Medina e Braga (2010), o teatro é um elemento motivador de uma metodologia de ensino voltada para uma aprendizagem interdisciplinar, que coloca em prática os pressupostos indicados pelas leis vigentes que regem a educação.

Ainda a esse respeito, podemos verificar que o uso desse recurso didático no ensino de Física encontra vários pontos satisfatórios no processo que abrange o ensino-aprendizagem dessa disciplina, conforme salienta Júdice e Dutra (2001):

Proporciona-se ao aluno o desenvolvimento de seu potencial artístico e permitir-lhe conhecer a vida e a obra de grandes cientistas e descobrir que a ciência é feita por homens de carne e osso, não muito diferentes deles próprios. (JÚDICE E DUTRA, 2001, p. 7).

Desse modo, entende-se que seja necessário investir em novas estratégias de ensino, a fim de transformar a sala de aula num laboratório e conseqüentemente provocar mudanças no âmbito da escola.

Para Costa, Ribeiro e Souza (2004), a construção de uma peça teatral de Física, não só possibilita a transmissão dos conceitos físicos, mas estimula a curiosidade dos alunos sobre os cientistas, uma vez que eles podem interpretá-los no palco, e sobre as leis e conceitos, tornando mais atraente e divertido esse recurso didático do que assistir a uma aula de “quadro e giz”.

Portanto, inserir o teatro nas aulas de Física torna-se uma importante ferramenta para motivar os educandos a aprenderem tópicos de Física, deixando a aula mais dinâmica e significativa para os estudantes.

2.4 O USO DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA

São várias as dificuldades que os alunos apresentam no decorrer das aulas de Física, e uma alternativa que poderia ser usada pelos professores para auxiliar na compreensão dos tópicos dessa disciplina seria a inserção de simuladores computacionais, pois na sociedade atual percebe-se que o computador faz parte do cotidiano de nossos estudantes.

Segundo Fiolhais e Trindade (2003), a utilização de computadores no ensino contribui para o entendimento do aluno e torna as aulas tradicionais, que por muitas vezes podem se passar por monótonas na visão do aluno e até mesmo na do professor, em algo atrativo, despertando a curiosidade e tornando a aula mais dinâmica.

O processo de ensino aprendizagem de conceitos físicos pode ser facilitado através do uso de experiências virtuais uma vez que as simulações permitem ao estudante concentrar-se nos aspectos qualitativos do problema em contraste com a excessiva matematização da realidade física (ZARA, 2011).

Ainda a esse respeito, podemos verificar segundo Arantes, Miranda e Studart (2010):

As simulações podem servir como demonstrações em aulas expositivas. Nesse caso, a principal contribuição consiste em visualizar conceitos abstratos como fótons, elétrons e linhas de campo. (ARANTES, MIRANDA E STUDART, 2010, p.29).

Para Heckler (2004), os simuladores são recursos de aprendizagem que permitem ao aluno observar o comportamento de um determinado sistema ou fenômeno representado através de um modelo e servem como uma forma de amenizar os problemas e auxiliar no processo de ensino e aprendizagem.

A utilização de tecnologias da informação e comunicação como estratégia para tornar o ensino mais atraente e menos tradicional é uma realidade do mundo atual, pois com a inserção do recurso computacional nas aulas de Física é uma maneira de deixar o aluno dentro do contexto que o cerca, pois conforme Silva e Ferreira (2014) o uso de

simulações computacionais oferece inúmeras características que permitem aos estudantes compreenderem princípios fundamentais das Ciências Naturais.

Portanto, uma estratégia pedagógica relevante é utilizar a informática, pois ela também pode ser uma forma muito eficiente para facilitar a compreensão dos fenômenos pelos alunos, principalmente com os simuladores.

2.5 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

A base teórica desse estudo é a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. A teoria desse autor prioriza a aprendizagem cognitiva, que é a integração do conteúdo aprendido numa edificação mental ordenada, a estrutura cognitiva. Para Moreira (2011), essa teoria consiste em um processo no qual uma nova informação interage com algum aspecto relevante da estrutura do conhecimento do indivíduo, denominado por ele de subsunção.

Através do uso de estratégias de organização do material de aprendizagem Ausubel, no seu trabalho, são identificados os fatores que influenciam a aprendizagem, na modificação da estrutura cognitiva do educando induzindo uma transferência positiva da informação recebida, resultando num novo conteúdo altamente significativo que o levou a formular, segundo Moreira (1999), a teoria da aprendizagem significativa, entendida como processo por meio do qual uma nova informação se relaciona de maneira substantiva não literal e não arbitrária, à um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo.

Pelizzari (2002) aponta que a teoria da aprendizagem de Ausubel propõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados para que possam construir estruturas mentais utilizando, como meio, mapas conceituais que permitem descobrir e redescobrir outros conhecimentos, caracterizando, assim, uma aprendizagem prazerosa e eficaz.

A aprendizagem torna-se significativa à medida que o novo conteúdo é apresentado ao aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio. E de acordo com Moreira (1999), esse conhecimento é chamado de subsunção, que serve de base para a recepção da nova informação. Ele surge nos

indivíduos desde criança, quando começam a constatar os objetos à sua volta e passam a identificá-los e rotulá-los.

O conteúdo previamente detido pelo indivíduo representa um forte influenciador do processo de aprendizagem. Porém, e quando o aluno não tem um conhecimento prévio? De acordo com Carli (2014), neste caso pode-se lançar mão do que Ausubel chama de organizadores prévios, onde os vídeos produzidos por eles servirão de ponte entre a estrutura cognitiva do indivíduo e o conhecimento a ser aprendido por ele.

Outro ponto fundamental para a ocorrência de aprendizagem significativa é que o aluno precisa ter uma disposição para aprender, pois se indivíduo quiser memorizar o conteúdo de maneira arbitrária e literal, então a aprendizagem será mecânica. E de acordo com Alves (2006), Ausubel classifica a aprendizagem mecânica sendo a aquela que encontra muito pouca ou nenhuma informação prévia na estrutura cognitiva com a qual possa se relacionar, sendo então armazenada de maneira arbitrária.

Segundo Ausubel (1980), a aprendizagem mecânica é necessária e inevitável no caso de conceitos inteiramente novos para o aprendiz, mas posteriormente ela passará a se transformar em significativa. E isso pode ser constatado segundo Moreira (1999) que afirma que a aprendizagem mecânica é sempre necessária para o sujeito adquirir informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele. Essas informações, adquiridas dessa forma, poderão servir de subsunçor para novas aprendizagens e, de acordo com a ocorrência de aprendizagem significativa, esses subsunçores vão ficando mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações.

Contudo, segundo Moreira (1999), a aprendizagem significativa é preferível à aprendizagem mecânica, ou arbitrária, pois constitui um método mais simples, prático e eficiente de internalizar o conhecimento.

3 APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo, vamos focar a questão histórica da Física Moderna e Contemporânea, as leis vigentes que regem a educação, a questão da necessidade de inserir esse ramo da Física na educação básica, e alguns exemplos de aplicações com materiais de baixo custo e acessível ao educando referente à FMC no Ensino Médio.

3.1 UM BREVE HISTÓRICO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Cronologicamente, apesar de não haver um consenso que delimite os períodos clássicos, modernos e contemporâneos, pode-se dizer que a Física Moderna se estabeleceu entre o final do século XIX até a década de 40 e a Física Contemporânea, após o início da Segunda Guerra Mundial até os dias atuais (Ostermann, 1999).

Perfoll e Rezende Jr. (2006) relatam que historicamente, a Física Clássica, que compreende o conhecimento físico desenvolvido até o final do século XIX não conseguia mais explicar, de modo adequado, diversos fenômenos como: a estabilidade do átomo, a permanência dos elétrons orbitando em torno do núcleo, a invariância da velocidade da luz e o espectro das radiações emitidas por um corpo quente.

Houve épocas na história da Física que alguns cientistas chegaram a acreditar que ela estava pronta, que não havia mais nada a ser descoberto. Mas justamente nesses períodos ela sofreu suas maiores transformações. E essa revolução foi o advento da Física Moderna que constitui essencialmente a Física desenvolvida no início do século XX, onde pode ser resumido em duas grandes linhas: a teoria da relatividade, proposta por Einstein e a teoria quântica iniciada por Max Planck.

Essas teorias revolucionaram a Física no início do século XX e ajudaram a conhecer muito da estrutura da matéria. Muitas partículas elementares foram descobertas, e com isso foi possível formular hipóteses sobre a origem do universo.

A FMC abrange todo o avanço científico e tecnológico desenvolvido nesta área de conhecimento a partir do final do século XIX com o advento da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein e os Quanta de Planck (e todo desenvolvimento posterior da Física Quântica). Seu impacto inaugurou um novo período que modificou não somente a nossa visão de mundo, mas a visão da própria Física e das tecnologias.

Outro fator marcante desse ramo da Física foi a descoberta que ocorreu entre 1886 e 1887 por Henrich Hertz, que usou a Física Clássica para explicar o Efeito Fotoelétrico. Porém, os conceitos clássicos tornaram a concepção desse fenômeno insuficiente, dando lugar aos conceitos modernos propostos por Albert Einstein no ano de 1905. Dentre as propostas de Einstein estão a quantização da energia, ou seja, para ocorrência da ejeção imediata de elétrons da superfície metálica, a energia da radiação (ondas eletromagnéticas) estaria concentrada em pacotes (fótons) e não distribuída sobre a onda. Demonstrou também que a velocidade com que os elétrons são ejetados não depende da quantidade de fótons emitidos, e sim da frequência desses fótons. Em razão desse trabalho, Einstein no ano de 1921 recebeu o Prêmio Nobel em Física.

Portanto, esse período da história da Física é bastante relevante para entendermos os avanços tecnológicos que essa área do conhecimento tem contribuído para o desenvolvimento do mundo atual.

3.2 O QUE DIZEM AS LEIS VIGENTES QUE REGEM A EDUCAÇÃO NACIONAL SOBRE A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Os documentos oficiais que regem a educação básica no Brasil deixam evidentes suas propostas de inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, pois consideram que essa parte da Física é imprescindível para o educando compreender o mundo contemporâneo.

A inclusão da FMC no Ensino Médio permitirá um maior contato do aluno com situações do seu cotidiano, e ainda, levará os educandos a compreender os fatos e acontecimentos do mundo atual, que são divulgados pela mídia.

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (BRASIL, 1999, p.229).

Diante dessa perspectiva, a LDB de 1996 define no artigo 22 que “A educação tem por finalidade desenvolver ao educando uma formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”. Porém, como suprir estas necessidades atuais do cidadão com um currículo

de Física que ainda se concentra na Física Clássica desenvolvida entre o século XVI e XIX? Ela é importante, porém é necessário que o professor busque novas estratégias e avance para que o aluno possa ser contemplado com tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino intermediário.

A LDB/96, no Art 35, inciso IV, define como finalidade do Ensino Médio que o aluno possa ser capaz de fazer a “ compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”.

Ainda a esse respeito, podemos observar que a LDB de 1996 considera o Ensino Médio como etapa final de uma educação de caráter geral, onde essa terminalidade tem objetivo de fornecer condições para que o aluno possa continuar aprendendo fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos.

Então, com as mudanças implementadas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, o Ensino Médio deixa de ser uma etapa intermediária de estudos para constituir-se em uma etapa de conclusão da Educação Básica.

Dessa maneira, espera-se que Ensino possa dar sua parcela de contribuição na formação de cidadãos participativos e atuante na sociedade, pois cada vez mais a sociedade contemporânea exige qualificação e informação dos jovens acadêmicos. Diante disso, constatamos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) a seguinte indicação:

Uma proposta para o ensino Médio que, sem ser profissionalizante, efetivamente propicie um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade. (BRASIL, 1999, p. 203).

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) estabelecem a necessidade de renovação curricular, cuja importância para o ensino não deixam dúvida, onde a inserção do conteúdo de Física Moderna na educação básica é uma maneira de oferecer conhecimentos, deixando os alunos atraídos pelas aulas de Física. Assim é que o MEC reconhece a necessidade desta inclusão quando aponta tal necessidade:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como

se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. (PCN+, 2002. p.70).

Em suas propostas, os PCNs ressaltam a necessidade de se atualizar o currículo de Física, devido à influência crescente dos conteúdos contemporâneos na vida dos alunos. Então, “é preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada” (BRASIL, 1999, p. 230). Os Parâmetros utilizam em seus argumentos que “para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX” (BRASIL, 1999, p.209). Porém, para uma sociedade fortemente marcada por transformações tecnológicas e científicas, é essencial que realize uma revisão no conteúdo das disciplinas, pois “nunca é demais insistir que não se trata de se incorporar elementos da ciência contemporânea simplesmente por conta de sua importância instrumental e utilitária [...] e sim, de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada” (BRASIL, 1999, p.209).

Um elemento que vem recebendo relevante reprovação no âmbito educacional é a forma com que os conteúdos de Física vêm sendo explorados em salas de aulas, apresentando um currículo obsoleto, descontextualizado e enfatizado de maneira exagerada o formalismo matemático, deixando assim, o aluno distante e cada vez mais desinteressado pelo saber dessa disciplina. Essas críticas aparecem, por exemplo, nos PCNs:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, privilegiando a teoria e a abstração e insistindo na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pelo mecanismo da memorização e não pela construção do conhecimento das competências adquiridas (BRASIL, 1999, p.229).

Os documentos vigentes da política educacional destacam que o ensino de Física vai além de fórmulas e exercícios repetitivos, sendo esse conhecimento parcela importante para a formação de um cidadão contemporâneo, onde o educador deve suscitar um ensino da Física que vise a formação cidadã, dando uma nova visão de mundo, na prática: “trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p.59).

Em relação à área da Física, os PCN+ trazem orientações para que o professor alinhe sua prática pedagógica em direção à nova política educacional proposta introdutoriamente pela LDB de 1996, onde asseguram que a Física deve ser pensada como um meio e não como um fim em si mesmo. Não basta informar de maneira mecânica tópicos de Física, mas salientar de maneira objetiva e eficaz que esse conhecimento é essencial na compreensão do mundo tecnológico que vivemos. Dessa forma, temos que estar ciente que “o conhecimento a ser apreendido em Física não se reduz apenas a uma dimensão pragmática, de um saber imediato, mas que devem ser concebidas dentro de uma concepção humanista” (BRASIL, 2002, p.61).

Outra vertente a destacar é a busca por um Ensino de Física contextualizado, onde se torna fundamental que o professor reflita sobre a sua prática pedagógica e mude a sua postura diante das novas exigências da sociedade atual. É comum, nas aulas de Física, os alunos trazerem discussões sobre assuntos que leram ou ouviram em revistas, jornais e telejornais, por serem mais atuais e estarem presentes no seu cotidiano, despertando um interesse maior pelo saber dessa ciência.

Priorizar a contextualização é considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade, seus problemas e indagações que movem sua curiosidade. Diante desse fato, reforça-se a necessidade de uma reflexão a respeito da prática docente no ensino de Física em nossas escolas, onde uma direção é oferecida pelos (PCNs), que estabelecem o seguinte:

O tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de expectador passivo. Se bem trabalhado permite que, ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade. (BRASIL, 2002, p.91).

Os alunos não podem mais concluir o Ensino Médio preparado em apenas aplicar fórmulas matemáticas, precisamos apresentar-lhes uma nova Física. Então, nessa linha de raciocínio encontramos embasamento suficiente nos PCNs para mudar o formato que essa disciplina tem sido apresentada no ensino regular, “o aprendizado da Física promove a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, mais ampla do que nosso entorno material imediato, capaz, portanto de transcender nossos limites temporais e espaciais” (PCN, 1999, p.229).

No século XXI, sabemos que a educação precisa ser repensada, sendo urgente apresentar um novo modelo para o Ensino da Física, que não fique exclusivamente em aulas expositivas e sem nenhuma conexão com o cotidiano do aluno, mas que venha contribuir de maneira significativa na formação do educando. Desse modo “não se trata, portanto, de elaborar novas lista de tópicos de conteúdo, mas, sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões” (BRASIL, 1999, p. 230).

Outro fator importante é o descompasso entre a Física da sala de aula e com a Física do mundo real, onde nossos alunos que utilizam tecnologias praticamente a todo instante, como telefone celular, a música em mp3, os computadores, a internet, DVD players, TV de plasma, micro-ondas, porém, ainda é ignorada no âmbito escolar, prevalecendo o ensino tradicional, embora os PCNs preconizem que:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão que envolve, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. (PCN+, 2002, p. 59).

Portanto, verificamos que a inserção da FMC no currículo de Física do Ensino Médio está presente nos documentos vigentes da política educacional brasileira, porém a maior parte dos alunos das escolas públicas, ainda não é contemplada com esse ramo da Física.

3.3 A NECESSIDADE DO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Em nosso país, segundo Alvetti (1999), desde a década de 70 vem sendo desenvolvida pesquisas voltadas para novas perspectivas curriculares, sendo que a inserção da Física Moderna na educação básica é uma das vertentes analisadas. Segundo Oliveira *et al* (2007), pesquisas indicam a necessidade de introduzir conceitos de Física Moderna e Contemporânea e atualização curricular no Ensino Médio.

Os estudos relacionados ao ensino de Física demonstram que a maioria das escolas públicas não tem acompanhado os avanços científicos e tecnológicos ocorridos nas últimas décadas. De acordo com Moreira (2004), a Física é considerada uma matéria

difícil na escola, onde a ênfase excessiva a fórmulas e exercícios mecânicos que primam pela memorização são pontos a serem revistos pelos professores, havendo necessidades de mudanças metodológicas e curriculares que são fundamentais para acompanhar a evolução que acontece no mundo.

Para Delizoicov e Agnotti (1992):

Uma forma de se minimizar a apresentação da Física como produto acabado é a discussão das limitações e adequações dos modelos e teorias, e também a relação do conhecimento físico com evolução histórica das sociedades – uma vez que, de um lado ele a altera e de outro, por ela é alterado (DELIZOICOV; AGNOTTI 1992, p. 24).

Os estudos deixam evidentes que a FMC deve ser trabalhada no Ensino Médio, contudo sabemos que muitos professores não a ensinam, entre outros motivos, por não se sentirem aptos a ensinar esse ramo da Física, pois em sua formação inicial de licenciatura não lhe foi proposto tal procedimento. Apresentar a Física Moderna e Contemporânea deve possibilitar aos estudantes uma visão de ciência em construção, em constante evolução. Talvez o grande desafio dos trabalhadores da educação seja usar metodologias adequadas, sendo nesse sentido relevante trazer conteúdos atuais para a sala de aula.

Segundo Kessler (2008), a Física Quântica possibilitou a construção de computadores e todo um arsenal de acessórios concretizados a partir dessa teoria. Além do mais, as descobertas dessa parte da Física são cruciais para a recente nanotecnologia, cujo domínio é fundamental para o avanço tecnológico. As novas descobertas na Física Quântica também permitiram avanços na Biologia, com uma maior compreensão de mecanismos moleculares essenciais em processos biológicos.

Diante da constatação das mudanças que ocorreram no conhecimento humano a partir das revolucionárias descobertas da Física no século XX, e sua influência no atual panorama mundial, é de fundamental importância o ensino da Física Moderna no Ensino Médio. Assim, é necessário levar ao conhecimento dos alunos os modelos teóricos básicos da Física Relativística e da Física Quântica, possibilitando uma melhor compreensão da realidade científica e tecnológica da humanidade.

É difícil avaliar a profundidade da revolução introduzida pela Física Moderna, mas a Relatividade e a Teoria Quântica estão definitivamente influenciando áreas tão diferentes como a saúde e a economia, como podem ser comprovadas pelo número crescente de publicações destes segmentos com nomes exóticos envolvendo a Física (ROCHA FILHO, 2004, p. 24).

Outra razão seria o fato de que conteúdos atuais, principalmente os de Física Contemporânea, possibilitam aos estudantes uma leitura da sociedade contemporânea, como por exemplo, o desenvolvimento tecnológico que a Física permitiu e permite.

Assim, a carência de formação e informação nesta área torna necessário que os professores estejam inseridos num programa de formação continuada que contemple este tópico.

Para Veit e Teodoro (2002), as mudanças nas escolas ocorrem de maneira lenta, onde as questões curriculares dão ênfase a aprendizagem mecânica, mas isso pode ser revertido se as escolas tiverem acesso a novas visões de ensino e novas ferramentas para tornar o ensino-aprendizagem mais eficaz e significativo.

Terrazzan (1994), tendo em vista o panorama sociocultural e produtivo do final do século passado, defende e discute a necessidade de os currículos de Física no Ensino médio abordar como proposta curricular a FMC, como formação contemporânea da cidadania. Nessa perspectiva, o ensino da Física no Ensino Médio não pode privilegiar uma formação que apenas prepare para a universidade, mas sim, que prepare o indivíduo para compreender o mundo que o rodeia. Nesse sentido, Valadares e Moreira (1998) asseguram que é necessário resgatar o interesse dos alunos pela Física, pois o seu estudo permite uma compreensão básica da natureza, além de desenvolver nos estudantes uma série de habilidades que podem ajudar na formação de cidadão.

A mudança tecnológica do mundo contemporâneo exige a necessidade de englobar conhecimentos de FMC, pois o surgimento da Física Moderna segundo Melhorato e Nicoli (2012) possibilitou a compreensão de muitos fenômenos em que a física clássica falhava.

A discussão sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio vem sendo realizada já há muito tempo por especialistas em ensino, visto ser o seu entendimento fator primordial para a formação de indivíduos que devem atuar em uma sociedade decorrente dos avanços tecnológicos, provenientes de descobertas científicas (CAVALCANTE, 1999).

Para Pinto e Zanetic (1999), é preciso transformar o ensino de Física tradicionalmente oferecido por nossas escolas em um ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna, não como uma mera curiosidade, mas como uma

Física que surge para explicar fenômenos que a Física Clássica não explica, constituindo uma nova visão de mundo.

A abordagem da Física Moderna e Contemporânea atual no nível intermediário seria relevante para que o aluno pudesse interagir e compreender o mundo atual. É como defende Pereira e Aguiar (2006):

Incluir tópicos de física moderna no currículo do ciclo básico, de forma sistemática e experimental, desenvolver-se-ia no aluno a capacidade de observação e de análise de questões cotidianas relacionadas à física, e se promoveria neles uma conscienciosa reflexão sobre fatos atuais e sua explicação por meio de conceitos. (PEREIRA; AGUIAR, 2006, p. 66).

No entanto, a presença da Física do Século XX em nosso cotidiano ainda não é contemplada no ensino intermediário de maneira efetiva pelos alunos, sendo um desafio para os professores buscar novos métodos e expor conteúdos que expressam a realidade do mundo contemporâneo. Podemos constatar através dos estudos realizados por Morais e Guerra (2013), Osterman (2000) e Domingui (2012), que certificam que os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea continuam praticamente ausentes da Educação Básica, deixando os educando cada vez mais distantes da realidade que vive.

Nessa mesma premissa, analisamos o estudo feito por Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), que afirmam que as escolas enfrentam obstáculos cruciais para inserir a Física Moderna na educação básica devido a uma série de fatores tais como: um currículo engessado e descontextualizado, práticas obsoletas, falta de formação continuada para os professores e uma carga horária reduzida das aulas.

Ainda a respeito, podemos verificar que segundo Cavalcante, Bonizzia e Gomes (2009):

(...) apesar desta grande revolução tecnológica, as salas de aula da grande maioria das escolas brasileiras ainda estão bem distantes deste universo e o ensino de física ainda continua desconectado deste mundo tão fascinante que nos cerca. (CAVALCANTE, BONIZZIA E GOMES, 2009, p.4501-2).

Nesse sentido, podemos constatar com clareza através da pesquisa realizada por Araújo e Abib (2003) que o ensino de FMC praticamente não é contemplado por nossos alunos, onde os autores fizeram uma análise em 106 artigos publicados na década compreendida entre 1992 e 2001, com objetivo de verificar quais áreas de conhecimento apareciam com mais frequência. Os dois periódicos de ensino de Física nacionais analisados foram o Caderno Catarinense de Ensino de Física e a Revista Brasileira de

Ensino de Física. Os resultados foram os seguintes: Mecânica com 30,4%, Óptica com 22,8%, Eletricidade e o Magnetismo com 20,7% e Física Moderna com 7,6%.

No entanto, a aplicação da FMC na Educação Básica não é consensual, pois segundo Parente et al (2014) o estudo da Física Moderna no Ensino Médio é contestado por muitos devido à complexidade de alguns conceitos novos e a matemática envolvida. Mas, Ostermann e Moreira (2000) apresentam diversas justificativas para tal inserção, dentre elas, se destacam: reconhecer a Física como um empreendimento humano, despertar a curiosidade dos alunos, apresentarem a pesquisa (atual) em Física, atrair os jovens para a carreira científica, contribuir para uma compreensão da Ciência e da natureza do trabalho científico.

Vivemos uma época de grandes transformações, onde o mercado de trabalho exige cada vez mais pessoas qualificadas e informadas, sendo tarefa primordial ao educador buscar alternativas que torne o ensino-aprendizagem de Física significativa para o educando. Pois, de acordo com Valadares e Moreira (1998), é imprescindível que o estudante do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional.

Pesquisas indicam que é primordial que os professores trabalhem nas aulas de Física com conteúdo de FMC. Assim, podemos observar que existe uma constante preocupação de vários especialistas da educação em introduzir tópicos da FMC como destaca Cavalcante e Tavolaro (2001):

A questão de introdução de FMC no ensino médio tem sido abordada por muitos pesquisadores na área de ensino, visto que o seu entendimento aparece como uma necessidade para compreender os fenômenos ligados a situações vividas pelos estudantes sejam de origem natural ou tecnológica (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2001, p. 298).

Segundo Canato Jr. (2003), a Inglaterra e alguns países do Reino Unido sofreram em 2000, mudanças curriculares. Desde setembro desse ano, os cursos de Advanced level (A-level)⁷ foram divididos em duas partes correspondentes a dois exames de qualificação, sendo que em ambos os exames, a FMC aparece como conteúdo fundamental.

Lobato e Greca (2005) fizeram uma análise das grades curriculares de vários países para verificar a abordagem de FMC no ensino médio. Foram analisadas as grades curriculares dos seguintes países: Portugal, Espanha, França, Reino Unido, Dinamarca,

Suécia, Canadá, Austrália, Itália e Finlândia. Os temas de FMC encontrados nesse estudo são: quantização e a constante de Planck, dualidade onda-partícula, princípio de incerteza, física atômica e nuclear, física de partículas, efeito fotoelétrico e modelos atômicos.

Gil e Solbes (1993 apud. OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p.5) defendem que a inserção da Física Moderna e contemporânea deve apoiar-se na investigação dos limites clássicos, pois tal percepção deverá evitar concepções alternativas, pois devem ser destacadas as diferenças irreconciliáveis que existem entre a Física Clássica e a Física Moderna. Uma das conclusões a que os autores chegaram é de que a possibilidade de introduzir conceitos básicos de Mecânica Quântica no Ensino Médio deve surgir quando se fizer uma abordagem construtivista, pois esta deverá promover uma mudança conceitual.

Assim, é urgente a reformulação dos currículos de Física no Ensino Médio que traga um maior aprimoramento dos conhecimentos dos alunos com as novas tecnologias. Concordando com Gil *et al* (1987, apud. OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p.5) acreditamos que o ensino de Física Moderna e Contemporânea a alunos da educação básica se reveste de grande importância, uma vez que a introdução de conceitos atuais de Física pode contribuir para dar uma imagem mais correta desta ciência e da própria natureza do trabalho científico. Ainda a esse respeito, podemos observar segundo Ostermann (1998), em nível internacional, entre físicos e professores de Física, a necessidade de inserir no ensino médio, assuntos de Física Contemporânea nos currículos de física escolar.

No processo educativo, o desafio para o professor é conseguir contextualizar os temas curriculares de modo a manter os alunos interessados e participativos, envolvendo-os e tornando-os parte ativa do aprendizado coletivo. É fundamental que os professores sempre estejam atualizados e preparados para enfrentar as diversas realidades que a sala de aula pode proporcionar. Para tanto, devem estar permanentemente inseridos em programas de formação continuada.

Assim, é de suma importância a inserção de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio, visando contribuir de maneira eficaz na alfabetização científica e formação tecnológica de nossos estudantes. Portanto, faz-se necessária a mudança na forma de

ensinar Física, onde a busca por novos métodos inovadores e uma alteração na questão curricular são pontos a serem revistos.

3.4 PROPOSTAS DE ABORDAGENS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Diante da proposta de englobar conhecimentos de FMC na educação básica, foi possível identificar vários trabalhos pioneiros que defendem essa inserção.

Ostermann e Cavalcanti (1999) apresentaram um pôster (Fig.1) sobre partículas elementares e interações fundamentais. Desenvolvido para facilitar a inserção desse tema no Ensino Médio, o pôster colorido, elaborado em tamanho A1 (84,1 cm X 59,4 cm) pode ser usado como estratégia pedagógica na formação inicial e continuada de professores. O trabalho menciona a informação a respeito das quatro interações fundamentais da natureza (gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca), além das propriedades da matéria (cor, carga, massa), classificação das partículas elementares (quarks, léptons e partículas mediadoras) e combinações das mesmas (hádrons: bárions e mésons).

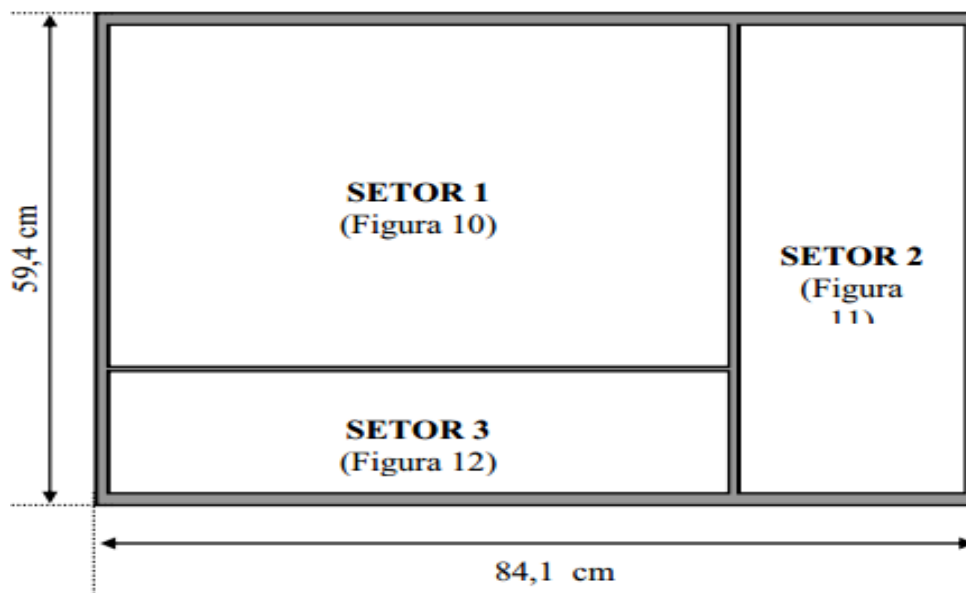


Figura 1 - Estrutura espacial do pôster segundo os seus setores.

Cavalcante e Tavolaro (2001) desenvolveram uma oficina de FMC que visa sua inserção no Ensino Médio. Utilizando simulações computacionais (Fig.2) e experimentos de baixo custo (Fig.3), as autoras apresentam ao longo da oficina uma revisão sobre óptica ondulatória e ondas eletromagnéticas, além de atividades envolvendo o efeito fotoelétrico, a observação de espectros contínuos.

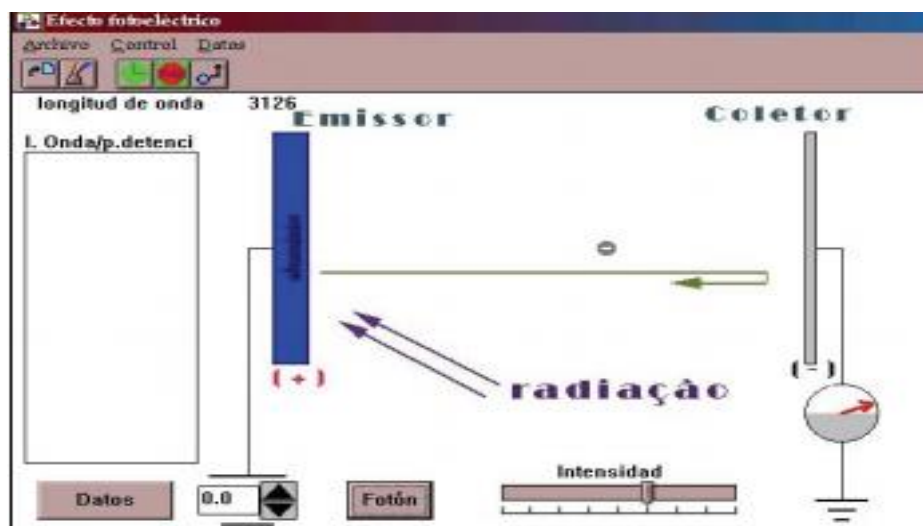


Figura 2 – Efeito Fotoelétrico

De acordo com a (Fig.2), para se determinar a energia máxima do elétron emitido, devemos aplicar uma diferença de potencial, para frear totalmente o elétron. A energia é proporcional a diferença de potencial aplicada. Para uma melhor compreensão sobre o Efeito Fotoelétrico, utilizou-se alguns softwares disponíveis na internet em java que permitem mostrar a dependência da energia cinética dos elétrons emitidos com a frequência da luz incidente.



Figura 3 – Espectros Contínuos

De acordo com a (Fig.3), observamos o espectro contínuo em forma de anéis (filtros vermelho, verde e violeta) de uma lanterna com uma lâmpada de filamento, onde o CD decompõe a luz e a lupa serve para projetar o espectro.

Melhorato e Nicole (2012) apresentam a construção de um experimento (Fig.4) de baixo custo e materiais bastante acessíveis para demonstrar conceitos essenciais de quantização de energia, modelo corpuscular da luz e condução de eletricidade em sólidos aos alunos do terceiro ano de Ensino Médio, auxiliando de forma significativa na exploração de tópicos da Física Moderna. O modelo construído é uma proposta que poderá ser usado pelo docente. O trabalho que foi intitulado como: “ Da física clássica à física moderna: o simples toque de uma sirene”, é apenas uma forma de realizar uma transposição didática no que diz respeito à Física Moderna.



Figura 4 - Imagem do Experimento “O simples toque de uma sirene”

O funcionamento desse experimento ocorre que após ligar os carregadores de celular á rede elétrica, na ausência de luz, não se observa nenhuma corrente no circuito. Deste modo, a sirene não dispara, pois o LDR, como a própria sigla sugere (Light Dependent Resistor), é um resistor cuja resistência varia com a intensidade da luz, impedindo a passagem da corrente elétrica. Bombardeando-se a área do LDR com fótons provenientes de um laser, ocorre o fenômeno de absorção de energia dos fótons pelos elétrons, sendo estes deslocados da banda de valência para a banda de condução possibilitando assim a fluidez da corrente elétrica no circuito e, por conseguinte, a emissão de som pela sirene.

Arruda e Toginho Filho (2004) desenvolveram um laboratório caseiro de Física Moderna utilizando materiais de baixo custo. Entre as montagens descritas no texto, destacam-se os experimentos com lâmpada comercial de vapor de mercúrio, tais como o espectro de mercúrio (Fig.5) e o efeito fotoelétrico (Fig.6).

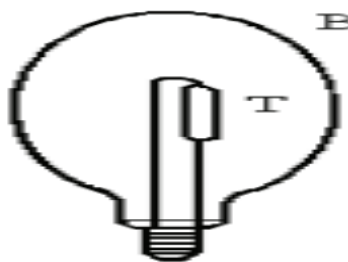


Figura 5 - Lâmpada de Mercúrio

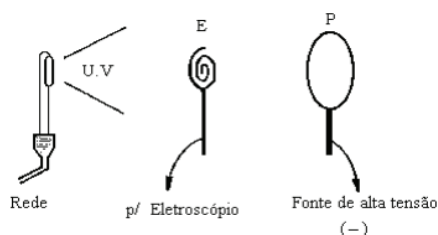


Figura 6 – Efeito Fotoelétrico

Machado e Nardi (2006) avaliaram em um curso de extensão para alunos do terceiro ano do Ensino Médio um software educacional sobre temas de FMC. Trata-se de um hipertexto (constando 23 textos) onde se verifica a integração do som, movimento, textos e links que possibilita a leitura e compreensão de texto complexo com a integração de diferentes modalidades de mídia, dentre as quais gráficos, imagens, desenhos animados, filmes, sons e música, em um único meio: o computador. O material é organizado com base na aprendizagem significativa, envolvendo organizadores prévios. Os resultados da avaliação mostraram que o uso do computador foi fator de motivação, a variedade de recursos de mídia favoreceu a visualização e a interpretação dos fenômenos abordados e a estruturação do hipertexto foi um elemento facilitador da aprendizagem.

Outra maneira de abordar FMC é sugerida por Borges (2002) que através de modelos computacionais e apresentação de figuras, aplica o ensino desse ramo da Física, sem a utilização de laboratório, levando em conta a realidade de muitas escolas que não possuem desse recurso didático.

Um trabalho na mesma linha foi apresentado por Cavalcante et al. (2001) que usa a internet na compreensão de temas de Física Moderna para o Ensino Médio. De acordo com os autores, esta abordagem permite aos professores de Física e Química

trabalharem de forma interdisciplinar, mostrando a interligação entre o conteúdo desenvolvido com as diferentes áreas do saber.

Cavalcante, Jardim e Barros (1999) propõem a construção de um espectroscópio caseiro (Fig.7) que utiliza um CD para decompor a luz em suas frequências características, demonstrando o uso de uma rede de difração. A partir da demonstração, são introduzidos tópicos de Física Moderna relacionados. Tal trabalho configura-se como uma de muitas estratégias que funcionam como facilitadores do processo de ensino aprendizagem e viabiliza a discussão de conteúdos relacionados a características da luz, difração, comportamento dual da luz e até mesmo pode suscitar discussões como o efeito fotoelétrico.



Figura 7 - Espectroscópio caseiro

Ainda a esse respeito, podemos também mencionar o trabalho de Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998) onde os autores mostram um texto dirigido a professores de Física do Ensino Médio com o objetivo de tratar um tópico de Física Contemporânea – supercondutividade – não só no contexto dos conteúdos trabalhados na escola média, mas também a partir de temas não abordados nesse nível de ensino.

Caruso e Freitas (2009) apresentam uma proposta educacional através de histórias em quadrinhos (Fig.08), que pode ser utilizado por professores na educação básica como estratégia pedagógica na abordagem da Física Moderna de maneira lúdica e divertida. Porém, de acordo com a (Fig.08) os autores citam que Einstein descobriu a relatividade, no entanto ele não descobriu e sim formulou a teoria.



Figura 8 - Histórias em quadrinhos abordando Física Moderna

Andrade, Nascimento e Germano (2007) procuram identificar através das obras do pintor espanhol Salvador Dalí (Fig.09) elementos que estejam relacionados à Física Moderna em seus trabalhos. Os autores nesse trabalho buscam aproximação entre ciência e arte, e ao mesmo tempo contribuem para o desenvolvimento de um ensino interdisciplinar de Física no Ensino Médio e na formação de professores. O quadro a persistência da memória talvez seja o trabalho de Salvador Dalí mais relacionado à Teoria da Relatividade, segundo os autores.



Figura 9 - A persistência da memória de Salvador Dalí (1931).

A persistência da memória (Fig.09) talvez seja o trabalho de Salvador Dalí mais relacionado à Teoria da Relatividade. O tema do quadro, segundo Garcia (2001), é o tempo, representado pelos três relógios. Os relógios apresentam-se macios, flexíveis, maleáveis, parecendo fluir pela superfície onde estão postos. Essa fluidez ou maleabilidade dos relógios é relacionada à noção de dilatação do tempo da Teoria da Relatividade Restrita. É importante salientar que a noção de dilatação de tempo na

Relatividade Restrita é uma propriedade do espaço-tempo e não um efeito no mecanismo dos relógios. Quem amolece é o próprio tempo, e não os relógios.

Rodrigues (2011) apresenta uma proposta de abordar Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio. Neste trabalho são discutidas as potencialidades da inserção da FMC no ensino médio, dando especial ênfase ao ensino desse tópico da Física Moderna por meio do estudo e explicação do GPS (sistema de posicionamento global). A pesquisa procurou desenvolver no Ensino Médio conteúdos que tradicionalmente não são trabalhados neste nível de ensino, buscando aproximar os alunos de situações do cotidiano e que estão relacionadas com exemplares tecnológicos.

Ostermann e Ricci (2002) fizeram uma consulta em livros didáticos de Física para o Ensino Médio para verificar se a Física Moderna era contemplada pelos alunos. A pesquisa revelou que a relatividade restrita simplesmente não é abordada na maioria das obras. Quando o tema é introduzido, deixa a desejar, pela falta de aprofundamento. Essa análise também foi importante para constatar o quanto é longo o caminho a ser trilhado até que os temas da Física do século XX sejam discutidos amplamente nos livros.

Ostermann e Ricci (2004) realizaram um trabalho que discute dois conceitos amplamente difundidos em livros didáticos de Ensino Médio que abordam a Relatividade Restrita: massa relativística e equivalência massa-energia. Como resultado desse estudo, foi possível constatar que a massa relativística é introduzida como sendo um conceito fundamental da Relatividade Restrita, quando, de fato, é uma noção inadequada e que, portanto, não deveria ser abordada, pois essas obras frequentemente interpretam de forma errônea o significado desse tema.

Pinto e Zanetic (1999) programaram uma proposta em aulas da segunda série do Ensino Médio da cidade de Guarulhos, SP, embasada nos perfis epistemológicos de Bachelard, sobre o conceito de luz. Durante 12 aulas foram abordadas diversas formas do conhecimento científico, destacando a descrição histórica da luz (desde as formas pré-científicas até a descrição quântica), o aspecto filosófico (os perfis epistemológicos: animismo, realismo, racionalismo e ultra racionalismo), as atividades experimentais (efeito fotoelétrico e utilização do interferômetro de Mach-Zehnder) e atividades lúdicas. Para os autores, este tipo de aula aumentou o interesse dos alunos pela Física, embora considerem que a maioria dos alunos aprendeu pouca Física Quântica.

Brockington (2005) apresenta uma proposta de ensino de Mecânica Quântica para estudantes do Ensino Médio. A intenção do autor era mostrar aos estudantes, a partir da Mecânica Quântica, que a Física representa a natureza a partir de modelos. A proposta foi elaborada e analisada à luz da transposição didática e aplicada em uma turma de 3ª série, com uma variação entre 30 e 32 estudantes frequentando as aulas. O autor do trabalho não aplicou a proposta, atividade que foi desenvolvida pelo próprio professor da turma escolhida.

Valadares e Moreira (1998) apresentam sugestões de introduzir no Ensino Médio tópicos de Física Moderna relacionados com o cotidiano do aluno, através de experimentos de baixo custo e com materiais acessíveis para abordar efeito fotoelétrico (Fig.10 e 11), laser (Fig.12) e emissão de corpo negro (Fig.13). Assim, faz-se necessária a mudança na forma de ensinar física, e espera que essa metodologia educacional através dos experimentos contribua de forma positiva no desenvolvimento do educando.

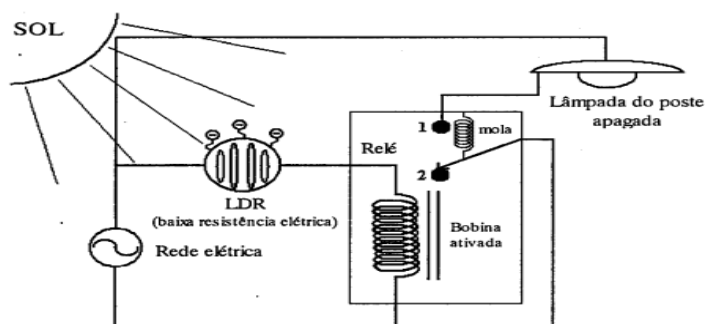


Figura 10 - Experimentos abordando o efeito fotoelétrico

Durante o dia a luz do sol promove no LDR elétrons ligados a elétrons livres, conforme na (Fig.10). A resistência elétrica no LDR se torna mais baixa e a corrente atravessa a bobina, gerando um campo magnético, como se fosse um ímã. A chave do relé é então atraída para a posição 2, impedindo que a corrente elétrica passe pelo filamento da lâmpada.

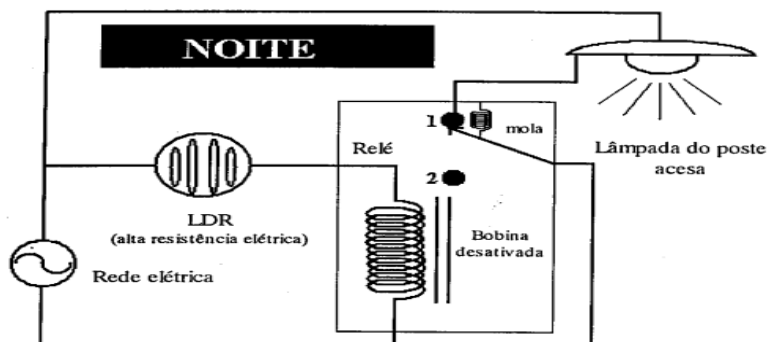


Figura 11 - Experimentos abordando o efeito fotoelétrico.

À noite, a resistência do LDR é alta pois a luz solar não está presente, impedindo que a corrente elétrica atravessa a bobina, que deixa de atuar como imã, de acordo com a (Fig.11). A mola obriga então que a chave do relé passe para a posição 1, acionando a lâmpada, que se apagará automaticamente no dia seguinte.

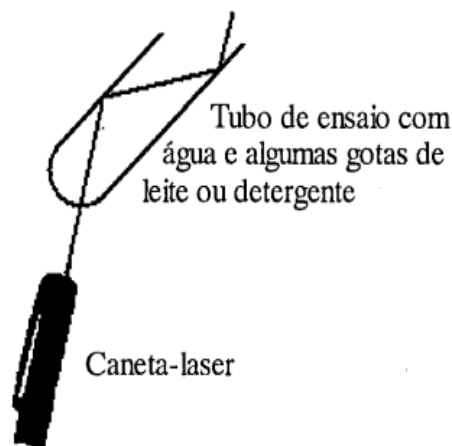


Figura 12 - Experimento abordando o laser

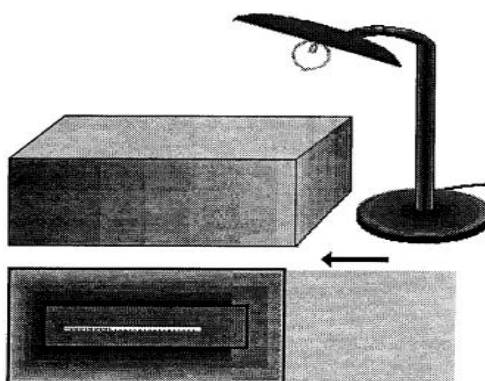


Figura 13 - Experimento sobre emissão de corpo negro

Silva e Assis (2012), na perspectiva de contribuir para o ensino-aprendizagem da Física Moderna na Educação Básica de maneira significativa e eficaz, propõem um experimento confeccionado com materiais de baixo custo, abordando o efeito fotoelétrico. O uso do experimento “ouvindo o som do controle remoto” (Fig.14) serve para elucidar esse tópico da Física Moderna, retratando sua aplicabilidade no cotidiano do aluno, despertando no educando um interesse maior pelo aprendizado da Física. Além disso, a utilização do experimento é uma ferramenta metodológica que torna alguns conceitos abstratos da Física Moderna, em conhecimentos mais acessíveis ao aluno.

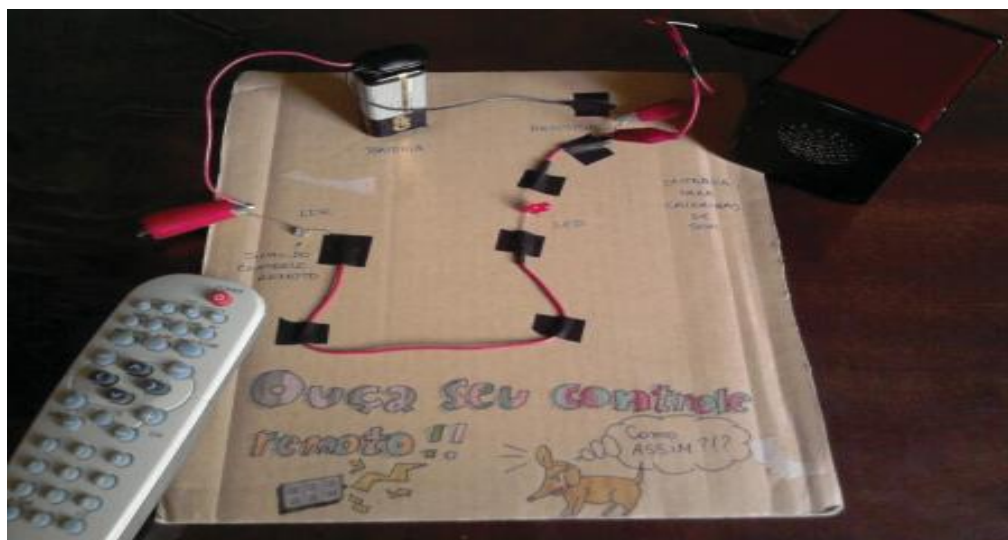


Figura 14 - Circuito montado do experimento “Ouçe seu controle remoto!”

Para testar o funcionamento do experimento da (Fig.14), basta iluminar o LDR com um laser, se o LED acender, é por que está tudo conectado corretamente. Senão, verifica-se as ligações e a polaridade do LED, pois pode ocorrer de estar trocada ou que algum fio não esteja ligado de forma adequada.

No teste de som, conecte as caixinhas de som ao circuito, e incida o infravermelho no LDR, usando um controle remoto de televisão. Caso esteja ligado corretamente, o som do controle remoto ficará semelhante ao som de um helicóptero, devido ao fato de o infravermelho do controle ser pulsado.

Então, podemos notar através dos trabalhos mencionados que existem várias maneiras de inserção da FMC na Educação Básica. Cabe ao educador planejar qual trabalho está de acordo com sua realidade escolar e pôr em prática.

4 ABORDAGEM DOS TÓPICOS DE FMC DA PROPOSTA DIDÁTICA

Neste capítulo apresentaremos alguns tópicos sobre conceitos de Física Moderna e Contemporânea. Como temos uma grande variedade de conceitos, definições e abordagens, nos restringiremos aos que estão, de certa forma, envolvidos com o cotidiano do educando. Tais como: Radiação de Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico e Espectroscopia. Esses tópicos, também, darão o reforço conceitual necessário para a proposta didática do nosso trabalho.

4.1 CORPO NEGRO

Um corpo negro é um sistema ideal que absorve toda a radiação que nele incide. Na prática ele pode ser materializado por uma cavidade com uma abertura muito pequena, como por exemplo, os fornos de uma indústria siderúrgica.

Os primeiros passos nesta direção foram dados pelo físico Max Karl Ernest Ludwig Planck (Fig.15) em 1900, onde apresentou à Sociedade Alemã de Física seu trabalho sobre radiação do corpo negro. Essa data é considerada como sendo a do nascimento da Física Quântica. Para conseguir solucionar o problema, Planck considerou a energia total como uma quantidade composta de partes iguais, discretas e finitas e não como uma quantidade contínua como se pensava classicamente. Ele chamou essas partes iguais de “elementos de energia”, onde a energia total era um múltiplo inteiro dessas quantidades. Planck supôs que a energia E a frequência ν fossem proporcionais:

$$E = h \cdot \nu \quad (1)$$

onde h é uma constante de proporcionalidade que ficou conhecida como constante de Planck, cujo valor foi obtido posteriormente $6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$



Figura 15 - Max Planck (1858-1947)

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Max_Planck

A superfície de um corpo negro é um caso limite, em que toda a energia incidente do exterior é absorvida, e toda a energia incidente do interior é emitida, ou seja, o corpo negro é um emissor e absorvedor perfeito de luz (Fig. 16).

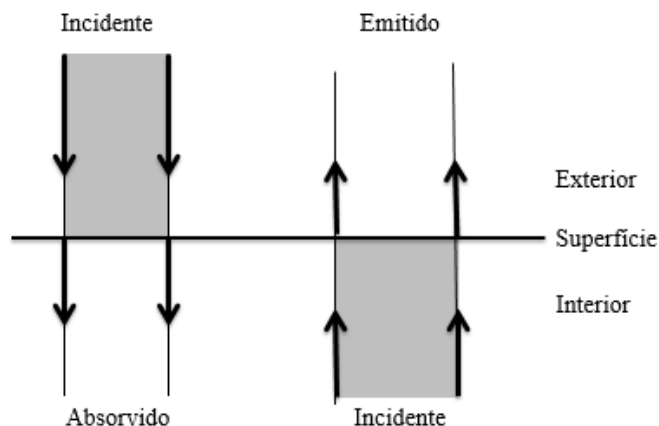


Figura 16 - Diagrama da radiação incidente e a parte absorvida e refletida pelo corpo.

Fonte: <http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm>

Um corpo negro pode ser substituído com grande aproximação por uma cavidade com uma pequena abertura. A energia radiante incidente através da abertura é absorvida pelas paredes em múltiplas reflexões e somente uma mínima proporção escapa (se reflete) através da abertura (Fig. 17). Podemos, portanto, dizer que toda a energia incidente é absorvida.

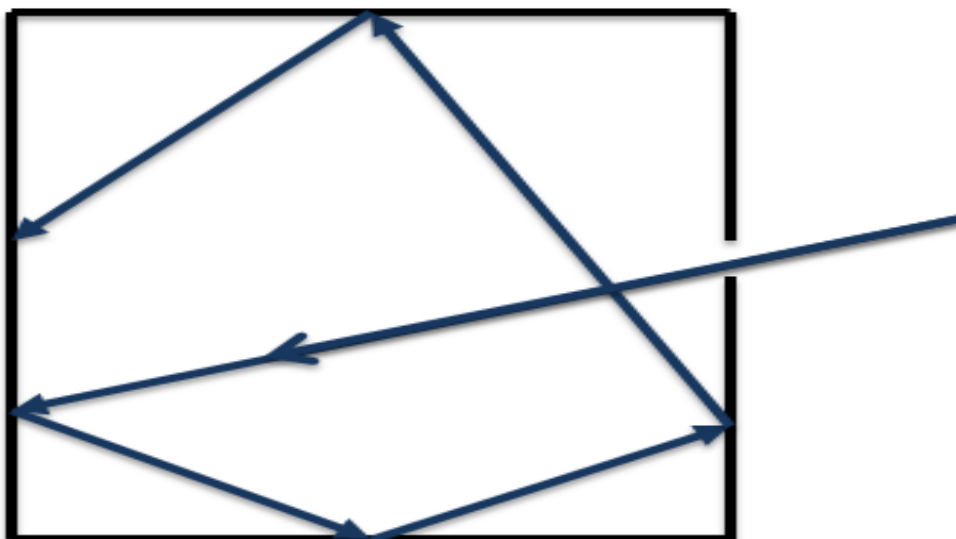


Figura 17 - Cavidade de um corpo negro.

Fonte: <http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm>

4.2 A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

Todo corpo emite radiação eletromagnética, devido à temperatura, chamada de radiação térmica. Podemos constatar a existência da radiação térmica ao nos aproximar de uma brasa incandescente. Mesmo se o ar ao nosso redor estiver frio, percebemos um aquecimento da nossa pele. Nesta situação, a maior parte do calor que nos atinge não se propaga por convecção no ar, e sim na forma de radiação eletromagnética.

A distribuição do espectro de radiação, a uma dada temperatura, ocorre de forma contínua para uma larga faixa de comprimentos de onda ou frequências, atingindo um máximo de intensidade. À medida que a temperatura aumenta esse máximo desloca-se para comprimentos de onda cada vez menores, como mostrados na (Fig.18). Isto é, se a temperatura do corpo aumenta, a intensidade da radiação se eleva cada vez mais.

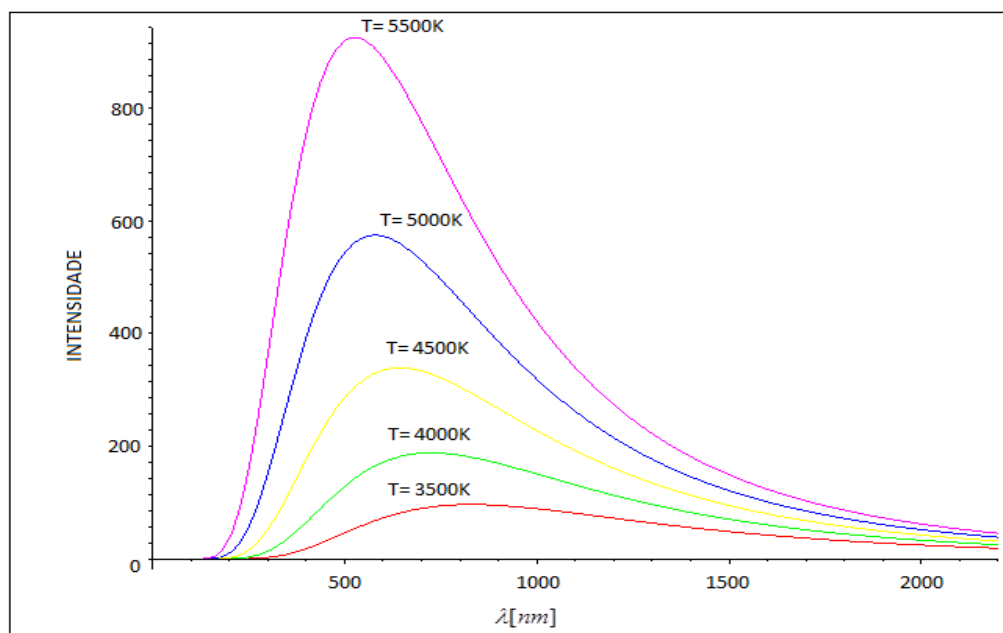


Figura 18 - Intensidade da radiação do corpo negro em função do comprimento de onda λ em quatro temperaturas.

Fonte: http://www.dca.iag.usp.br/www/material/akemi/fisicaII/apostila_cap_02.pdf

O espectro da radiação depende da forma e da composição do corpo. Contudo, existem corpos que emitem espectros térmicos de caráter universal, isto é, que dependem apenas da temperatura. Esses corpos são chamados de corpos negros, ou seja, são capazes de absorver toda a radiação incidente sobre eles.

4.3 LEIS RELATIVAS À RADIAÇÃO NO CORPO NEGRO

Nesta seção apresentaremos as leis relativas a Radiação de Corpo Negro.

4.3.1 Lei de Kirchhoff

Para manter o equilíbrio radiativo e térmico do corpo, a radiação absorvida por cada unidade de área do corpo deve ser igual à radiação que cada unidade emite em determinado comprimento de onda. Denotando-se por πB_λ o fluxo constante de radiação por unidade de área (irradiância), disponível dentro do corpo, tem-se:

$$\mathcal{E}_1(\lambda) = a_1(\lambda)\pi B_\lambda; \mathcal{E}_2(\lambda) = a_2(\lambda)\pi B_\lambda; \dots; \mathcal{E}_n(\lambda) = a_n(\lambda)\pi B_\lambda \quad (2)$$

onde $\mathcal{E}_1(\lambda), \mathcal{E}_2(\lambda), \dots, \mathcal{E}_n(\lambda)$ são as irradiâncias emitidas por cada porção das paredes do corpo e $a_1(\lambda), a_2(\lambda), \dots, a_n(\lambda)$ são as absorvâncias espectrais de tais porções a uma determinada temperatura de equilíbrio e comprimento de onda. Dessa forma:

$$\frac{\mathcal{E}_1(\lambda)}{a_1(\lambda)} = \frac{\mathcal{E}_2(\lambda)}{a_2(\lambda)} = \dots = \frac{\mathcal{E}_n(\lambda)}{a_n(\lambda)} = \pi B_\lambda = \text{constante}. \quad (3)$$

esta é uma forma da Lei de Kirchhoff que diz que a uma determinada temperatura e comprimento de onda, sob condições de equilíbrio termodinâmico, a razão entre o fluxo emitido por unidade de área e a absorvância de qualquer corpo é constante. O valor máximo possível de $a(\lambda)$ é a unidade. Por definição, um corpo negro é o que tem absorvância unitária em todos os comprimentos de onda. Portanto, a constante πB_λ é a irradiância de um corpo negro a uma determinada temperatura e comprimento de onda. Um corpo negro também emite a quantidade máxima possível de radiação em qualquer temperatura e comprimento de onda e por isso diz-se que um corpo negro é um radiador e um absorvedor perfeito de radiação. A emissividade de um corpo é definida como a razão entre a irradiância emitida pelo corpo a uma dada temperatura e comprimento de onda e a irradiância de um corpo negro sob as mesmas condições:

$$\mathcal{E}_1(\lambda) = \frac{\epsilon_1(\lambda)}{\pi B_\lambda}, \mathcal{E}_2(\lambda) = \frac{\epsilon_2(\lambda)}{\pi B_\lambda}, \mathcal{E}_n(\lambda) = \frac{\epsilon_n(\lambda)}{\pi B_\lambda}. \quad (4)$$

Finalmente, um corpo cinza é aquele para o qual a absorção e a emissão de radiação são iguais e menores que a unidade em todos os comprimentos de onda, portanto apresenta:

$$a(\lambda) = \varepsilon(\lambda) = \text{constante} < 1 \quad (5)$$

4.3.2 Lei de Planck

O modelo conceitual clássico para descrever a distribuição espectral de emissão de ondas eletromagnéticas se baseava na teoria de vibrações elásticas. Nesse modelo, as ondas estacionárias seriam geradas em um meio de comprimento finito como um resultado da interferência construtiva entre as ondas direta e refletida. Por exemplo, uma mola ou fio esticado. A vibração fundamental ocorreria em um comprimento de onda igual a duas vezes o comprimento do fio. As demais frequências ou modos de vibração são 2, 3, 4, vezes a fundamental, podendo tender ao infinito. Num sólido, a série termina quando o comprimento de onda atinge duas vezes a separação dos átomos. Utilizando esse raciocínio derivou-se a lei de radiação de Rayleigh-Jeans, na qual a densidade de energia (energia por unidade de volume, por unidade de frequência) seria dada por

$$\frac{dU}{dVdv} = \frac{8\pi kT v^2}{c^3}. \quad (6)$$

Onde k é a constante de Boltzmann ($1,3806 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$), “ T ” é a temperatura em Kelvin e “ c ” é a velocidade da luz. Entretanto, por essa lei, o aumento da frequência implicaria em aumento da energia radiante até que $\lim_{v \rightarrow \infty} U \Rightarrow U \rightarrow \infty$. Essa incoerência ficou conhecida como a “Catástrofe do Ultravioleta”. Para contornar esse problema, Planck postulou que a energia radiativa é emitida em pacotes finitos, ou quanta, e que a energia de um quantum é $h\nu$. Dessa forma, a irradiância espectral emitida por um corpo negro é descrita matematicamente pela função de Planck:

$$B_v = \frac{2h\nu^3}{c^2 [\exp(\frac{hc}{\lambda kT}) - 1]}. \quad (7)$$

Onde h é a constante de Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ Js). Essa função é limitada matematicamente ambos os extremos:

$$\frac{h\nu}{kT} \gg 1 \Rightarrow B_\nu \cong \frac{2h\nu^3}{c^2} e^{h\nu/kT}, \text{ limite de Wien para altas energias,} \quad (8)$$

$$\frac{h\nu}{kT} \ll 1 \Rightarrow B_\nu \cong \frac{2h\nu^2 kT}{c^2} \text{ limite de Rayleigh – jeans.} \quad (9)$$

espectral das micro-ondas $\lambda > 1 \text{ mm}$, e que está de acordo com o modelo clássico. Em função do comprimento de onda λ , a função de Planck pode ser reescrita como:

$$B_\nu = \frac{2hc^2}{\lambda^5 [\exp(\frac{hc}{\lambda kT}) - 1]} \quad (10)$$

A Fig. 19 ilustra os gráficos da função de Planck obtida utilizando-se diferentes valores de temperatura. Note-se que a função tende a zero para valores baixos de comprimento de onda, contornando a limitação do modelo clássico proposto por Rayleigh-Jeans.

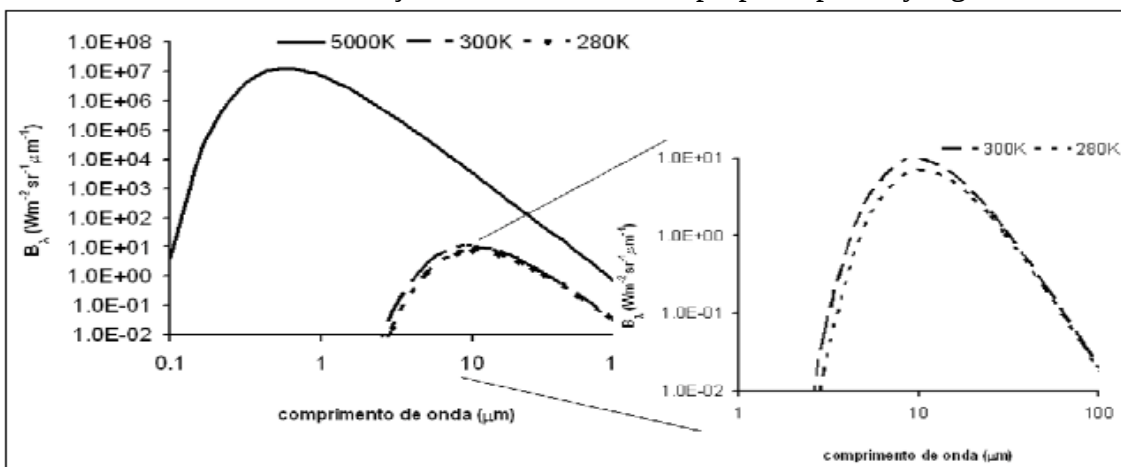


Figura 19 - Função de Planck calculada para diferentes valores de temperatura.

Fonte: http://www.dca.iag.usp.br/www/material/akemi/fisicaII/apostila_cap_02.pdf

4.3.3 Leis de Wien

Existe uma relação simples entre a temperatura do corpo e o comprimento de onda correspondente à emissão máxima do corpo, que foi traduzida por Wilhelm Wien, físico austríaco contemporâneo de Max Planck, sendo que essa relação é de

proporcionalidade inversa entre o comprimento de onda da emissão máxima e a temperatura absoluta do corpo, tal que:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{const.}{T} \quad (11)$$

Esta expressão traduz a Lei ou deslocamento de Wien, em que é uma constante de valor $2,898 \times 10^{-3} \text{ m K}$. Onde se pode constatar na Fig.20 a abordagem da grandeza inversa entre a temperatura e o comprimento de onda.

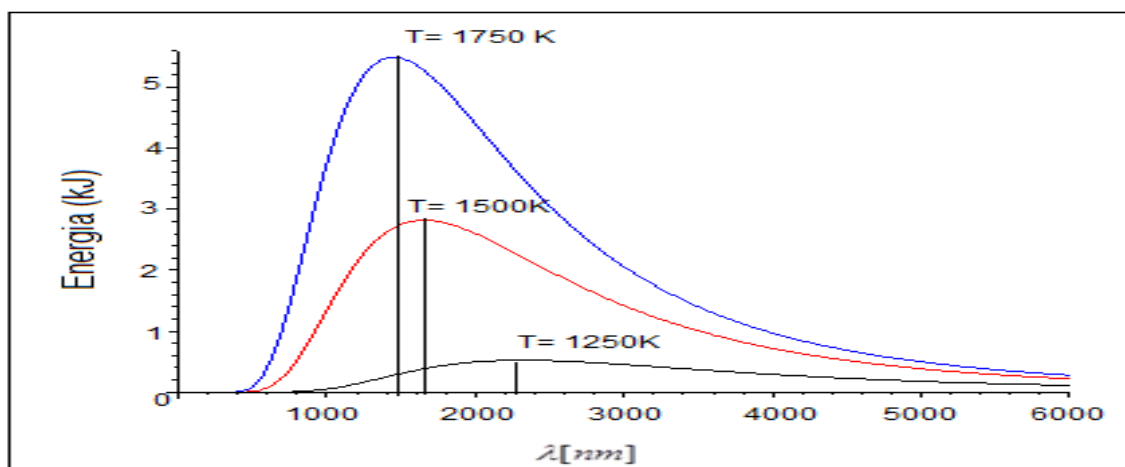


Figura 20 - Gráfico ilustrando a Lei de Wien
 Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_Wien

4.3.4 Lei De Stefan–Boltzmann

A radiância total R_T emitida por um corpo negro pode ser obtida integrando-se a função de Planck em todo o domínio de comprimento de onda:

$$R_T = \int_0^{\infty} R_{\lambda}(T) d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{2hc^2}{\lambda^5 [\exp(hc/\lambda kT) - 1]} \quad (12)$$

Com uma mudança de variável chega-se a integral:

$$R_T = \frac{2(kT)^4}{h^3 c^2} \int_0^{\infty} \frac{x^3}{e^x - 1} dx \quad (13)$$

O resultado da integral é $\pi^4/15$ e, portanto:

$$R_T = \frac{2\pi^4 k^4}{15h^3 c^2} T^4 \quad (14)$$

Como a radiação emitida por um corpo negro é isotrópica, a irradiância por ele emitida para qualquer corpo negro será:

$$R = \epsilon \sigma T^4 \quad (15)$$

onde σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,6696 \cdot 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$).

Esta é a Lei de Stefan-Boltzmann que estabelece que a energia total emitida por unidade de área superficial de um corpo negro na unidade de tempo (radiação do corpo negro) é diretamente proporcional a quarta potência da sua temperatura termodinâmica T .

Mais tarde, em 1884, o físico austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906) deduziu a Lei de Stefan teoricamente, utilizando a Termodinâmica estatística. O modelo utilizado por Boltzmann foi uma máquina térmica que, em vez de usar gás como substância, usava a luz!

Em 1871, Boltzmann, baseado nos trabalhos pioneiros de Maxwell em Física-Estatística, desenvolveu, junto com outros cientistas, a teoria cinética dos gases, a qual relaciona o micro com o macro. Um dos resultados mais impressionantes é a relação entre a temperatura T de um gás (o macro) e o movimento das suas moléculas (o micro), mais especificamente a energia cinética média (E_c) das moléculas. Utilizando recursos da Termodinâmica e da estatística e um modelo extremamente simples para os gases, Boltzmann deduziu que:

$$E_c = \frac{3}{2} kT \quad (16)$$

Onde $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ é a constante de Boltzmann: o elo entre o microscópico e o macroscópico. Em outras palavras, a média das energias cinéticas de cada uma das moléculas de um gás é $3/2 k$. Veja a ordem de grandeza da constante de Boltzmann: ela é muito, muito pequena, tal como esperado, pois a energia cinética de uma única molécula de um gás deve ser mesmo pequena.

4.3.5 Efeito Fotoelétrico

O Efeito Fotoelétrico de acordo com a Fig. 21 consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica, devido à incidência de radiação eletromagnética sobre esta. Os elétrons arrancados do metal pela radiação incidente são chamados de fotoelétrons.

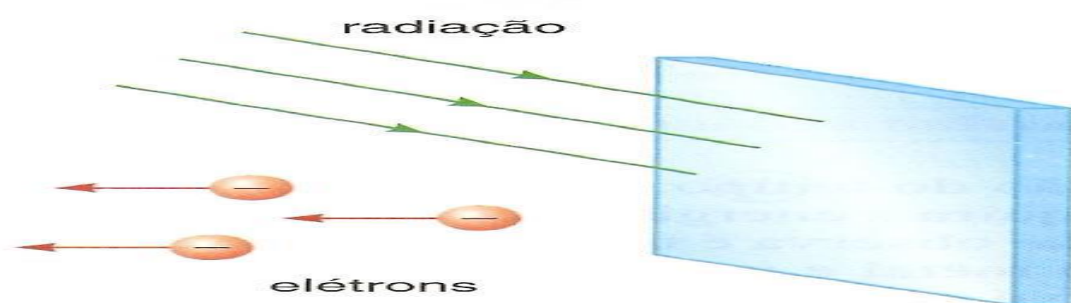


Figura 21 - Emissão de elétrons pela incidência de luz.

Fonte: http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20130509092255.pdf

A primeira observação desse fenômeno¹ foi feita em 1887 pelo físico Heinrich Hertz quando investigava a natureza eletromagnética da luz. Neste mesmo ano, examinando a produção de descargas elétricas entre duas superfícies de metal em potenciais diferentes, ele observou que uma faísca proveniente de uma superfície gerava uma faísca secundária na outra. Houve a constatação de que o fenômeno não era de natureza eletrostática. Após uma série de experimentos, Hertz confirmou que a luz poderia gerar faíscas e que o fenômeno deveria ser devido apenas à luz ultravioleta. Para explicar o fenômeno, Lenard e Wolf sugeriram que a luz ultravioleta faria com que partículas do metal deixassem a superfície do mesmo.

Durante alguns anos Max Planck estudou o comportamento da radiação emitida pelos corpos negros. Nas experiências, ele observava fenômenos que não eram previstos pelas leis e teorias da física conhecidas na época. No entanto, em 1905, Albert Einstein usando as ideias de Planck, chegou a uma interpretação aceitável do fenômeno. A luz teria o comportamento dual, ora ela se comportava como onda, ora como pacotes de

¹Trecho retirado e modificado do sítio: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/index.html>.

matéria. Einstein chamou cada pacote de quantum (palavra latina cujo plural é quanta). Mais tarde, cada quantum foi chamado de fóton. Para testar a teoria quântica da radiação (luz), Einstein mostrou que ela explicava o efeito fotoelétrico.

Segundo Cavalcante et al (2002) este fenômeno foi descoberto por Hertz em 1887, cuja explicação foi dada no ano de 1905 por Albert Einstein, e que se tornou revolucionária, em que propôs a hipótese da quantização da radiação eletromagnética pela qual, em certos processos, a luz comporta-se como pacotes concentrados de energia, chamados fótons.

Pela descoberta da lei do efeito fotoelétrico Albert Einstein (Fig.22) recebeu o Prêmio Nobel de 1921.



Figura 22 - Albert Einstein (1879-1955)

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein

O Efeito Fotoelétrico tem sua explicação baseada na ideia da quantização da energia usada por Planck, que não se tratava apenas de um artifício matemático para explicação do problema da radiação do corpo negro, mas era uma característica universal da luz ou das ondas eletromagnéticas. Einstein assumiu que a energia das oscilações eletromagnéticas é dada por:

$$E = nh\nu \quad (17)$$

onde ν é frequência da onda eletromagnética, h é uma constante denominada constante de Planck e n são números inteiro positivos (quantização).

Assumir a quantização da energia, ou o quantum, seria adotar o caráter corpuscular que seria manifestado no processo de interação da radiação com a matéria (absorção e emissão). A intensidade da luz deve agora ser dada pelo número de fótons emitidos por área e por unidade de tempo. Assim para um único fóton ao interagir com

o elétron do material é completamente absorvido por esse, e após a interação terá uma energia cinética K .

As partículas de luz deveriam se chocar contra os elétrons, transferindo energia para eles durante a colisão. No entanto o elétron está preso no material e, para libertar-se de sua "prisão energética" precisa receber certa dose de energia, que corresponde a um trabalho a ser realizado.

Quando a radiação eletromagnética de frequência ν atinge a placa em questão, os fótons associados à radiação interagem com os elétrons da placa. Cada elétron que absorve um fóton ganha uma energia $h\nu$, se for arrancado, a máxima energia cinética que ele pode ter, pelo princípio de conservação da energia, é dada por:

$$K_{MAX} = h\nu - \phi \quad (18)$$

em que ϕ , chamada função trabalho, é característica da substância que constitui a placa, representa a energia mínima necessária para arrancar um elétron da superfície da placa.

A primeira característica do efeito fotoelétrico é o fato de que o número de elétrons arrancados é diretamente proporcional à intensidade da radiação eletromagnética incidente na placa, para uma dada frequência. Isso pode ser explicado facilmente pela Teoria Quântica. Como já foi dito acima, a intensidade (I) de uma onda qualquer é definida como a quantidade de energia total dos fótons, por área e por unidade de tempo, através de uma superfície de área unitária perpendicular à direção de propagação da onda. Então, a intensidade da radiação eletromagnética de frequência ν deve ser dada por:

$$I = Nh\nu \quad (19)$$

em que N representa o número de fótons que cruzam, por unidade de tempo, uma superfície de área unitária perpendicular à direção de propagação da radiação. Um aumento na intensidade da radiação eletromagnética implica um aumento no número de fótons. Isso promove um aumento no número de interações desses fótons com os elétrons da placa e, portanto, um aumento no número de elétrons arrancados. A segunda característica do efeito fotoelétrico é o fato de que a diferença de potencial de corte tem o mesmo valor, independentemente da intensidade da radiação eletromagnética

incidente. Isso pode ser explicado pela Teoria Quântica se considerarmos que a corrente fotoelétrica se interrompe quando a diferença de potencial de corte é tal que:

$$e\Delta V_0 = K_{M\acute{A}X}, \quad (20)$$

então:

$$\Delta V_0 = \frac{h\nu}{e} - \frac{\varphi}{e} \quad (21)$$

A Fig. 23 mostra o potencial² de corte V_0 para o sódio em função da frequência da luz incidente. Note que há uma frequência de corte ν_0 , abaixo do qual o efeito fotoelétrico deixa de ocorrer. Estes dados foram obtidos em 1914 por Millikan, cujo árduo trabalho no efeito fotoelétrico valeu-lhe o Prêmio Nobel em 1923.

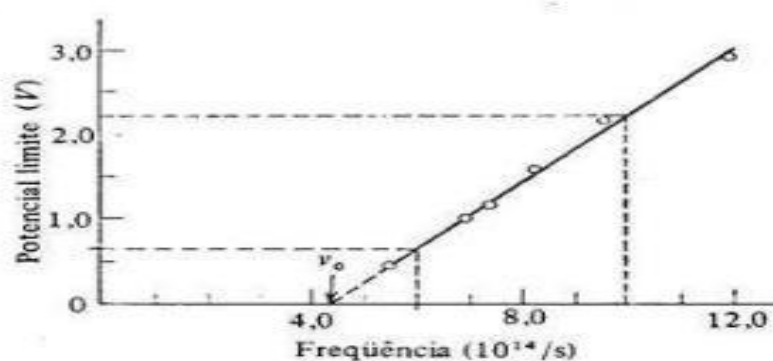


Figura 23 - Um gráfico das medidas de Millikan do potencial limite no sódio em várias frequências. A frequência de corte ν_0 é $4,39 \times 10^{14}$ Hz.

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAQ-wAI/efeito-fotoeletrico>

No entanto, o que se observa é que, desde que exista condição para que o efeito fotoelétrico ocorra, o tempo entre o momento em que a radiação atinge o metal e o momento em que o elétron escapa, é extremamente curto (3×10^{-9} s); a emissão é praticamente imediata.

² Texto retirado e adaptado do site: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAQ-wAI/efeito-fotoeletrico>

Quadro 1 - Frequência de corte para alguns materiais.

METAL	FREQUÊNCIA (Hz)
Sódio	$5,5 \cdot 10^{14}$
Potássio	$4,22 \cdot 10^{14}$
Cobre	$1,13 \cdot 10^{14}$
Prata	$1,14 \cdot 10^{14}$
Platina	$1,53 \cdot 10^{14}$

Fonte: SAMPAIO 2005

Dessa expressão, concluímos que, para uma dada substância na placa (ϕ dada) e uma dada frequência da radiação incidente, a diferença de potencial de corte não depende da intensidade da radiação, isto é, não depende do número de fótons que incidem na placa por unidade de tempo e por unidade de área. Por outro lado, quanto mais profundamente no interior da placa se encontra o elétron que vai ser arrancado, menor será a sua energia cinética ao sair dela. Isso por que a energia de cada fóton absorvido fica repartida entre o elétron arrancado e os outros elétrons e átomos que constituem a placa considerada. Assim, para uma dada diferença de potencial ΔV negativa entre as placas, apenas os elétrons que são arrancados da placa B com energia cinética maior do que $e\Delta V$ chegam à placa A e contam para a corrente elétrica do circuito. Então, com a diminuição da diferença de potencial entre as placas, isto é, para ΔV cada vez mais negativa, menos elétrons alcançam a placa A e menor é a corrente elétrica no circuito. A terceira característica do efeito fotoelétrico é o fato de que a energia dos elétrons arrancados depende da frequência e não da intensidade da radiação eletromagnética incidente. Esta característica pode ser explicada pela Teoria Quântica exatamente pela afirmação de que a radiação eletromagnética deve ser considerada como um conjunto de fótons, cada qual com uma energia $E = h\nu$, em que ν é a frequência da radiação eletromagnética. Para radiações eletromagnéticas com dada frequência, a máxima energia cinética que cada elétron arrancado pode ter corresponde à situação em que o elétron é arrancado da superfície da placa, de modo que toda a energia do fóton é absorvida por ele. Para uma dada substância, o valor mínimo ν_0 da frequência da radiação eletromagnética que produz o efeito fotoelétrico é dado por $h\nu_0 = \phi$. Esse valor para ν_0 corresponde à situação em que o elétron, após ser arrancado da superfície da placa, fica com energia cinética nula. Logo:

$$K_{MAX} = 0 \quad (22)$$

$$h\nu - \varphi = 0 \quad (23)$$

$$\nu_0 = \frac{\varphi}{e} \quad (24)$$

Nos metais, φ vale, no mínimo, cerca de 2 eV. Assim, o efeito fotoelétrico nos metais só é possível com radiações eletromagnéticas de frequências maiores que:

$$\nu = \frac{3,2 \times 10^{-19} J}{6,6 \times 10^{-34} Js} \cong 4,8 \times 10^{14} Hz \quad (25)$$

ou cujos comprimentos de onda sejam menores que:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3,8 \times 10^8 m/s}{4,8 \times 10^{14} Hz} \cong 6,2 \times 10^{-7} m \cong 620 nm \quad (26)$$

No estudo do efeito fotoelétrico os físicos usam frequentemente a unidade de energia elétron-volt: $1eV = 1,6 \times 10^{-19} J$, que corresponde à energia necessária para um elétron atravessar uma diferença de potencial igual a 1V.

No cotidiano a descoberta do efeito fotoelétrico teve grande importância para a compreensão mais profunda da natureza da luz, pois através desse fenômeno tornou-se possível o cinema falado, uma célula fotoelétrica permite reconstituir os sons registrados nas películas do cinematógrafo assim como a transmissão de imagens animadas (televisão). Podemos também verificar a utilização desse efeito no ramo da tecnologia tais como: no funcionamento das câmeras de TV, nos óculos de visão noturna, nos sistemas de desligamento automático de iluminação, nas portas que abrem e fecham automaticamente nos shoppings, nos relógios que funcionam com energia solar, etc.

4.3.6 Espectroscopia

A espectroscopia consiste na análise da radiação eletromagnética que vem de uma fonte, como, por exemplo, o Sol, uma nebulosa ou até mesmo a chama de uma vela, para poder definir propriedades físicas e químicas destes materiais.

A história da espectroscopia começou com experimentos de óptica de Isaac Newton (1666-1672), embora desde a Antiguidade que a luz solar pode ser decomposta

nas cores do arco-íris, mas foi Newton, no século XVII, que pela primeira vez descreveu de forma adequada o fenômeno da decomposição da luz por um prisma. Newton aplicou o termo espectro para descrever as cores do arco-íris que combinam para formar uma luz branca, e que são revelados, quando a luz branca é passada através de um prisma (Fig.24). Ele mostrou que o prisma não é responsável em transmitir ou criar as cores, mas sim que separa as partes constituintes da luz branca.

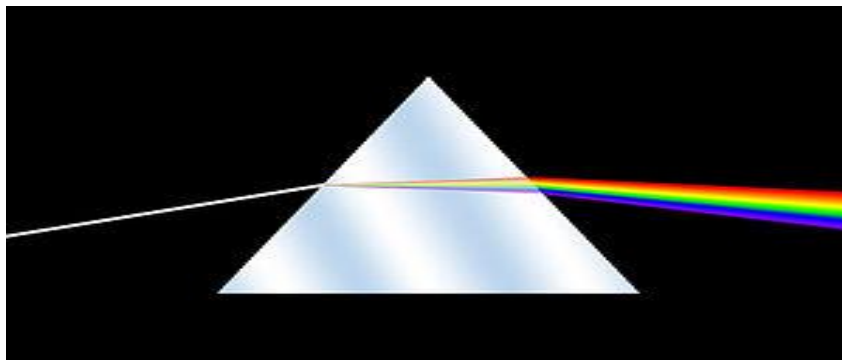


Figura 24 – A luz pode ser separada em um espectro através de um prisma
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_da_espectroscopia



Figura 25 – Experimento de William Herschel
Fonte: http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/ir_tutorial/discovery.html

Em 1800 o astrônomo inglês William Herschel (1738-1822) percebeu a relação entre essas cores, que variam do vermelho ao violeta de acordo com a Fig. 25, e suas temperaturas medidas com um termômetro. Ele colocou o instrumento ao lado da faixa vermelha, a temperatura subiu. Essa região é hoje denominada de “infravermelho” e não é visível aos nossos olhos.

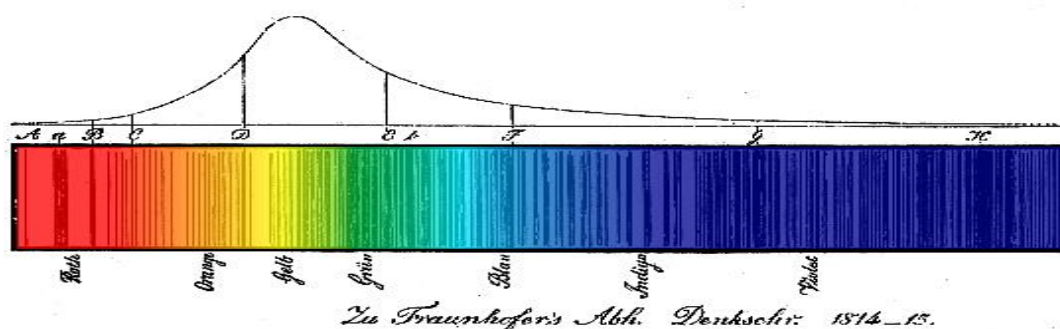
A partir daí os pesquisadores entendem que a radiação solar possui componentes fora da parte visível do espectro, de acordo com o quadro 2. Estes estudos foram os precursores de medições radiométricas e fotográfica da luz, respectivamente.

Quadro 2 - Espectro Visível da Luz

COR	COMPRIMENTO DE ONDA	FREQUÊNCIA
Vermelho	~ 625 – 740 nm	~ 480 – 405 THz
Laranja	~ 590 – 625 nm	~ 510 – 480 THz
Amarelo	~ 565 – 590 nm	~ 530 – 510 THz
Verde	~ 500 – 565 nm	~ 600 – 530 THz
Ciano	~ 485 – 500 nm	~ 620 – 600 THz
Azul	~ 440 – 485 nm	~ 680 – 620 THz
Violeta	~ 380 – 440 nm	~ 790 – 680 THz

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Cor>

Outra importante contribuição ao desenvolvimento da espectroscopia encontra-se nas pesquisas do alemão Joseph Fraunhofer, que ao observar o espectro do sol, quando suficientemente disperso, o mesmo é atravessado por um grande número de finas linhas escuras. Fraunhofer elaborou as primeiras normas para comparação de linhas espectrais obtidas a partir de prismas de vidros diferentes de acordo com a Fig.26, além de estudar os espectros das estrelas e dos planetas, usando uma objetiva de telescópio para coletar a luz, dando com isso origem à ciência da astrofísica.

**Figura 26 - Linhas de Fraunhofer e curva de intensidade da luz**

Fonte: <http://www.chem1.com/acad/webtext/atoms/atpt-3.html>

Entre algumas das propriedades bastante importantes para o estudo de um objeto astronômico, estão sua temperatura, seu tamanho, a abundância de elementos químicos que fazem parte de sua composição, sua velocidade de aproximação ou afastamento e também seu estágio de vida, no caso dele ser uma estrela.

O instrumento utilizado na espectroscopia é chamado de espectroscópio (Fig.27), e foi primeiramente utilizado em 1859 por seus criadores: o físico alemão Gustav Kirchhoff (1824-1887) em parceria com o químico alemão Robert Bunsen (1811-1899). A parceria surgiu pela soma dos conhecimentos de Kirchhoff, que sugeriu que um elemento químico puro ao ser queimado emite uma radiação com cor bem característica (Teste da Chama), e dos de Bunsen, que conseguiu inventar um queimador de gás metano (CH_4) com controle da entrada de ar e cuja a cor não interferia no experimento.

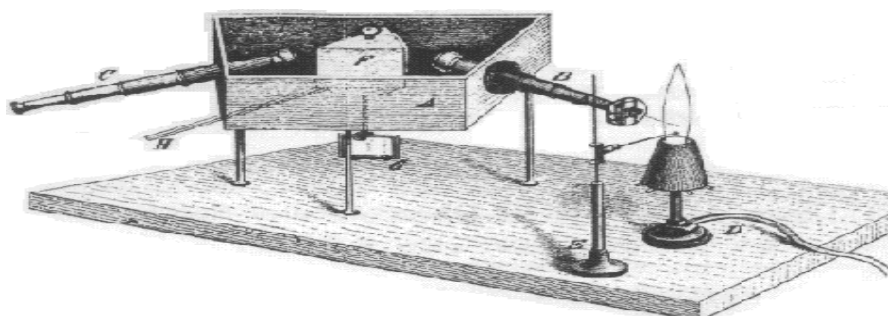


Figura 27 - Espectroscópio de Kirchhoff e Bunsen

Fonte: <http://www.experimentum.org/blog/?tag=espectroscopio>

A partir do uso do espectroscópio³ foi possível obter uma grande variedade do que são chamados “espectros”, ou, fisicamente falando, diagramas de amplitude da radiação eletromagnética, tais como os espectros de emissão, de acordo com a Fig. 28.

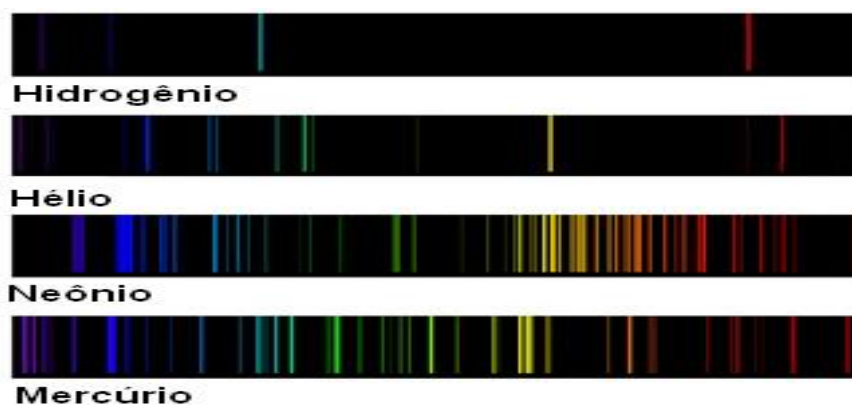


Figura 28 - Espectros de Emissão (H, He, Ne, Hg)

Fonte: <http://www.brasilecola.com/quimica/espectros-emissao-absorcao-leis-kirchhoff.htm>

Em 1860, Kirchhoff e Bunsen descobriram dois elementos químicos que chamaram de Césio e Rubídio, do latim “Cesium”, que significa “azul-acinzentado”, e “Rubidium”, que significa “vermelho”. Também em 1868 alguns astrônomos

³ <http://www.brasilecola.com/quimica/espectros-emissao-absorcao-leis-kirchhoff.htm>.

detectaram a presença de outro elemento, o qual chamou de “Hélio”, do grego “Helios” que significa “Sol”.

Quanto aos espectros chamados de “espectros de absorção”, conforme apresentado na Fig. 29, estes eram como o do Sol visto por Wollaston e Fraunhofer, com a maior parte colorida e repleta de faixas pretas. Tais faixas foram explicadas pela terceira das Três Leis de Kirchhoff para a espectroscopia.

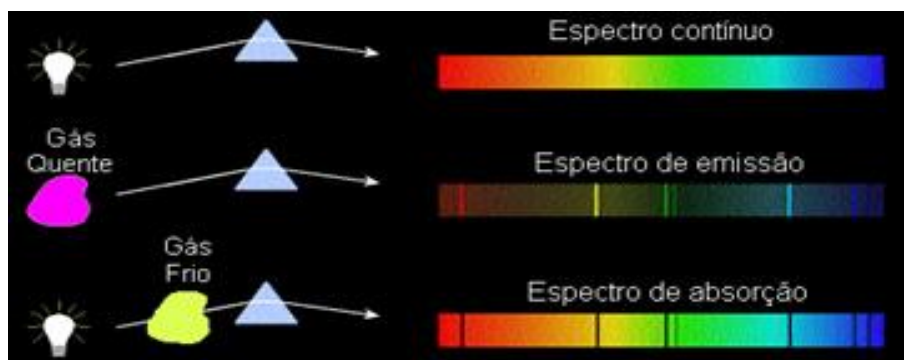


Figura 29 - Leis de Kirchhoff da Espectroscopia

Fonte: <http://www.brasilecola.com/quimica/espectros-emissao-absorcao-leis-kirchhoff.htm>

No caso de estrelas como o Sol, por exemplo, temos que para camadas de gás cada vez mais distantes do seu núcleo a temperatura é menor, ou seja, quanto mais o gás se afasta mais ele esfria. É por isso que quando a luz que está sendo emitida a partir da camada chamada de “fotosfera”, mais próxima do núcleo, atravessa essas camadas mais distantes, parte da energia é absorvida e são então formadas as faixas pretas.

Uma das bases da Astronomia é a aplicação da espectroscopia estelar ao estudo das estrelas. O espectro, ou consequência de radiações emitidas pelos átomos de um elemento é característico deste elemento e serve para identificá-lo.

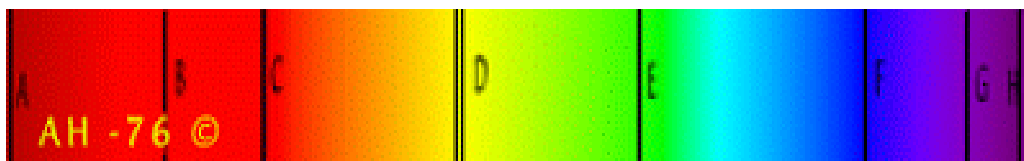


Figura 30 - Classes Espectrais

Fonte: <http://radeiris.blogspot.com.br/2010/11/c.html>

Uma estrela típica possui um espectro de linhas de absorção, de acordo com a Fig. 30 sobre um fundo luminoso contínuo, produzido quando a emissão contínua, proveniente da camada radiante, a fotosfera, atravessa os gases da atmosfera estelar. Como esta só absorvem radiações que podem emitir o estudo comparativo da posição de linhas de absorção do espectro e das de emissão dos espectros obtidos dos gases mais

diversos, nas análises de laboratório, permite determinar a composição química da estrela analisada.

Como a primeira sequência a ser adotada internacionalmente foi desenvolvida no observatório de Harvard em 1910, por Annie J. Cannon e seus colaboradores. Essa sequência recebe o nome de Classificação de Harvard. O quadro 3, mostra resumidamente as principais características desses tipos.

Na classificação das estrelas, luminosidade e temperatura superficial são parâmetros que tem um papel semelhante ao peso e altura de uma pessoa, para classificar seu tipo físico. Portanto, podemos constatar que a espectroscopia tem aplicações de grande importância para o estudo da astronomia, além de trazer informações para física e química através da transmissão, absorção ou reflexão da energia radiante incidente em uma amostra.

Quadro 3 - Classificação das estrelas.

TIPO ESP.	COR	T_{sup} (K)	LINHAS PROEMINENTES DE ABSORÇÃO	EXEMPLOS
O	Azul	30.000	He Ionizado (fortes), elementos pesados ionizados (OIII, NIII, SiIV), fracas linhas de H	
B	Azulada	20.000	He neutro (moderadas), elementos pesados 1 vez ionizados.	Rigel (B8)
A	Branca	10.000	He neutro (muito fracas), ionizados, H (fortes).	Veja (A0) Sirius (A1)
F	Amarelada	7.000	Elementos pesados 1 vez ionizados, metais neutros (FeI, CaI), H (moderadas).	Canopus (F0)
G	Amarela	6.000	Elementos pesados 1 vez ionizados, metais neutros, H (relativamente fracas).	Sol (G2) Alfa Cen (G2)
K	Laranja	4.000	Elementos pesados 1 vez ionizados, metais neutros, H (fracas).	Arcturus (K2) Aldebaran (K5)
M	Vermelha	3.000	Átomos neutros (fortes), moleculares (moderadas), H (muito fracas).	Betelgeuse (M2)

Fonte: <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/apostila/cap10.pdf>

5 ESTUDO PRÉVIO PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Na intenção de inserir tópicos de FMC no Ensino Médio, surgiu o interesse em verificar, junto aos professores, alunos e livros didáticos, se o Ensino desse ramo da Física está presente nas aulas de Física; de que forma é apresentado ao aluno; se é feita a correlação dos conteúdos discutidos em sala de aula com o seu dia a dia e os avanços tecnológicos. Logo, neste capítulo apresentaremos a metodologia de nosso trabalho que será detalhada nos subcapítulos a seguir.

5.1 METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa em dez escolas Estaduais de Ji-Paraná, Estado de Rondônia, no primeiro bimestre do ano letivo de 2014, para identificar as opiniões de professores a respeito do Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, indagando se eles estão preparados para ensinar esses tópicos, se existe alguma abordagem, e como poderia ser inserido e trabalhado esse ramo da Física na sala de aula de maneira que pudesse ser atraente e significativo ao aluno.

Outra parte do trabalho foi realizado uma investigação, no quarto bimestre do ano letivo de 2014, onde foram coletadas as opiniões de um total de duzentos alunos do 3º ano do Ensino Médio, sendo vinte alunos de cada escola, sendo as mesmas onde os respectivos professores foram entrevistados. A investigação buscou identificar as opiniões dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio, indagando se eles gostam de estudar Física, se a Física ensinada em sala de aula é aplicada no seu cotidiano e se existe alguma abordagem de tópicos de Física Moderna nas aulas de Física.

O presente estudo também analisou os temas de Física Moderna e Contemporânea presentes em livros didáticos de Física do Ensino Médio, para verificar de que forma essa temática é tratada ao longo dos três anos do Ensino Básico e quais tópicos são discutidos. Essa análise foi realizada com oito livros recomendados pelo PNLD/2012, que são usados com bastante frequência pelos docentes da rede pública estadual de Ensino, do município de Ji-Paraná. O PNLD/12 é composto de dez coleções aprovadas pelo MEC, com as seguintes titulações: Física Aula por Aula; Física em Contextos – Pessoal – Social – Histórico; Física; Física para o Ensino Médio, Conexões

com a Física; Física – Ciência e Tecnologia; Compreendendo a Física; Curso de Física; Quanta Física; Física e Realidade, que são usados com bastante frequência pelos docentes da rede pública estadual de ensino, do município de Ji-Paraná.

Depois de realizado o levantamento de dados juntos aos alunos e professores mencionados acima, partimos para a outra etapa da pesquisa, que foi preparar e confeccionar materiais e estratégias de ensino-aprendizagem para que ocorra a inserção de tópicos de FMC na educação básica de maneira significativa e objetiva. Sendo assim, optamos pela confecção de vídeos aulas da construção de experimentos de baixo custo. Os conteúdos selecionados para trabalhar os tópicos de FMC com os educandos foram os seguintes: Radiação de Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico e Espectroscopia, por estarem mais presentes no cotidiano do aluno e devido a maior viabilidade de se construir experimentos de baixo custo desses tópicos.

O presente trabalho é constituído de questionário prévio, palavra cruzada, caça palavras, simulados, vídeos, textos, simuladores, roteiro de atividades, peças teatrais, experimentos e vídeos dos experimentos, para alunos do terceiro ano do ensino médio, visando à assimilação de conceitos de Física Moderna e Contemporânea, mais especificamente, do efeito fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia com embasamento na teoria da aprendizagem significativa.

Busca-se com esta sequência didática diversificar a maneira de expor o conteúdo específico, proporcionando ao educando obter de maneira objetiva e significativa o aprendizado de determinado tema.

5.1.1 Questionário Aplicado Aos Professores

O estudo exploratório caracterizou-se com um levantamento de dados destinado a quatorze professores que lecionam Física nas respectivas instituições através de um questionário (Apêndice B) contendo dez perguntas objetivas, em dez Escolas Estaduais, no município de Ji-Paraná, Estado de Rondônia. A investigação buscou identificar as opiniões de professores a respeito do ensino de Física Moderna no Ensino Médio, indagando se eles estão preparados para ensinar esses tópicos, se existe alguma abordagem, e como poderia ser inserido e trabalhado esse ramo da física na sala de aula de maneira que pudesse ser atraente e significativo ao aluno.

Para análise e discussão desse estudo exploratório também foram escolhidas três perguntas, sendo elas: **Você se encontra preparado para ensinar Física Moderna no Ensino Médio?** (Fig.31); **Você acha possível ensinar tópicos de Física Moderna no Ensino Médio?** (Fig.32); **Em sua opinião, de que forma a Física Moderna poderia ser trabalhada no Ensino Médio?** (Fig.33). Os resultados foram apresentados na sessão de pôster no evento promovido pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), conforme o (ANEXO B), na cidade de Rio Branco, Estado do Acre, em julho de 2014. Estes são apresentados abaixo.

Assim, espera-se que os resultados adquiridos através dessa pesquisa possam promover uma reflexão sobre a importância de inserir tópicos de Física Moderna na educação básica.

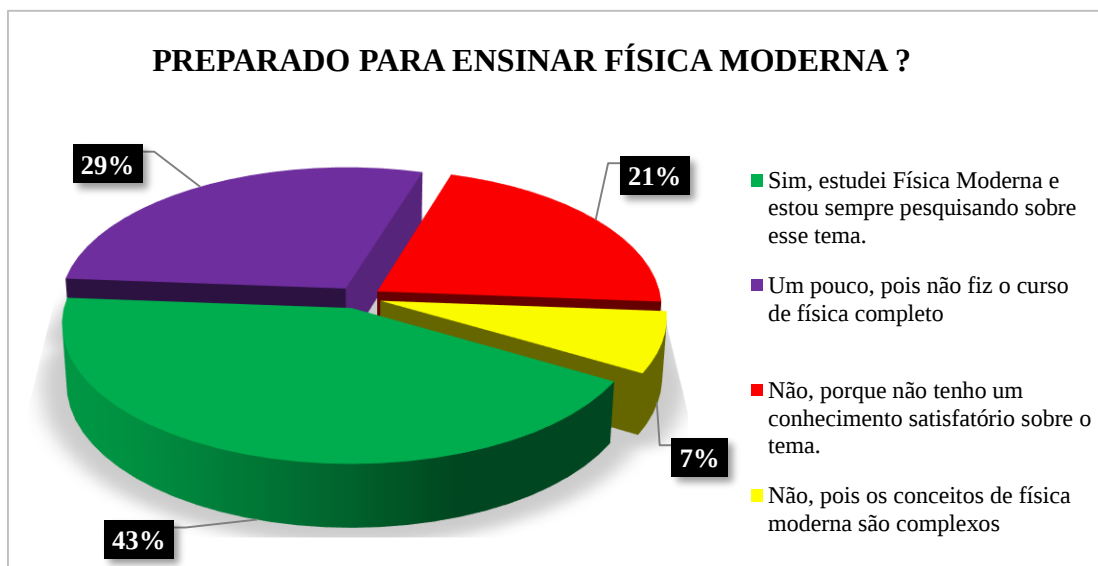


Figura 31 – Gráfico da 5ª pergunta do questionário: Você se encontra preparado para ensinar Física Moderna no Ensino Médio?

De acordo com os resultados obtidos no gráfico da Fig. 31, pode-se constatar que 21% dos professores não possuem um conhecimento satisfatório do conteúdo, então disseram que não se sentem preparados para abordarem esse ramo da Física no Ensino Médio; 29 % afirmaram que não fizeram o curso completo, por isso se sentem inseguro para ministrar essa parte da Física; 43% afirmam que estudaram conceitos de Física Moderna e estão sempre pesquisando sobre esse tema e 7 % afirmaram que os conceitos de Física Moderna são complexos.

Ao analisar os dados a partir do gráfico na Fig. 32, pode-se ressaltar que umas percentagens expressivas de 57% dos entrevistados afirmaram que seria possível a abordagem desse ramo da Física no Ensino Médio, porém o grande obstáculo seria a carga horária reduzida e 7 % afirmam que os conceitos de Física Moderna são irrelevantes.

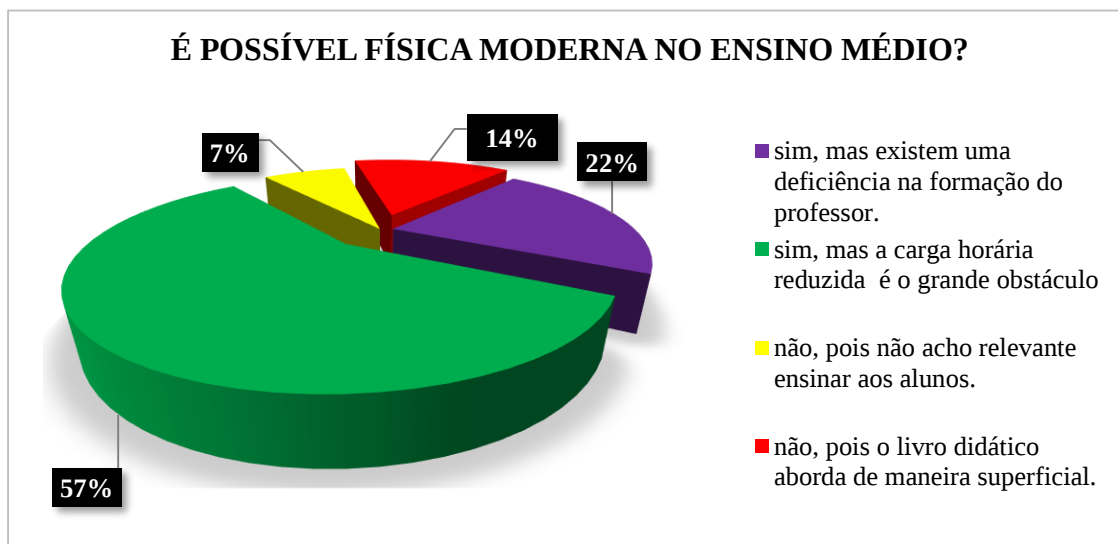


Figura 32 – Gráfico da 7ª pergunta do questionário: Você acha possível ensinar tópicos de Física Moderna no Ensino Médio?

Analisando os resultados apresentados na Fig.33, observa-se que 43% dos professores estão dispostos a enfatizar alguns tópicos de FMC no terceiro ano do Ensino Médio; 36 % no decorrer do Ensino Médio; 14 % em enfatizar os cálculos que envolvem os conceitos de FMC e 7 % enfatizam que não se deveria trabalhar esse Ramo da Física no Ensino Médio.

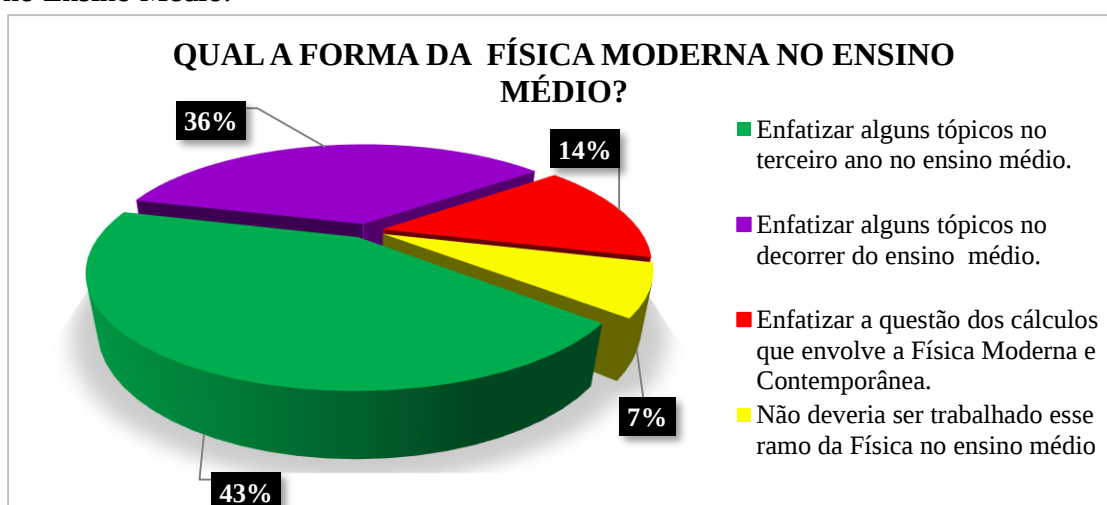


Figura 33 – Gráfico da 10ª pergunta do questionário: Em sua opinião de que forma a Física Moderna poderia ser trabalhada no Ensino Médio?

Então, conclui-se com esse estudo, que uma parcela relevante dos professores entrevistados tem pesquisado sobre tópicos de FMC, porém consideram a carga horária reduzida um grande obstáculo para inserir esse ramo da Física no Ensino Médio.

5.1.2 Questionário Aplicado Aos Alunos

O trabalho caracterizou-se com um estudo exploratório dirigido a um total de duzentos alunos, através de um questionário (Apêndice C) estruturado contendo dez perguntas objetivas, em dez Escolas Estaduais, do município de Ji-Paraná. O objetivo desse levantamento foi constatar se há abordagem da Física Moderna no ciclo intermediário e ao mesmo tempo propor estratégias que possam contribuir de maneira satisfatória no ensino-aprendizagem desse ramo da Física.

Para análise e discussão desse estudo exploratório foram escolhidas três perguntas sendo elas: **Você já ouviu falar sobre Física Moderna?** (Fig. 34); **Em suas aulas de Física, o professor aborda questões sobre a Física Moderna?** (Fig.35); **Em sua opinião, por que o professor deveria trabalhar Física Moderna no Ensino Médio?** (Fig.36). Os resultados foram aceitos para apresentar na sessão de pôster no evento promovido pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), conforme (ANEXO F) na cidade de São Carlos, Estado de São Paulo, em julho de 2015.

De acordo com os resultados obtidos no gráfico apresentado na Fig. 34, pode-se verificar que a grande maioria dos alunos dentre as dez escolas do presente estudo não ouviram falar sobre Física Moderna.

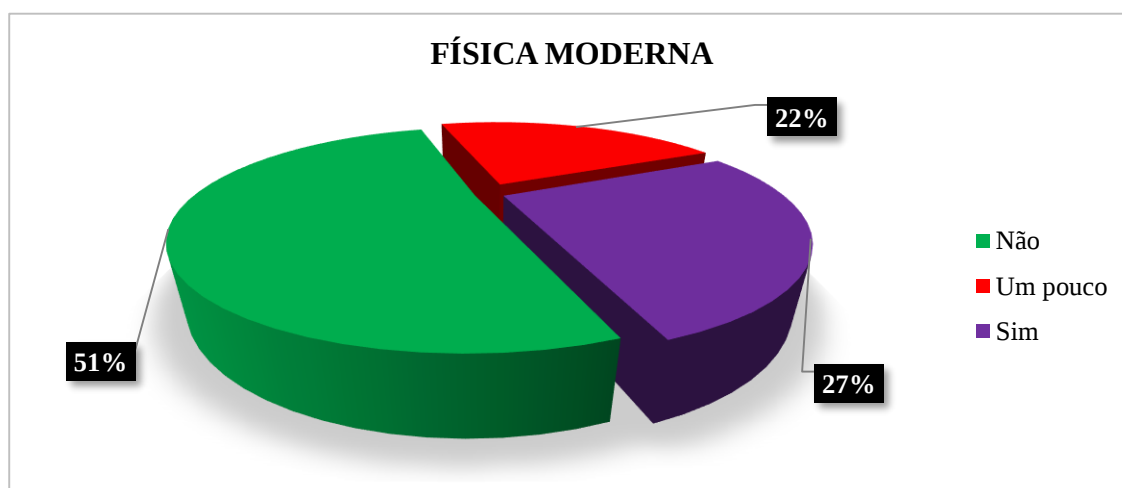


Figura 34 - Gráfico da 4ª pergunta do questionário: Você já ouviu falar sobre Física Moderna e Contemporânea?

Com os resultados apresentados do gráfico na Fig. 35, observa-se uma percentagem expressiva de entrevistados afirmam que o professor não aborda tópicos de Física Moderna em sala de aula. Verifica que a inserção da Física Moderna no currículo de Física do Ensino Médio está presente nos PCNs, mas a maioria dos educandos das escolas estaduais, ainda não estão sendo contemplados com esse ramo da Física.

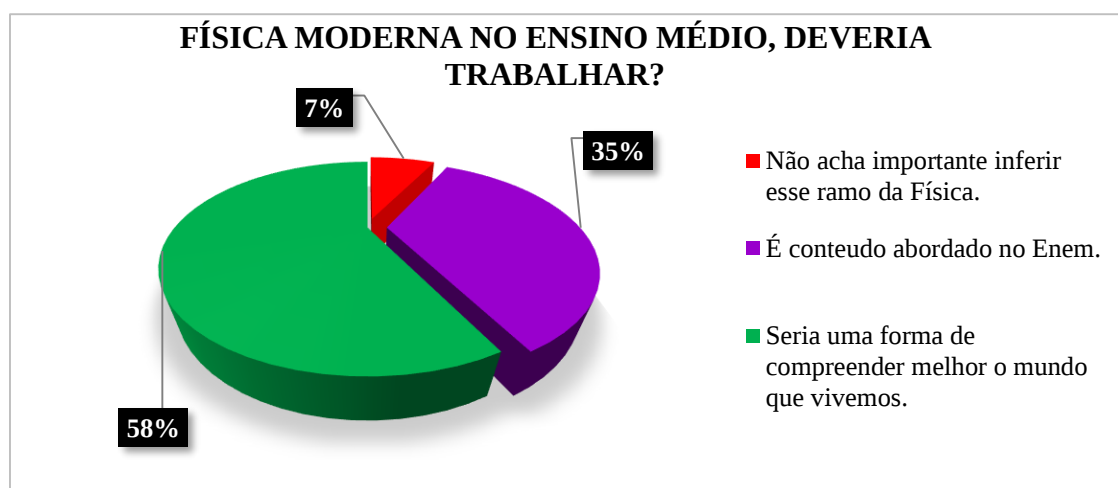


Figura 35 - Gráfico da 5ª pergunta do questionário: Em suas aulas de Física, o professor aborda questões sobre a Física Moderna?

Conforme a análise dos dados apresentado no gráfico da Fig.36, certifica-se que a maioria dos entrevistados demonstraram interesse em aprender tópicos novos para contribuir de maneira satisfatória na sua formação. Pois, com as mudanças ocorridas no meio social, a escola tem hoje um papel importante para o crescimento desses estudantes dentro da sociedade. Nesse sentido, o Ensino de Física tem a responsabilidade de torná-

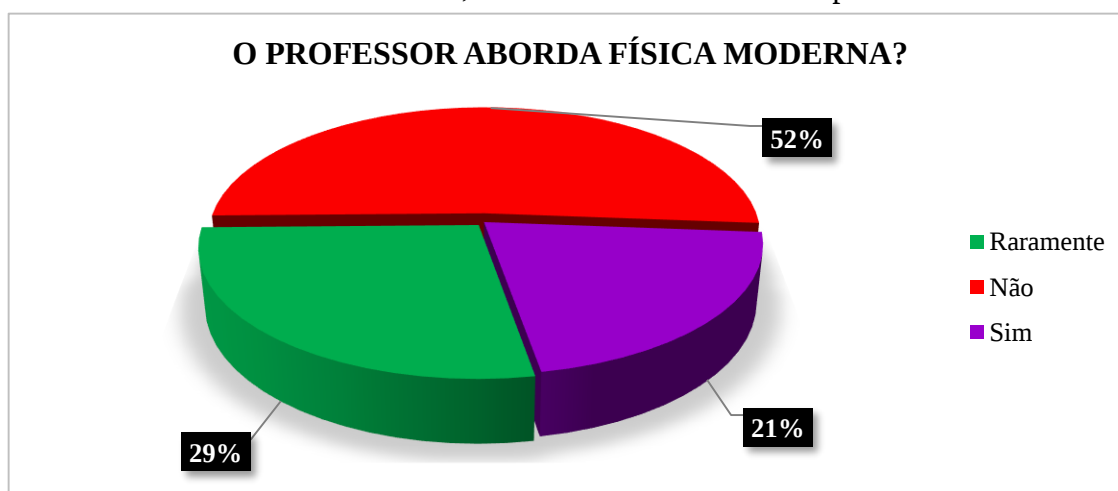


Figura 36 - Gráfico da 10ª do questionário: Em sua opinião, por que o professor deveria trabalhar Física Moderna no Ensino Médio?

los profissionais aptos a atuar mercado de trabalho, além de cidadãos críticos e conscientes

Assim, faz-se necessária uma alteração na questão curricular, visando contribuir de maneira eficaz na alfabetização científica e formação tecnológica de nossos estudantes. Pois, de acordo com Machado e Nardi (2006) a inércia verificada na renovação curricular e práticas pedagógicas podem acabar deixando os alunos à margem da cultura científica e tecnológica do mundo moderno.

5.1.3 Verificação do Estudo da Física Moderna e Contemporânea nos Livros Didáticos

Nessa perspectiva de englobar de maneira significativa e eficaz a FMC no ensino regular, temos no livro didático uma ferramenta essencial que pode contribuir no ensino-aprendizagem desse ramo da Física, onde afirma Domingui (2012) a existência do conteúdo de Física Moderna nos livros didáticos do PNLEM, seja em forma de capítulo, unidades ou textos dispersos ao longo da obra.

Segundo Libâneo (2002), o livro didático é um recurso importante na escola, pois representa uma fonte de pesquisa para o professor na elaboração de suas aulas. Contudo, de acordo com D'Ávila (2008), quando utilizado de forma mecânica e sem criatividade, desenvolve pouquíssimas habilidades cognitivas e emocionais no aluno.

Abaixo, apresentamos um quadro no qual constam os livros analisados e os tópicos apresentados nesses textos, sobre Física Moderna e Contemporânea. Através do presente trabalho, pudemos realizar uma análise mais profunda da forma que são colocados ou excluídos os tópicos desse ramo da Física no decorrer do Ensino Médio.

Quadro 4 - Estruturação dos conteúdos de Física Moderna nos Livros Didáticos do PNLD 2012

LIVRO 1	FÍSICA AULA POR AULA
VOLUME I	<u>TECNOLOGIAS</u> Nanotecnologia; GPS.
VOLUME II	Não aborda

VOLUME III	<u>RELATIVIDADE</u> Histórico da medida da velocidade da luz; A relatividade de Galileu; O experimento de Michelson-Morley; A relatividade de Einstein; as transformações da relatividade de Einstein; Massa e Energia; Quantidade de movimento relativística. <u>FÍSICA QUÂNTICA</u> Radiação de corpo negro; O efeito fotoelétrico; O princípio da incerteza. <u>OUTROS</u> O lixo atômico e os riscos ambientais; que desafios a Física precisará enfrentar neste século?
LIVRO II	FÍSICA EM CONTEXTOS-PESSOAL-SOCIAL-HISTÓRICO
VOLUME I	<u>ASTRONOMIA</u> O Bing Bang; A vida das Estrelas. <u>RELATIVIDADE</u> Velocidade da Luz; Gravitação de Einstein
VOLUME II	<u>FÍSICA NUCLEAR</u> Energia Nuclear; Colisões em outras escalas.

VOLUME III	<u>RELATIVIDADE</u> A velocidade da luz; Controvérsias a respeito da natureza da luz; A teoria da Relatividade Restrita e Geral. <u>FÍSICA QUÂNTICA</u> O efeito fotoelétrico; O que é a luz afinal?; pensando sobre o muito pequeno; Níveis de energia no átomo. <u>FÍSICA NUCLEAR</u> Núcleo atômico; Decaimento radioativo; o mundo das partículas; Aceleradores; Dispositivos de detecção de partículas; Leis de conservação; identificando partículas em fotografias; Três partículas especiais: pósitron, pión e os raios cósmicos.
LIVRO III	FÍSICA
VOLUME I	<u>RELATIVIDADE</u> Teorias de Einstein.
VOLUME II	Não aborda
VOLUME III	<u>FÍSICA QUÂNTICA</u> Modelo ondulatório para radiações eletromagnéticas; A radiação térmica e o corpo negro; Modelo quântico para as radiações; eletromagnéticas; Efeito fotoelétrico; A dualidade da luz; O átomo de Bohr e as transições eletrônicas. <u>RELATIVIDADE</u> O surgimento da teoria da relatividade; os postulados de Einstein; A dilatação do tempo; A contração do comprimento; Composição de velocidades; Massa relativística; Equivalência entre massa e energia; Relação entre energia e quantidade de movimento de um corpo; Comportamento ondulatório da matéria; De Broglie e o modelo de Bohr; as quatro forças fundamentais da natureza.

LIVRO IV	FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO
VOLUME I	<u>ASTRONOMIA</u> Big Bang. <u>FÍSICA NUCLEAR</u> Acelerador de Partículas.
VOLUME II	<u>RELATIVIDADE</u> Teorias de Einstein
VOLUME III	<u>RELATIVIDADE:</u> Referenciais e simultaneidade; Transformações e invariantes; Postulados da teoria da relatividade especial; A massa relativística; A energia relativística. <u>FÍSICA QUÂNTICA</u> A radiação do corpo negro; O efeito fotoelétrico; A dualidade da luz e da matéria; O princípio da complementariedade; O modelo atômico de Bohr; O princípio da incerteza de Heisenberg. <u>FÍSICA NUCLEAR</u> O átomo até a década de 1950; A radioatividade e os processos nucleares; as partículas do modelo padrão; Meia – vida; A datação por isótopos; Radiações ionizantes.
LIVRO V	CONEXÕES COM A FÍSICA
VOLUME I	<u>ASTRONOMIA</u> A idade do universo.
VOLUME II	Não aborda

VOLUME III	<u>FÍSICA QUÂNTICA</u> A primeira nuvem a nublar a Física clássica: o experimento de Michelson- Morley; A segunda nuvem a nublar a física clássica: a radiação emitida por um corpo negro; O problema da radiação de um corpo negro; O efeito fotoelétrico; O nascimento da mecânica quântica; um novo modelo para a luz; A explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico. <u>RELATIVIDADE</u> A teoria da relatividade restrita; as transformações de Galileu; A relatividade do tempo; A relatividade do comprimento; Exemplo de dilatação do tempo; A impossibilidade de eventos simultâneos; as transformações de Lorentz; O mundo das altas velocidades; A teoria da relatividade geral; O princípio da equivalência; O rotor rígido de Einstein; A interpretação de Einstein sobre a gravidade. <u>FÍSICA NUCLEAR</u> A busca pelo átomo <u>TECNOLOGIAS</u> A nanotecnologia <u>OUTROS</u> Desafios da física no século XXI
LIVRO VI	FÍSICA-CIÊNCIA E TECNOLOGIA
VOLUME I	<u>ASTRONOMIA</u> Big Bang
VOLUME II	Não aborda

VOLUME III	<u>RELATIVIDADE</u> Relatividade especial; Transformações Galileanas; A relatividade de Newton; breve descrição da experiência de Michelson e Morley; A relatividade de Einstein; Consequências da relatividade de Einstein; A relatividade da simultaneidade; Dilatação do tempo; Contração do espaço; Efeito Doppler relativístico; Adição de velocidade; Energia relativística; Noções de relatividade geral. <u>FÍSICA QUÂNTICA</u> A radiação dos corpos e a teoria quântica de Planck; Efeito fotoelétrico; O modelo atômico de Bohr; O átomo de hidrogênio; A dualidade onda-partícula; O princípio da incerteza; Semicondutores, diodos e transistores. <u>FÍSICA NUCLEAR</u> O núcleo atômico; Radioatividade; Lei do decaimento radioatividade; Fissão e fusão nucleares; Rejeito radioativo; Acidentes nucleares; um pouco da evolução estelar; as forças fundamentais da matéria e antimatéria; um pouco de Cosmologia. <u>TECNOLOGIAS</u> Campos de atuação da nanotecnologia; Tecnologia das comunicações; Telégrafo; Telégrafo sem fio; O telefone; um pouco da história do rádio; O televisor; Computadores e internet; O fac-símile; Telefonia móvel celular.
------------------------------	--

LIVRO VII	COMPREENDO A FÍSICA
VOLUME I	Não aborda
VOLUME II	<u>RELATIVIDADE</u> Teorias de Einstein.
VOLUME III	<u>RELATIVIDADE</u> A relatividade e o movimento ondulatório; O enigma do éter; os postulados da teoria da relatividade restrita; A impossibilidade da simultaneidade; A dilatação do tempo; A contração dos comprimentos; Quantidade de movimento relativística; Energia relativística; Energia e quantidade de movimento relativístico. <u>FÍSICA QUÂNTICA</u> Descargas em tubos rarefeitos e espectroscopia; Raios catódicos, raios beta e elétron; Radiação térmica; O enigma do espectro da radiação térmica; as hipóteses de Wein e Rayleigh; O quantum de ação. <u>FÍSICA NUCLEAR</u> Os raios X e a radioatividade; O átomo de Rutherford; O espectro do átomo de hidrogênio; O átomo de Bohr; O spin do elétron; Pauli e o princípio da exclusão; as ondas de matéria; O princípio da incerteza; O nêutron, pósitron e o neutrino; O núcleo atômico e a energia nuclear.
LIVRO VIII	CURSO DE FÍSICA
VOLUME I	<u>ASTRONOMIA</u> Evolução das Estrelas. <u>RELATIVIDADE</u> Energia e quantidade de Movimento Relativística
VOLUME II	<u>MECÂNICA QUÂNTICA</u> Estudo da Radiação de Corpo Negro e dos Espectros Atômicos

VOLUME III	<u>RELATIVIDADE</u> Histórico da medida da velocidade da luz; A relatividade de Galileu; O experimento de Michelson-Morley; A relatividade de Einstein; as transformações da relatividade de Einstein; Massa e Energia; Quantidade de movimento relativística.
	<u>FÍSICA QUÂNTICA</u> Radiação de corpo negro; O efeito fotoelétrico; O princípio da incerteza.
	<u>FÍSICA NUCLEAR</u> Os raios X e a radioatividade; O átomo de Rutherford; O spin do elétron; Pauli e o princípio da exclusão; as ondas de matéria; O princípio da incerteza e a energia nuclear.

Fonte: Elaborado pelo autor

Após uma análise detalhada dessas obras, verificamos que de maneira geral os autores relatam tópicos da Física do século XX nos conteúdos curriculares com alguma preocupação em estabelecer relações com o cotidiano, porém, com pouca profundidade. Nos livros pesquisados, identificamos que os conteúdos de Relatividade e de Física Quântica são os mais citados.

Identificamos que os conteúdos da FMC geralmente são apresentados nos últimos capítulos dos livros analisados, o que não deve ser uma regra a ser seguida, pois conforme aponta Chaves (2002) a Física Moderna e Contemporânea pode ser proposta e trabalhada em paralelo com a Física Clássica.

Os livros “Aula por Aula” de Xavier e Barreto (2010) destacam que a inserção de novos conhecimentos representa um fator importante para os alunos compreenderem os fenômenos naturais e as novas tecnológicos do mundo contemporâneo. A abordagem desse ramo da Física pretende motivar os alunos sobre a questão do universo e promover condições para compreender e avaliar benefícios e riscos inerentes à utilização de radiações que podemos constatar na medicina ou no uso da energia nuclear. Analisamos que essa obra desenvolve ideias introdutórias à Física Moderna em um nível bem acessível ao Ensino Médio, sem muito formalismo matemático.

Na obra “Física em Contextos-Pessoal-Social – Histórico” de Pietrocola *et al* (2010), os conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea são apresentados ao

longo da coleção mais especificamente no volume três, de modo abrangente e pertinente. Diante de esse olhar, Pietrocola et al (2010) aponta que a Física do século XX nem sempre é vista como um conhecimento acessível aos alunos do Ensino Médio. Porém, muitos temas atuais não podem ser explicados com base exclusiva na Física Clássica.

Os livros “Física” de DOCA; GUALTER; NEWTON, 2010, os autores apresentam no terceiro livro da coleção várias noções de Física Moderna, onde essa inserção é feita, porém sem perder a conexão com a Física Clássica. De acordo com os estudos essa coleção aborda no livro volume três, conteúdo da Física Moderna, com clareza e utilizando desenvolvimentos matemáticos adequados e abrangendo assuntos mais relacionados à história do desenvolvimento desse tópico.

Na obra “Física para o Ensino Médio” de Yanomoto e Fuke (2011) destaca-se no Manual do Professor uma série de textos do PCN, onde deixam evidente a necessidade da inserção da Física Moderna no Ensino Médio. Através dos estudos percebemos que os autores apresentam o conteúdo de Física Moderna em uma unidade específica no final do terceiro, onde proporcionam textos, atividades com experimentos didático-científicos e atividades de leitura, os quais podem trazer para discussão, no Ensino Médio, alguns temas curiosos e poucos abordados nessa etapa da escolaridade, dentre esses a Física Moderna e suas tecnologias.

Quanto ao livro “Conexões com a Física” de Sant’ Anna et al (2010), os autores relacionam os conhecimentos de Física Moderna com situações presentes no cotidiano do aluno. Segundo Sant’Anna et al (2010), o desafio atual é explicar o funcionamento dos equipamentos baseados na Física Moderna, como por exemplo, televisores modernos, sensores fotoelétricos, processadores de computadores e dos MP3 players e celulares.

Nota-se que essa obra salienta pouca presença da Física Moderna, ao longo de toda a coleção.

De acordo com o livro “Física-Ciência e Tecnologia” de Torres, Ferraro e Soares (2010) sugerem nessa obra que o professor deva explicar aos seus alunos que alguns conceitos da Física Moderna vão contra os conceitos da Física Clássica. Então, diante desse olhar, os autores afirmam terem a intenção de relacionar ciência e vivência, teoria e vida prática e conhecimento científico e tecnologia, além de mostrar para o educando que há uma relação estreita entre a concepção de mundo, ciência e transformação social.

Em relação ao livro “Compreendendo a Física” do Gaspar (2010), a Física Moderna no Ensino Médio proporciona uma nova era tecnológica e por isso os conteúdos desse ramo da Física passaram a ser primordiais para a formação do educando. No manual do professor dessa coleção, Gaspar (2010) esclarece que não inserir FMC na educação básica devido à complexidade matemática é um erro, pois todos os ramos da Física podem aparecer conceitos matemáticos dependendo da maneira que foi aplicada.

Na coleção “Curso de Física” de Máximo e Alvarenga (2010) apresenta uma Física conceitual, e os conteúdos são desenvolvidos de uma forma tradicional, onde o professor tem a oportunidade de trabalhar os assuntos de uma maneira gradual, proporcionando ao estudante entrar em contato com os principais assuntos, tanto da Física Clássica como da Física Moderna e Contemporânea. Os autores apresentam tópicos de Física Moderna com o objetivo de preparar o aluno em relação às pesquisas sobre nanociência e cosmologia e ao mesmo tempo deixar o estudante dentro do contexto que envolve o mundo contemporâneo. Os assuntos relativos à Física Moderna e Contemporânea são abordados em vários momentos da obra e, com exclusividade, nos dois capítulos finais do terceiro volume. Assim, o professor tem à sua disposição material suficiente para o desenvolvimento dessa temática, ao longo das três séries do ensino médio, bem como para aproximar os alunos de desenvolvimentos recentes da ciência Física. Sendo assim, com essa análise de livros didáticos de Física PNLD/20012, observamos que a maioria dos autores apresentam tópicos de FMC no decorrer dos livros, então cabe aos educadores buscar estratégias para deixar o estudante dentro do contexto do mundo que o cerca.

6 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo descrevemos e justificamos os materiais construídos para programar a proposta do nosso estudo. O produto educacional é resultado de uma sequência didática e será disponibilizado aos professores interessados num DVD, e dessa forma ele vai poder auxiliar os educadores na inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

6.1 MATERIAIS USADOS E A PRODUÇÃO DOS VÍDEOS

O equipamento usado para realizar a filmagem dos respectivos experimentos foi a câmera do celular do autor, Smartphone da marca Samsung modelo Galaxy Slim S2.

No processo de filmagem não foram usados efeitos especiais de iluminação nem de áudio, foram usadas as lâmpadas fluorescentes usuais da sala de aula, onde ocorreram as filmagens dos vídeos.

Três vídeos foram gravados na sala de aula da Escola onde foi realizada a aplicação da intervenção didática e outros dois foram produzidos fora do ambiente escolar, na residência de um ex-aluno de Ensino Médio do respectivo autor.

A elaboração dos respectivos vídeos tem a finalidade de poder auxiliar os professores e estudantes na montagem dos experimentos referente a FMC.

Segue abaixo a relação dos vídeos que foram produzidos pelo autor, onde os links dos respectivos experimentos encontram-se no Apêndice A.

Quadro 5 - Vídeos dos Experimentos apresentados para a turma do 3º ano A, da E.E.E.F.M. Júlio Guerra, Ji – Paraná RO 2015.

TÓPICO	NOME DO VÍDEO
Radiação de Corpo Negro	Corpo Negro
Efeito Fotoelétrico	Efeito Fotoelétrico; Ouvindo o som do controle remoto; Ouvindo o som da luz.
Espectroscopia	Análise qualitativa de um espectro contínuo.

Fonte: (MUSIAU e COSTA, 2015)

A edição dos vídeos foi realizada utilizando-se o programa Windows Movie Maker⁴ (editor de vídeo). Nesse processo de edição contamos com a participação valiosa de alguns alunos da turma onde estava sendo aplicada a proposta didática e de ex-alunos.

6.2 A APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

A aplicação da sequência didática foi realizada com os alunos do terceiro ano do Ensino Médio, turma A período matutino da EEEFM Júlio Guerra no primeiro semestre do ano letivo de 2015, município de Ji-Paraná.

Para que a proposta didática fosse aplicada, foi elaborada algumas atividades, as quais estão descritas no quadro abaixo e explicado passo a passo no (Apêndice U).

Quadro 6 – Cronograma da sequência didática referente a aplicação do produto educacional com os alunos do 3º ano A da E.E.E.F.M. Júlio Guerra, Ji-Paraná – 2015.

AULAS	TÓPICOS		
	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III
	Radiação de corpo negro	Efeito Fotoelétrico	Espectroscopia
Etapa inicial	QUESTIONÁRIO PRÉVIO		
Aula 1 (60min)	Aula Expositiva Vídeo	Aula Expositiva Vídeo	Aula Expositiva Vídeo
Aula 2 (60min)	Texto Atividade caça palavras e palavras cruzadas	Texto Atividade caça palavras e palavras cruzadas	Texto Atividade caça palavras e palavras cruzadas
Aula 3 (60min)	Simulador Computacional	Simulador Computacional	Vídeo do experimento e oficina
Aula 4 (60min)	Vídeo do experimento e oficina	Vídeo do experimento e oficina	Teatro
Aula 5 (60min)	Simulado	Simulado	Simulado
Etapa Final	SIMULADO GERAL		
TOTAL			17 aulas

Fonte: (MUSIAU e COSTA, 2015)

⁴ O software Movie Maker permite a construção de vídeos através de imagens, fotografias, outros vídeos, texto e áudio. Por ser um editor, ele permite que qualquer tema seja desenvolvido, registrado em formatos de vídeo variados e gravado em formato de mídias digitais. (SHNEIDERMAN, 2007).

O objetivo principal do estudo não foi o de aumentar o rendimento dos alunos em termos de notas, mas sim o de estimular um Ensino mais voltado para a aprendizagem significativa dos conteúdos. Logo, diminuindo, assim, o estigma de que a disciplina de Física é somente para o aluno que gosta ou tem domínio em matemática.

6.2.1 Etapa Inicial: Questionário prévio

A primeira etapa foi feita um questionário prévio (Apêndice D) com os alunos para saber o grau de conhecimento prévio que tinham sobre os conteúdos de Efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia, levando em consideração o processo de ensino-aprendizagem relevante.

A intervenção didática teve duração de 15 minutos, e não teve valor significativo para notas, porém ajudou a nortear a nossa atividade expositiva em sala de aula.

Essa sondagem foi feita na última semana de abril, no término do primeiro bimestre do ano letivo de 2015, com a finalidade dos dados contribuírem na elaboração das aulas e de outras atividades que seriam ministradas no decorrer do segundo bimestre, tornando relevantes os conhecimentos prévios do educando.

Na tentativa de encontrar evidências sobre a facilitação da aprendizagem significativa pelo processo de promoção da integração teoria-prática em sala de aula, desenvolvemos nossas atividades docentes introduzindo os seguintes tópicos de FMC no Ensino Médio.

6.2.2 Radiação de Corpo Negro

Segue abaixo a sequência didática que será usada no decorrer das aulas de Física do segundo bimestre do ano letivo de 2015.

6.2.2.1 Aula 1

No primeiro momento levando em consideração os organizadores prévios, introduzimos através de uma aula expositiva, com duração de vinte minutos, o conteúdo de radiação de corpo negro, deixando claro para o educando que pudesse perguntar quando tivesse alguma dúvida em relação ao conteúdo apresentado.

Terminada a aula expositiva, foi proposto um vídeo que explica por meio de animações e relatos históricos o empenho de Max Planck para explicar sobre a radiação de corpo negro. Esse vídeo tem duração de aproximadamente 14 minutos e foi encontrado no site: <https://www.youtube.com/watch?v=cQDDbiYk9Ps>, sendo que no seu término foram feitos vários comentários que vieram acrescentar no ensino-aprendizagem do conteúdo proposto.

6.2.2.2 Aula 2

Nesse encontro foi entregue aos alunos um texto (Apêndice J) que foi retirado e adaptado da referência: GASPARD, A. **Compreendendo a Física**. Editora Ática, São Paulo, 2011, retratando o contexto histórico e as dificuldades do estudo referente à Radiação de Corpo Negro, para que os educandos pudessem ler e interpretar. Após a leitura do texto, os alunos reuniram-se em círculo e realizamos um debate (Fig.37) que contribuiu de forma satisfatória e significativa na resolução das questões propostas pelo texto.



Figura 37 - Alunos realizando a leitura do texto proposto.

O passo seguinte foi apresentado uma atividade envolvendo o conteúdo de radiação de corpo negro através de atividades lúdicas (Fig.38) através de caça palavras e palavras cruzadas, onde os mesmos puderam trocar informações e interagir com os colegas de classe na resolução dos exercícios.



Figura 38 - Alunos resolvendo atividades de caça palavras e palavras cruzadas.

6.2.2.3 Aula 3

Nessa aula levamos os alunos na sala de informática e realizamos uma simulação computacional dirigido por um roteiro de atividades (Apêndice K). O simulador computacional escolhido para a atividade experimental virtual foi referente à Radiação de Corpo Negro e que está disponível no site do PhET – InteractiveSimulations (PhET, 2010), que faz parte da Universidade do Colorado como projeto de um laboratório virtual para as ciências, tais como a Física, Química e Biologia.

O Link para acessar a simulação computacional da Radiação de Corpo Negro é: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>

A turma foi dividida em grupos, sendo cada grupo composto de dois estudantes e um computador por grupo. A (Fig. 39) apresenta os alunos interagindo e resolvendo as atividades propostas no roteiro do simulador computacional referente ao conteúdo de Radiação de Corpo Negro no laboratório de informática da escola.

Essa prática pedagógica de inserir o simulador computacional para ajudar no ensino-aprendizagem do tópico de Radiação de Corpo Negro foi bem aceita pelos alunos, pois os mesmos disseram no decorrer da aula que a interação entre a prática e a teoria fica melhor para absorção do assunto.



Figura 39 - Os alunos no laboratório de informática resolvendo atividades de radiação de corpo negro através do simulador computacional.

6.2.2.4 Aula 4

Nesse encontro começamos a exibição de um vídeo de acordo com a (Fig.40) de 3 minutos relatando a montagem do experimento “Corpo Negro” de baixo custo e material acessível que aborda a Radiação de Corpo Negro, para que possa auxiliar o educando no processo de montagem.



Figura 40 - Estudantes do 3º A assistindo o vídeo do experimento “corpo negro” na sala de aula.

A produção desse vídeo retratando passo a passo os materiais usados, a montagem e o funcionamento dos experimentos, pode ser usada pelo professor na sala de aula como uma atividade motivadora para um determinado assunto ou para ilustrar o conteúdo.

Após os estudantes assistirem o vídeo foi proposta uma oficina seguida de um roteiro (Apêndice O) do experimento “Corpo Negro” de acordo com a (Fig.41), com a finalidade dos alunos montarem esse experimento e caso tivessem alguma dúvida poderiam recorrer ao vídeo para auxiliar na execução dessa atividade experimental.



Figura 41 - Alunos do 3º A verificando o funcionamento do experimento “Corpo Negro”.

6.2.2.5 Aula 5

Nessa aula apresentamos um simulado (Apêndice F) contendo cinco questões objetivas com a finalidade de verificar a aprendizagem dos estudantes referente ao tema abordado de Radiação de Corpo Negro.

6.2.3 Efeito Fotoelétrico

Abaixo apresentamos a sequência didática que será usada no decorrer das aulas de Física do segundo bimestre do ano letivo de 2015 para abordar o tópico de Efeito Fotoelétrico.

6.2.3.1 Aula 1

Nessa etapa levando em consideração os organizadores prévios, introduzimos através de uma aula expositiva, com duração de trinta minutos, o conteúdo de efeito fotoelétrico, onde a participação ativa do educando é de suma importância para que ocorra o ensino-aprendizagem de maneira satisfatória.

Terminada a aula expositiva, foi proposto um vídeo que explica por meio de animações como ocorre o efeito fotoelétrico e suas aplicações no cotidiano. Esse vídeo tem duração de aproximadamente 9 minutos e foi encontrado no site: www.youtube.com.br.

6.2.3.2 Aula 2

Nesse encontro foi entregue aos alunos um texto (Apêndice L) retirado e adaptado da referência: SAMPAIO, J. L. CALÇADA, C. S. Física. São Paulo: Editora Atual, 2º Ed – vol. Único. Ano 2005, retratando o contexto histórico e tecnológico que envolveu a descoberta do Efeito Fotoelétrico.

Outra parte da aula foi proposta uma atividade envolvendo o conteúdo de efeito fotoelétrico através de atividades lúdicas, através de caça palavras e palavras cruzadas, onde os mesmos puderam trocar informações e interagir com os colegas de classe na resolução dos exercícios.

6.2.3.3 Aula 3

Nessa aula não conseguimos levar os alunos na sala de informática, pois o simulador não abre em outros computadores. Então realizamos a simulação computacional dirigida por um roteiro de atividades (Apêndice M) na sala de aula. O simulador computacional escolhido para a atividade experimental virtual foi referente ao efeito fotoelétrico e que está disponível no site do PhET⁵.

O Link para acessar a simulação computacional do efeito fotoelétrico é: <http://www.ensinolivre.pt/?q=node/184>.

Para explicar o funcionamento do simulador e constatar de maneira virtual o efeito fotoelétrico (Fig.42), os alunos receberam um roteiro que explicava os caminhos

⁵PhET - Physics Education Technology, agrega simulações inicialmente no âmbito da física, expandindo para outras áreas como a biologia e a química em diversificadas áreas de concentração e temas

a seguir e uma atividade para constatar as mudanças que são percebidas no decorrer da simulação computacional.



Figura 42 - Os alunos atentos na explicação do simulador computacional que aborda o efeito fotoelétrico.

6.2.3.4 Aula 4

Nesse encontro começamos a exibição de três vídeos abordando o Efeito Fotoelétrico de acordo com a (Fig.43).



Figura 43 - Os alunos assistindo o vídeo para auxiliar na montagem dos experimentos

Os experimentos foram os seguintes: “efeito fotoelétrico” com duração de 3 minutos; “ouvindo o som do controle” com duração de aproximadamente 5 minutos e ouvindo o som da luz com um tempo de 8 minutos.

Após os estudantes assistirem os três vídeos, a turma foi dividida em grupos, para dar início à montagem (Fig.44) dos três experimentos de baixo custo “Efeito fotoelétrico” roteiro (Apêndice R), “Ouvindo o som do controle remoto” roteiro (Apêndice P) e “Ouvindo o som da luz” roteiro (Apêndice Q), onde os alunos puderam nesse momento trocar várias experiências e ao mesmo aprender na prática conceitos que em muitas vezes são só vistos de maneira teórica.



Figura 44 - Os alunos montando os experimentos propostos envolvendo o efeito fotoelétrico.

Na montagem dos experimentos os alunos que tivessem dúvidas podiam assistir novamente os vídeos para ajudar nesse processo.

Após a montagem dos respectivos experimentos que teve duração de quarenta minutos, finalmente foi feita a constatação do seu funcionamento nas (Fig.45) e (Fig.46) nos dez últimos minutos finais da aula.



Figura 45 - Os alunos verificando o funcionamento do experimento “Ouvindo o som do controle remoto”.



Figura 46 – Os estudantes observando o funcionamento do experimento “Ouvindo o som da luz” com o laser

6.2.3.5 Aula 5

Nessa aula apresentamos um simulado (Apêndice G) contendo cinco questões objetivas com a finalidade de verificar a aprendizagem dos estudantes sobre o Efeito Fotoelétrico.

6.2.4 Espectroscopia

Abaixo apresentamos a sequência didática referente às aulas de Física do segundo bimestre do ano letivo de 2015 para abordar o tópico de Espectroscopia.

6.2.4.1 Aula 1

Nessa etapa levando em consideração os organizadores prévios, introduzimos através de uma aula expositiva, com duração de trinta minutos, o conteúdo de Espectroscopia.

Terminada a aula expositiva, os alunos assistiram um vídeo que explica por meio de animações e imagens o contexto histórico e a evolução referente ao contexto envolvendo a Espectroscopia e suas aplicações no cotidiano. Esse vídeo tem duração de aproximadamente 6 minutos e foi encontrado no site: www.youtube.com.br

6.2.4.2 Aula 2

Nesse encontro foi entregue aos alunos um texto (Apêndice N) que foi retirado e adaptado da referência: GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. Editora Ática, São Paulo, Página 324 a 326, 2011, retratando os contextos históricos e suas aplicações no cotidiano.

Logo após a leitura foi proposto atividades lúdicas através de caça palavras e palavras cruzadas referente aos tópicos de espectroscopia.

6.2.4.3 Aula 3

Nessa aula foi apresentado um vídeo de aproximadamente 3 minutos que foi retirado e adaptado do endereço: www.youtube.com/watch?v=gsakct2nstq, abordando o experimento intitulado como “Análise qualitativa de um espectro contínuo”.

Após a exibição do vídeo, os alunos começaram a montar o experimento (Apêndice S) de baixo custo e material acessível referente à espectroscopia, como apresentado na Fig.47.

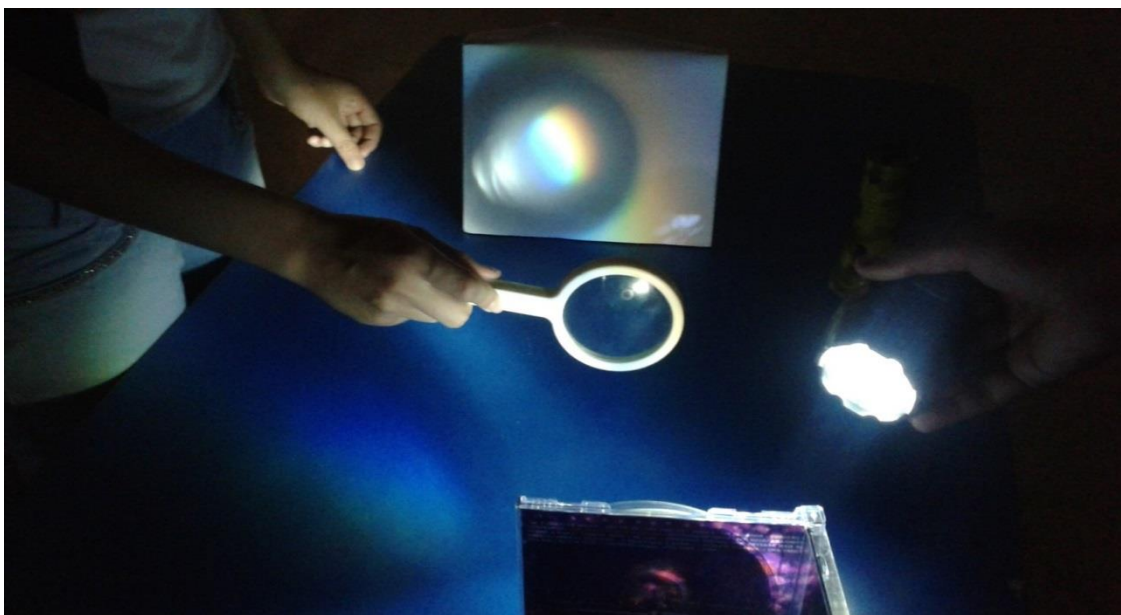


Figura 47 - Alunos verificando o funcionamento do experimento de espectroscopia.

6.2.4.4 Aula 4

Nesse encontro foram realizadas as apresentações envolvendo três peças teatrais, conforme o roteiro do projeto (Apêndice T), no auditório da escola onde está sendo aplicada a intervenção didática. As peças teatrais foram planejadas três semanas antes, onde os alunos representaram algumas partes da bibliografia envolvendo os seguintes cientistas: Hertz, Planck e Einstein.

Nas apresentações com a finalidade de prestigiar e ao mesmo tempo inserir conhecimentos a outros integrantes, foi convidado professores de outras disciplinas juntamente com duas turmas, sendo uma de primeiro e outra de segundo ano do Ensino Médio.



Figura 48 - Alunos abordando a bibliografia Planck através do teatro

Foram destinados quinze minutos para cada apresentação, onde o restante do tempo de uma aula que é (60min) foi reservado para a montagem do palco, como apresentado abaixo.



Figura 49 - Estudantes através de fantoches retratando a bibliografia de Hertz.

6.2.4.5 Aula 5

Nessa aula apresentamos um simulado (Apêndice H) contendo cinco questões objetivas com a finalidade de verificar a aprendizagem dos estudantes sobre Espectroscopia.

6.2.4.6 Etapa Final

Nessa aula apresentamos um simulado geral (Apêndice I) contendo dez questões objetivas com a finalidade de verificar a aprendizagem dos estudantes sobre os tópicos de radiação de corpo negro, efeito fotoelétrico e espectroscopia.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentaremos os nossos principais resultados e discussões do nosso trabalho.

7.1 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

Para a análise da proposta didática usamos como instrumento de coleta de dados um questionário com seis questões, sem a identificação do estudante, que se encontra no Apêndice C, aplicado aos alunos do terceiro ano do Ensino Médio turma A do período matutino da EEEFM Júlio Guerra, município de Ji-Paraná. A avaliação da sequência didática tem como objetivo verificar o método utilizado.

Diante dos resultados obtidos da avaliação da proposta didática podemos destacar, de uma forma geral, que as opiniões dos alunos em relação a sequência didáticas e a metodologia empregada tiveram números satisfatórios.

Para análise e discussão dos resultados desse trabalho, foram realizados os gráficos dos dados referente a quatro perguntas do questionário direcionado aos estudantes, selecionadas pelo autor, bem como apresentadas abaixo:

Questão 1: Como você classifica o uso do simulador computacional na compreensão dos conteúdos efeito fotoelétrico e radiação de corpo negro?

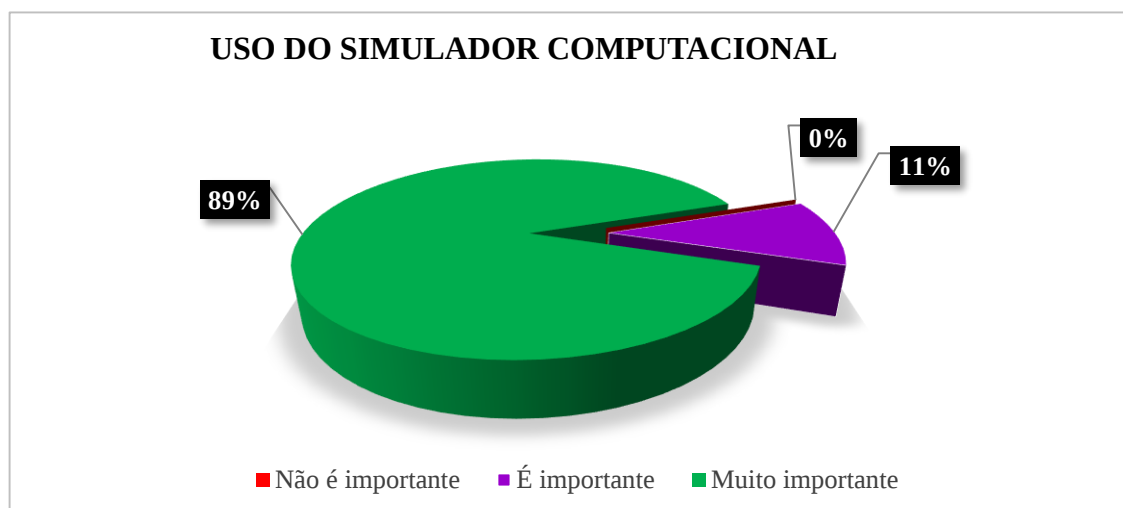


Figura 50 - Classificação do uso do simulador computacional nas aulas de Física na compreensão dos conteúdos efeito Fotoelétrico e Radiação de Corpo Negro.

Analisando o gráfico da Fig.50, observa-se que 89% dos estudantes classificam o uso do simulador computacional sendo muito importante e 11% como importante.

Nessa amostra não houve nenhum resultado apontando que esse recurso didático não é importante.

Nas respostas dos alunos chamou a atenção, pois alguns alunos mesmo sendo um questionário estruturado, aproveitaram para expor suas observações referentes ao uso do simulador computacional nas respectivas aulas, que se encontram abaixo.

“Através do simulador deixou a aula mais atraente, pois ajudou no nosso aprendizado, interagimos mais e principalmente saímos daquela aula tradicional que era só cálculo, pincel e lousa” (Aluno nº 7).

“Particularmente, achei a iniciativa de adotar nas aulas de Física o simulador superimportante, pois aprendi muito do que em relação ao bimestre anterior, e a aula de Física ficou mais interessante, pois somente a lousa e pincel deixa a aula muito monótona” (Aluno nº 9).

“Com o uso do simulador nas aulas sobre efeito fotoelétrico e radiação de corpo negro ajudou bastante na compreensão desses tópicos, pois quando fiz a interação no computador alterando a luz e observando os elétrons saírem da placa metálica e em outro alterando o valor da temperatura e verificando a mudança na frequência, ficou mais fácil de entender o conteúdo que o professor explicou nasala de aula” (Aluno nº 23).

Questão 2: Como você classifica o uso de aulas experimentais na compreensão dos conceitos de efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia?



Figura 51 – Gráfico da classificação do uso de aulas experimentais na compreensão dos conceitos de efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia.

Através da pesquisa conforme apresentado no gráfico da Fig. 51, constata-se que a inserção de experimentos nas aulas de Física é considerada muito importante para 86

% dos estudantes, já 11% consideram importante e 3% dos entrevistados classificam como sendo não importante essa prática de ensino.

Assim foi destacado algumas justificativas de estudantes que não ficaram satisfeitos com esse recurso didático:

“Não percebi melhora no meu aprendizado em física, pois a aula ainda continua complicada para entender esses conceitos e cálculos” (Aluno 13).

Dessa maneira percebemos que mesmo alterando a metodologia de ensino, existem alunos que não conseguem ter um rendimento satisfatório no processo de ensino-aprendizagem.

Contudo, a maioria dos alunos gostou da oportunidade de relacionar a teoria com a prática, pois afirmaram que a experimentação ajudou positivamente na compreensão dos conceitos abordados em sala de aula:

“Você poder construir experimentos na sala de aula deixa as aulas de Física mais objetiva e divertida e ajuda muito mais na compreensão dos conteúdos apresentados pelo professor na sala de aula” (Aluno nº 12).

“Através da montagem dos experimentos a aula ficou mais interessante e atraente, dessa maneira comecei a gostar mais das aulas de física, pois gosto de atividades práticas” (aluno nº 10).

Questão 3: Como você classifica o uso dos vídeos no auxílio da montagem dos experimentos sobre efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia?



Figura 52 – Gráfico da classificação dos vídeos no auxílio da montagem dos experimentos sobre efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia.

Com base nos dados apontados pelo gráfico da Fig.52, analisamos que 82% dos estudantes consideram muito importantes os vídeos para auxiliar na montagem dos experimentos, 14% dos entrevistados consideram importante e 4% classificam esse recurso didático como sendo não importante.

Nesse quesito tivemos também casos de dois educandos que além de responder o questionário estruturado realizaram algumas observações, onde segue o relato abaixo.

“O vídeo dos experimentos relatando passo a passo são importantes para auxiliar no processo de montagem dos experimentos propostos pelo professor, e ainda podem ajudar na compreensão de assuntos de difícil entendimento e abstratos para os alunos” (Aluno nº14).

Questão 4: Como você classifica o uso do teatro para auxiliar na compreensão dos tópicos sobre efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia?

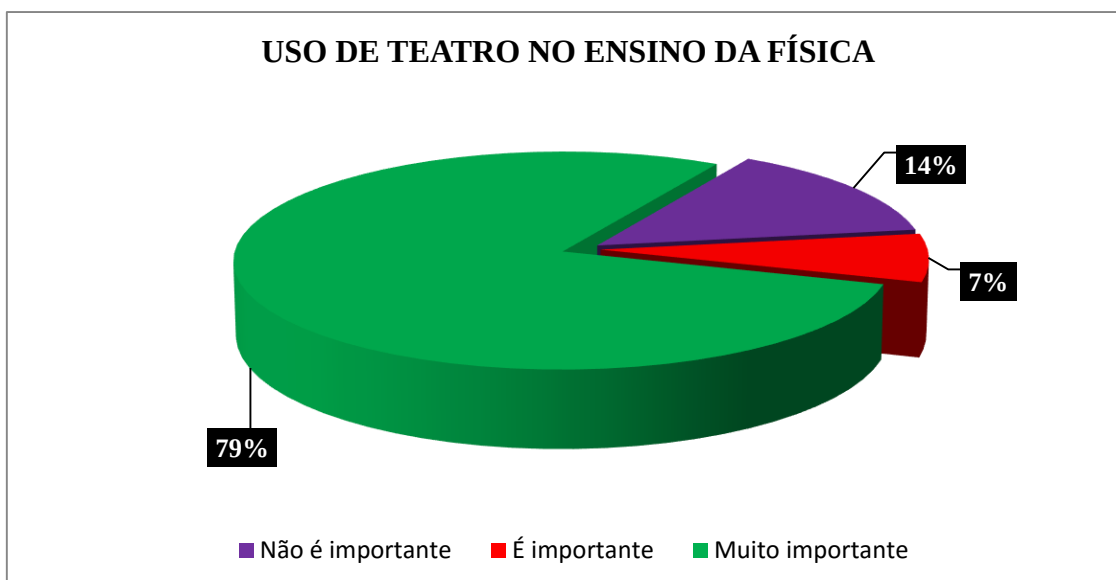


Figura 53 – Gráfico da classificação do uso do teatro nas aulas de Física na compreensão da vida e obra de Hertz, Planck e Einstein.

De acordo com o gráfico da Fig. 53, concluímos que 79% dos alunos consideram muito importante o uso do teatro para auxiliar na compreensão dos conceitos de Física, 14% acham que é importante e 7% classificam como sendo não importante essa prática pedagógica no ensino-aprendizagem dos conceitos de Física.

Contudo, analisando essa prática pedagógica, contamos que a grande maioria dos alunos aprovou a inserção desse recurso didático no Ensino da Física.

7.2 ANÁLISE DA APRENDIZAGEM

O gráfico referente ao simulado I (Apêndice F) nos mostra que a maioria dos alunos acertou a questão de número cinco e a questão dois teve a maior parcela de erro perante os estudantes.

Na figura 54, apresenta-se o gráfico dos dados referentes à porcentagem do número de acerto de questões envolvendo o conteúdo de Radiação de Corpo Negro (SIMULADO I), onde pode observar que 71,43% dos alunos acertaram mais a questão de número 5, a qual através do conhecimento do professor apresentava um baixo nível de dificuldade, pois foi simplesmente a aplicação da fórmula. Já a questão número dois foi contemplada em vestibular, que tem um nível maior de dificuldade. Pode-se observar que os alunos não tiveram uma grande dificuldade quanto à questão um, três e quatro, pois elas apresentaram uma porcentagem aproximadas de acertos.

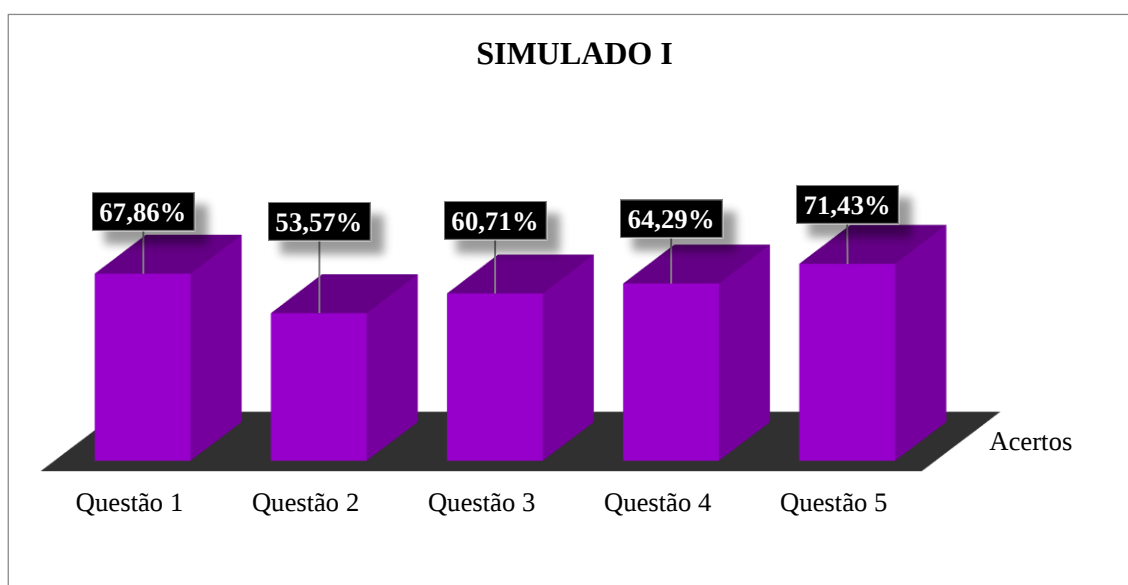


Figura 54 - Número de acerto por questões do Simulado I abordando o conteúdo Radiação de Corpo Negro.

Quanto ao conteúdo de Efeito Fotoelétrico (SIMULADO II – Apêndice G), pode-se observar através do gráfico na figura 55 que houve um grande índice de acerto na questão número 1 e número 3, representada por 82,14% e 71,43% de acerto, respectivamente. Já a questão 4 obteve 21,43% de acerto.

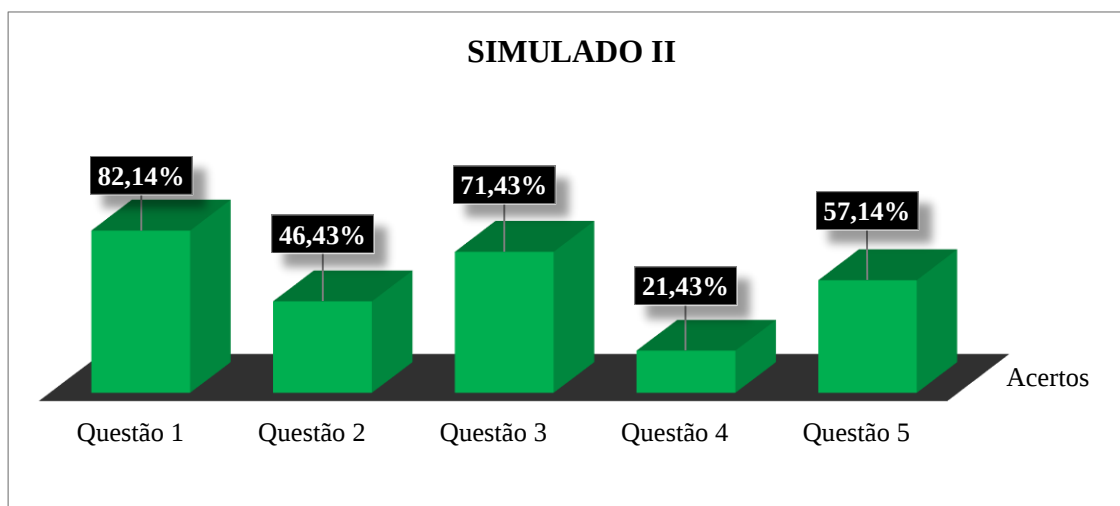


Figura 55 - Número de acerto por questões do Simulado II abordando o conteúdo Efeito Fotoelétrico.

De acordo com o gráfico da figura 56 que aborda o conteúdo de Espectroscopia (SIMULADO III- Apêndice H), verifica-se um maior percentual de acertos na questão de número 1 (82,14%) e a de número 5 (75%), questões as quais foram retiradas a partir do texto aplicado em sala de aula, onde pode perceber que os conteúdos trabalhados em sala e até a forma em que foi utilizada pelo professor a este assunto corroboraram para esse grande número de acertos, enquanto a questão 3 obteve um menor índice de acerto (57,14%) entre os educandos, questão também retirada do texto abordado em sala de aula, porém os estudantes apresentaram dificuldade em associar o fenômeno e o aparelho.

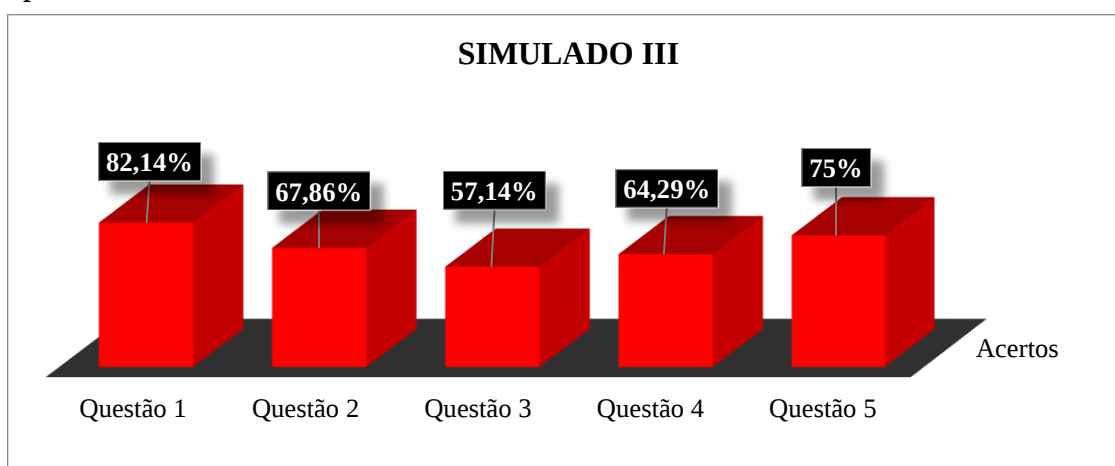


Figura 56 - Número de acerto por questões do Simulado III abordando o conteúdo Espectroscopia.

Analisando o gráfico referente ao SIMULADO GERAL (Apêndice I) na figura 60, o qual aborda os três tópicos: Radiação de Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico e Espectroscopia, nota-se que o percentual maior de acerto das questões pelos estudantes

foram as questões de número 1 (92,86%) e a questão de número 3 (85,71%), as quais abordam conteúdo de Radiação de Corpo Negro. Assim, pode-se dizer que a forma em que foi trabalhado os conteúdos, este foi o que se apresentou mais eficácia quanto a compreensão do aluno. Ou seja, o conteúdo de Radiação de Corpo Negro obteve mais retorno quanto a facilidade da aprendizagem de conceitos de Física Moderna e Contemporânea.

Já o conteúdo de Efeito Fotoelétrico que teve cinco questões não obteve percentagem tão elevadas quanto aos demais assuntos, onde apresentou percentagem de 21,43% a 54,14%. Mesmo os alunos tendo participado de experimentos, vídeos, simuladores e atividades lúdicas, apresentaram dificuldade na hora de responder as questões relacionadas a este tópico. Contudo, os mesmos apresentaram maiores rendimentos na execução das atividades experimentais e computacionais quanto a verificação da aprendizagem objetiva. Apresentando a questão de número 7 a mesma apresentou o menor índice de acerto de todo o simulado geral, a qual foi abordada no ENEM – MEC. E o assunto de Espectroscopia também apresentou uma boa percentagem de acertos na questão 9 com 64,29%, a qual foi retirada do texto abordado em sala de aula.

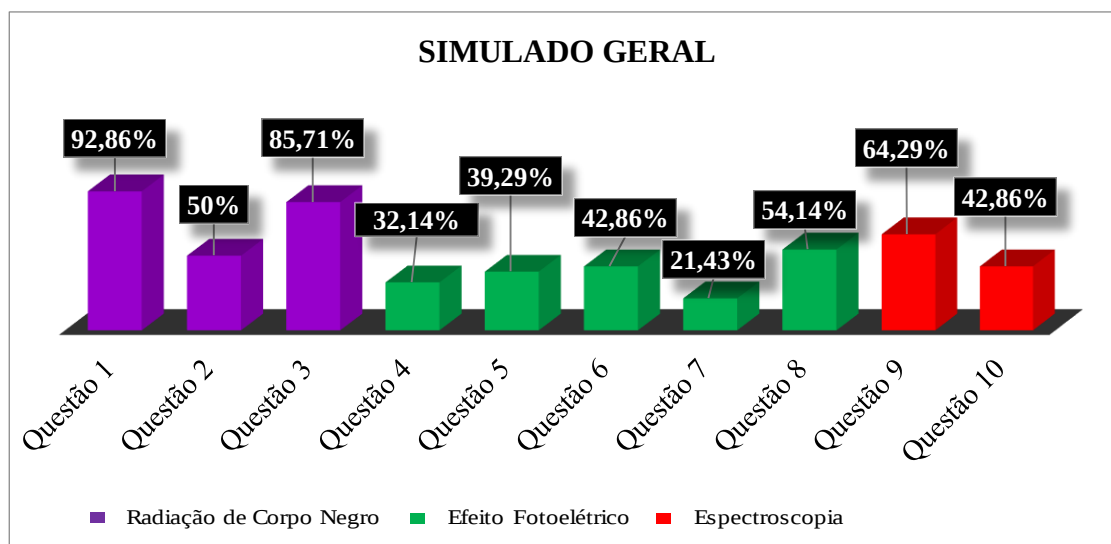


Figura 57 - Numero de acerto por questões do Simulado Geral abordando os conteúdos Efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia.

7.3 COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS BIMESTRAIS

O gráfico da figura 58 apresenta o desempenho das médias do primeiro e segundo bimestre dos alunos. No primeiro bimestre usando como método de avaliação da aprendizagem duas provas e uma lista de exercício, foi verificado que 71,43% dos alunos atingiram a média e 28,57% ficaram abaixo da média. Porém, no segundo bimestre aplicando a sequência didática (produto educacional) para abordar tópicos de FMC, constatou-se que 89,29% dos educandos conseguiram a média e uma parcela de 10,71% ficaram abaixo da média.

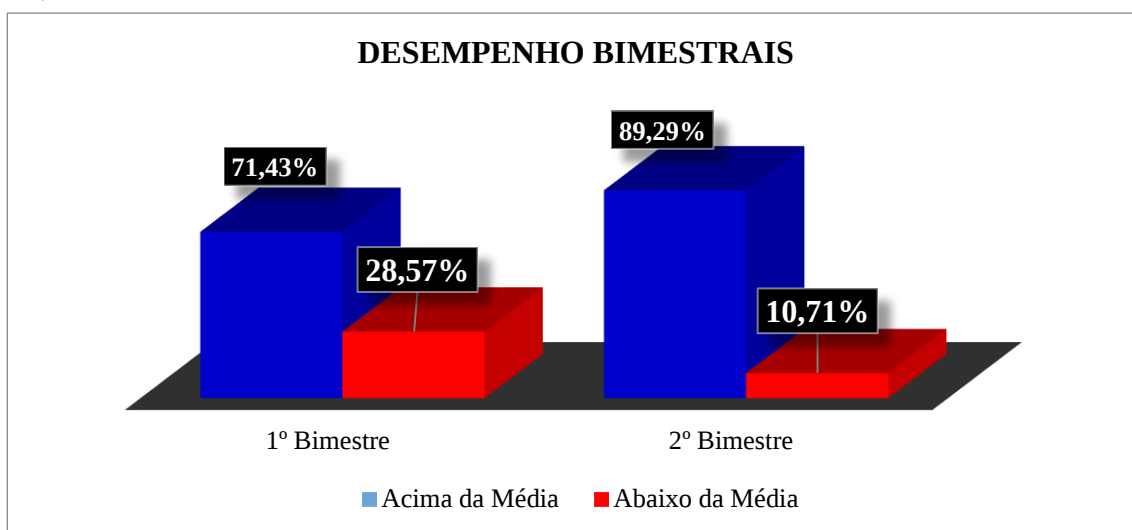


Figura 58 - Comparação do desempenho dos alunos do 3º A do 1º e 2º bimestre, da E.E.E.F.M Júlio Guerra.

O gráfico da figura 59 apresenta as médias do primeiro e segundo bimestre que os alunos atingiram na disciplina de Física. Pode-se observar que houve um crescimento das médias bimestrais no segundo bimestre comparado com o primeiro bimestre.

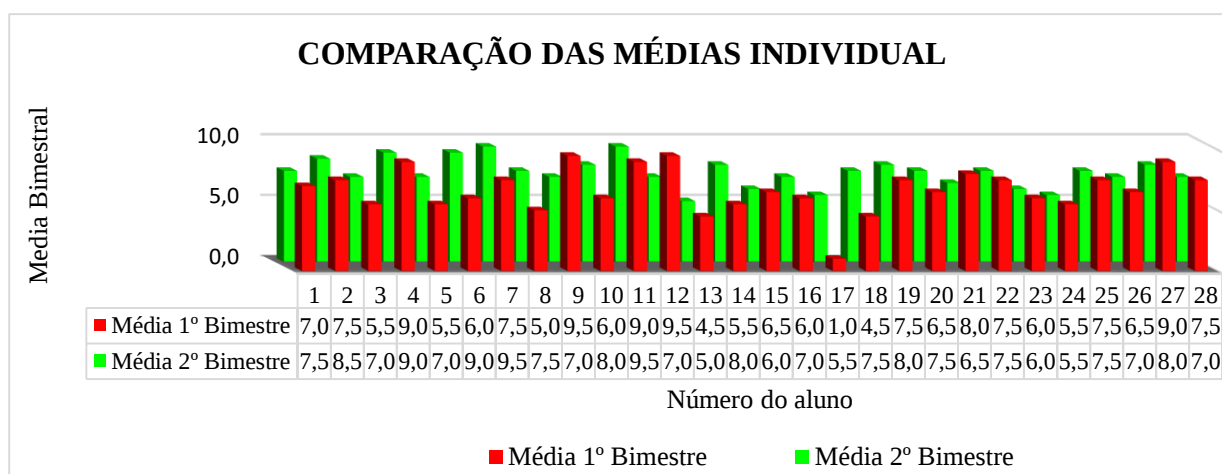


Figura 59 - Comparação das médias bimestrais por aluno do 3º ano A da E.E.E.F.M Júlio Guerra.

De acordo com o gráfico da figura 60, pode-se observar que a média bimestral da turma apresentou um aumento, assim verificando que o método de utilização da proposta didática teve uma boa colaboração no processo de ensino-aprendizagem nesses tópicos de FMC.

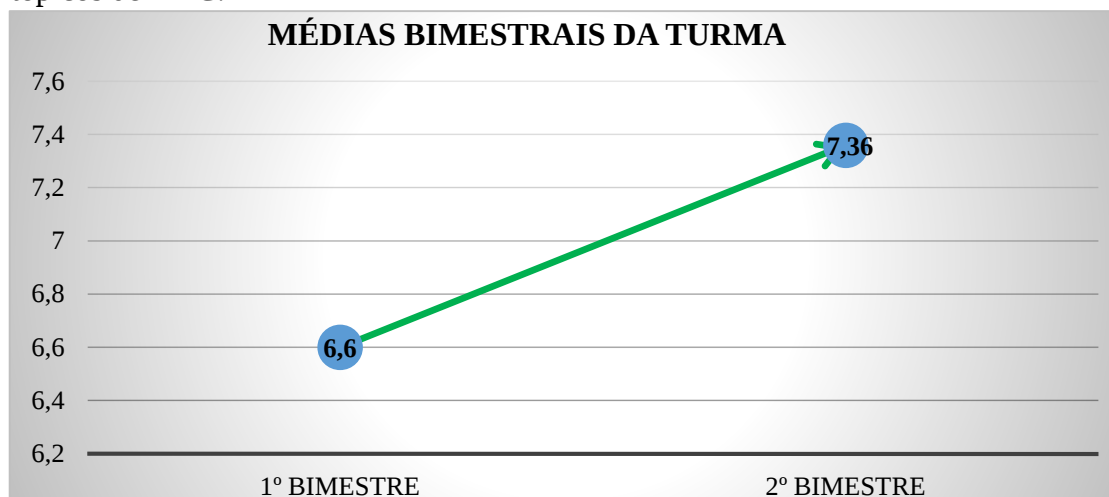


Figura 60 - Comparação das médias bimestrais da turma 3º ano A da E.E.E.F.M Júlio Guerra.

8 CONCLUSÃO

O que podemos concluir através desse estudo é que a Física abordada no Ensino Médio, nas escolas da rede estadual do município de Ji-Paraná, estado de Rondônia, praticamente não ultrapassa o século XIX, excluindo o ensino de Física Moderna e Contemporânea.

Quanto à entrevista que fizemos com os quatorze professores da rede estadual, por meio de um questionário com dez perguntas objetivas, conseguimos extrair as seguintes conclusões: Seis afirmaram que se encontram preparados para abordarem esse ramo da Física na educação básica, três responderam que não estão preparados para trabalhar FMC, pois não tem conhecimento satisfatório sobre o tema. Contudo quatro docentes, mesmo habilitados em matemática, disseram que estavam um pouco aptos, pois não fizeram o curso completo e finalmente um mencionou que os conceitos de Física Moderna são considerados complexos para abordar na Educação Básica.

Os professores também apontaram alguns obstáculos que dificultam a inserção da FMC no Ensino Médio, tais como: De um total de quatorze professores, oito disseram que a carga horária é o grande empecilho para que essa inserção ocorra, três salientam que existe uma deficiência na formação do professor, dois consideram que não deve ser trabalhado esse ramo da Física com os alunos do Ensino Médio, uma vez que o livro didático ilustra essa frente da Física de maneira superficial, e um afirmou que não acha relevante abordar FMC no Ensino Médio.

Os alunos também foram alvos da nossa pesquisa, que por meio de questionário com dez perguntas objetivas, pudemos levantar informações relevantes sobre o grau de conhecimento desses jovens sobre tópicos da FMC. Esse levantamento mostrou que esse ramo da Física no Ensino Médio praticamente não é abordado, então, faz-se necessária uma alteração na questão curricular, visando contribuir de maneira eficaz na alfabetização científica e formação tecnológica de nossos estudantes.

Em relação à pesquisa com oito livros didáticos do PNLD/2012, observa-se que existe uma tentativa de inserção da FMC no Ensino Médio por parte dos autores de livros didáticos, mas a abordagem ainda é bastante superficial. Para que esse recurso pedagógico se torne significativo para o aluno, precisa propiciar estímulos, que o levem não somente à construção de uma nova concepção de mundo, mas que faça um elo entre

o conhecimento da sala de aula com o seu cotidiano. Também notamos que a maioria dos autores apresentam os tópicos de FMC nos últimos anos do Ensino Médio, ou seja, no volume 3 das coleções analisadas.

O uso de simulações no ensino de Física pode trazer vários benefícios, pois os estudantes classificaram o uso da simulação computacional como muito importante e importante, com os percentuais de 89% e 11%, respectivamente. Nessa amostra não houve nenhum resultado apontando que esse recurso didático não é importante.

A utilização de simulações computacionais com recursos pedagógicos pode constituir-se uma perspectiva de um ensino atraente e eficiente, contudo desde que seja feito um planejamento prévio dessa atividade no laboratório de informática, pois uma aula bem planejada pode evitar inúmeras frustrações de ambas às partes.

A utilização de atividades experimentais como estratégias de ensino de Física tem sido destacada por professores e alunos como uma das maneiras mais eficazes de se minimizar as dificuldades de aprender e de ensinar Física de modo significativo. Nossa pesquisa também aponta nessa direção, pois de acordo com os estudantes, 86% disseram que consideram muito importante, 11% mencionaram que é importante e uma parcela de 3% disseram que essa prática pedagógica não é relevante. Pelos relatos dos estudantes, as oficinas contribuíram de maneira satisfatória no ensino-aprendizagem dos tópicos de FMC, pois a interação entre a teoria e a prática, torna o ensino-aprendizagem mais significativo.

A estratégia de usar os vídeos para mostrar as montagens dos respectivos experimentos passo a passo foi considerada positiva pelos estudantes, pois conforme os resultados, 82% deles consideram muito importante os vídeos, 14% consideram importante e 4% classificaram esse recurso didático como sendo não importante. Então, a prática de exibir vídeos é uma maneira de ao mesmo tempo poder motivar e auxiliar os alunos na construção dos experimentos propostos de FMC.

A questão de enfatizar conhecimentos de FMC através da abordagem usando o teatro como um recurso didático foi uma iniciativa elogiada pelos educandos, pois aquela aula somente baseada em lousa, pincel e livro didático, em muitas vezes deixa o ensino-aprendizagem muito monótono e cansativo. De acordo com a pesquisa da proposta didática, 79% responderam que acham muito importante trabalhar com o teatro, 7% consideram importante e 14% acham que não é importante.

Portanto, de acordo com os resultados e discussões apresentados neste trabalho, podemos avaliar que a proposta didática, através do produto educacional, teve uma boa aceitabilidade pela maioria dos alunos e notamos que são inúmeras as razões para que o Ensino da Física Moderna e Contemporânea seja implantado de fato no Ensino de Física do Ensino Médio. Pois, é imprescindível que o estudante conheça os fundamentos da tecnologia atual, pois muita aplicação desse ramo da Física está presente no cotidiano do educando.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVETTI, Marco Antônio S. **Ensino de física moderna e contemporânea e a revista ciência hoje**. 1999. 169 f. Dissertação (Mestrado em Educação e Ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- ANDRADE, Rodrigo Ronelli D. et al. **Influências da Física Moderna na obra de Salvador Dalí**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 24, n. 3: p.400-423, dez. 2007.
- AQUINO, Hermes A. et al (out. 2007). **Efeito Fotoelétrico**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 19. Acesso em 15 de 04 de 2015, disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAQ-wAI/efeito-fotoeletrico>
- ARANTES, Alessandra R. et al. **Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET**. Física na Escola, 11, n. 1, 27-31, 2010.
- ARAÚJO, Mário Sérgio T. et al. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física. Porto Alegre. v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.
- ARRUDA, Sérgio M. et al. Laboratório **caseiro de Física Moderna**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 21, Edição Especial, p. 390- 394, 2004.
- AUSUBEL, David P. et al. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro, Interamericana. Tradução para português, de Eva Nick et al., da segunda edição de Educational psychology: a cognitive view, 1980.
- BARRETO FILHO, Benigno et al. **Física aula por aula**. V. 3. São Paulo: FTD, 2010.
- BORGES, Antônio T. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n.3: p.291-313, 2002.
- BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. PCN+ Ensino Médio: **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.
- BROCKINGTON, Guilherme. **A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio**. 253 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de

Ciências) – Universidade de São Paulo – Instituto de Física, ao Instituto de Química e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2005.

CANATO JÚNIOR, Osvaldo. **Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Médio**. 2003. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo – Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação, São Paulo, 2003.

CARLI, Eloir. **Utilizando demonstrações em vídeo para o ensino de física térmica no ensino médio**. Dissertação de Mestrado Profissional no Ensino de Física- UFRS. Porto Alegre, 2014.

CARUSO, Francisco et al. **Física moderna no ensino médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 26, n.2, p. 355-366, 2009.

CARVALHO, Ana Maria P. et al. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 2. ed. São Paulo: Cortez / Coleção questões da nossa época, 120 p. 1995.

CAVALCANTE, Marisa A. et al. **O ensino e aprendizagem de Física no Século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 4501-1-4501-6, 2009.

CAVALCANTE, Marisa A. et al. **Uma oficina de Física moderna que vise a sua inserção no ensino médio**. Cad. Cat. Ens. Fís. Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 298-316, dez. 2001.

CAVALCANTE, Marisa A. et al. **Inserção de Física moderna no Ensino Médio: Difração de um feixe laser**. Cad. Cat. Ens. Fís. Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 154-169, dez. 1999.

CHAVES, Taniamara V. **Textos de divulgação científica no ensino de física moderna na escola média**. Santa Maria, Rio Grande do Sul: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Educação. (Dissertação de mestrado), 2002.

CINELLI, Nair Pereira F. **A influência do vídeo no processo de aprendizagem**. Florianópolis: UFSC, 72 f. Dissertação de Mestrado. 2003.

CLEMES, Glenda et al. **Vídeo aula como estratégia de Ensino em Física**. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE, 2012, Criciúma. Anais... Criciúma: IFSC, 2012. p. 422-431.

Disponível em: <<https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rte/article/viewFile/597/427>>.

Acesso em: 27 fevereiro de 2015.

COSTA, Evellyne B. et al. **A utilização do teatro para enriquecer o aprendizado do conteúdo de física no ensino fundamental e médio**. XVI Simpósio Nacional de ensino de física, estado, 2004.

D'ÁVILA, Cristina M. **Decifra-me ou te devorarei: o que pode o professor frente ao livro didático**. Salvador: EDUNEB, 2008.

DALLACOSTA, Adriana et.al. **O Vídeo Digital e a Educação**. XV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. 2004.

DELIZOICOV, Demétrio et al. **A Metodologia do ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1992.

DOCA, Ricardo H. et al. **Física**. São Paulo: Saraiva 2010.

DOMINGUINI, Lucas. **Física Moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM**. Revista Brasileira de Ensino de Física. v.34, n.1, 2012.

FERRÉS, Joan. **Vídeo e Educação**. 2ª ed. Artes Médicas, 1996.

FIOLHAIS, Carlos et al. **Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 3, p.259–272, set. 2003.

FOGAÇA, Jennifer. **Espectros de Emissão e de Absorção e Leis de Kirchhoff**. Fonte: Brasil Escola: Disponível em: <http://www.brasilecola.com/quimica/espectros-emissao-absorcao-leis-kirchhoff.htm>. Acesso em: 16 de março de 2015.

GASPAR, Alberto. Física. **Compreendendo a física**. Livro do Professor. São Paulo: Ática, 2010.

JÚDICE, Renato A. et al. **A Física e o teatro – uma parceria que deu certo!** Revista Física na Escola, vol. 2, nº 1, 2001, p. 7-9. <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/teatro.pdf>> acesso em 10 de abril de 2015.

KAZUHITO, Yamamoto et al. **Física para o ensino médio**. São Paulo: Saraiva 2011.

KESSLER, Sérgio L. **O ensino da física moderna no ensino médio: necessidades e dificuldades no oeste catarinense**. Dissertação de Mestrado em Educação Ciências e Matemática -Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

- LIBÂNEO, José C. **Didática: velhos e novos tempos**. Edição do Autor, maio de 2002.
- LOBATO, Teresa et al. **Análise da inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física do Ensino Médio**. Ciência & Educação, Bauru, v. 11, n. 1, p. 119-132, mai. 2005.
- MACHADO, Daniel I. et al. **Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 28 (4), 473-485, 2006.
- MARCELINO-Jr, Cristiano de Almeida C. et al. **Perfumes essências: a utilização de um vídeo na abordagem das funções orgânicas**. Química Nova na Escola, v. 19, n. 1, p. 15-18, 2004.
- MÁXIMO, Antônio et al. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 2010.
- MEDINA, Marcio et al. **O teatro como ferramenta de aprendizagem da Física e de problematizarão da natureza da ciência**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol.27, nº 2, p. 313-333. Agosto de 2010,
- MELHORATO, Rodrigo L. **Da física clássica à moderna: o simples toque de uma sirene**. Revista Brasileira de Ensino de Física. vol.34 nº.3 São Paulo Jul./set. 2012.
- MORAN, José M. **Integração das Tecnologias na Educação. Desafios da televisão e do vídeo à escola**. Secretaria de Educação a Distância, SEED. 2005
- MOREIRA, Marco A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- MOREIRA, Marco A. et al. **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre/BR, 1991.
- MOREIRA, Marco A. **Partículas e Interações**. Revista Física na Escola, v. 5, n. 2, 2004. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol5/Num2/v5n1a03.pdf>> Acesso em: 15 de março de 2015.
- MOREIRA, Marco A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 2011.
- OLIVEIRA, Eder D. et AL. **Gaia Abstração Game: Proposta de um Jogo para Mediar o Processo de Ensino-Aprendizagem do Paradigma da orientação a objetos**. XII SB Games – São Paulo – SP – Brasil, outubro 16-18, 2013.
- OLIVEIRA, Fabio F. et al. **Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.29, n.3, p. 447-454, 2007.
- OSTERMANN, Fernanda et al. **Física Contemporânea em la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores**. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v. 18, n. 3, p. 391-404, 2000. Disponível em

<http://www.cienciamao.usp.br/dados/ienci/_umarevisaobibliograficas.artigocompleto.pd> Acesso em: 10 de outubro de 2014.

OSTERMANN, Fernanda et al. **Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 16, n. 3, p. 267-286, dez. 1999.

OSTERMANN, Fernanda et al. **Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e a aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 19, n. 2, p. 176-190, ago. 2002.

OSTERMANN, Fernanda et al. **Relatividade Restrita no Ensino Médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Porto Alegre, v.21, n.1, p. 83-102. abr. 2004.

OSTERMANN, Fernanda et al. **Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: um Texto para Professores sobre Supercondutividade.** Revista Brasileira de Ensino de Física. Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 270-288. Set. 1998.

OSTERMANN, Fernanda et al. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”.** Revista Investigação em ensino de ciências do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v. 5, n. 1, mar. 2000. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>> Acesso em 10 dezembro de 2014.

OSTERMANN, Fernanda. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física.** Tese de Doutorado. Instituto de Física – UFRGS. 2000.

PARENTE, Francisco Auréio G. et al. **O átomo de Bohr no Ensino Médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 1, 1502, 2014.

PELIZZARI, Adriana et al. **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel.** Rev. PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.39-42, jul. 2001-jul. 2002.

PEREIRA, Denis Rafael O. **Ensino de Física no Nível Médio: Tópicos de Física Moderna e Experimentação.** Revista Ponto de Vista, v. 3, n. 1, p.65-81, 2006.

PEREIRA, Marcus V. **Da construção ao uso sem sala de aula de um vídeo didático de física térmica.** Cadernos do Aplicação, Porto Alegre, v.21, n.2, 2008.

- PEREIRA, Marcus V. et.al. **Análise da produção de vídeos por estudantes como uma estratégia alternativa de laboratório de física no ensino médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 4, 4401, 2010.
- PIETROCOLA, Mauricio et al. **Física em contextos: pessoal, social e histórico.** Livro do Professor. São Paulo: FTD, 2010.
- PINTO, Alexandre C. et al. **É possível levar a Física Quântica para o ensino médio?** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.
- ROCHA FILHO, João B. da. **Física e Psicologia.** P.A.: Edi PUCRS, 2004.
- RODRIGUES, Carla M. **A inserção da física moderna no ensino médio aliada à tecnologia do sistema de posicionamento global (GPS).** Santa Maria, RS, 2011.
- ROSITO, Berenice A. **O ensino de Ciências e a experimentação.** In: MORAES, R. Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas. 2 eds. Porto Alegre: Editora EDIPUCRS, p.195-208, 2003.
- SAMAPAIO, José L. et al. **Universo da Física.** Ed. Atual, São Paulo, 2005.
- SANT'ANNA, Blaidi et al. **Conexões com a física.** Livro do Professor. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2010.
- SANTOS, Júlio César F. **“O Desafio de Promover a Aprendizagem Significativa”**, Disponível<[http://cenfophistoria.files.wordpress.com/2012/02/texto desafio.pdf](http://cenfophistoria.files.wordpress.com/2012/02/texto_desafio.pdf)>. Acesso em: 28 de abr. 2015.
- SERÈ, Marie G. et al. **O papel da experimentação no ensino da Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.20, n.1, p. 30-42, 2003.
- SILVA, Luciene F. et al. **Física Moderna no Ensino Médio: Um experimento para abordar o Efeito Fotoelétrico.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 29, n. 2, p. 313- 324, ago. 2012.
- SHNEIDERMAN, Ben. Creativity Support Tools-Accelerating Discovery and Innovation, **Communications of the ACM**, December 2007/Vol. 50, No. 12, p.20-32, 2007.Disponível<<https://www.cs.umd.edu/users/ben/publications.htm>> Acesso em 14 de Abril de 2015.
- TERRAZAN, Eduardo A. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na Escola Média.** Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1994.

TORRES, Carlos M. et al. **Física: ciência e tecnologia**. Livro do Professor. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

FÍSICA MODERNA. UFRGS: Acesso em 09 de fevereiro de 2015. Disponível em: <<<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/index.html>>>

VALADARES, Eduardo C. et al. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

VEIT, Eliane A. et al. **Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.24, n.2, p. 87-96, jun. 2002.

VICENTINI, Gustavo W. et al. **O uso do vídeo como instrumento didático e educativo em sala**. XIX ENANGRAD. Curitiba, Pr, 01 a 03 de outubro de 2008. Disponível em <<http://home.furb.br/mariadomingues/site/publicacoes/2008/eventos/evento-2008-09>>acesso em: 10 de fev.2015.

APÊNDICE A – DVD COM MATERIAL INSTRUCIONAL

Produto Educacional (Sequência Didática)

<https://drive.google.com/open?id=0ByFPwoqHUs9XN3FjUjc0RkVWUEU>

Vídeo do Experimento de Radiação de Corpo Negro

<https://www.youtube.com/watch?v=d7N9VMFKmWk&feature=youtu.be>

Vídeo do Experimento do Efeito Fotoelétrico

<https://www.youtube.com/watch?v=vEttet3OcM4&feature=youtu.be>

Vídeo do Experimento Ouvindo o som do controle remoto

<https://www.youtube.com/watch?v=qJMk5wBUepY&feature=youtu.be>

Vídeo do Experimento Ouvindo o som da luz

<https://www.youtube.com/watch?v=xZwSvwmYo4Y&feature=youtu.be>

Vídeo do Experimento da Análise Qualitativa de um espectro contínuo

<https://www.youtube.com/watch?v=nLrVLgZUR0g>

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PROFESSORES



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

Questionário para professores sobre o tema “ **O Ensino da Física Moderna no Ensino Médio**”

Escola:

1) Qual a sua formação na graduação ?

a) () Física b) () Matemática c) () Ciências d) () Áreas afins

2) Há quanto tempo você atua como professor no Ensino Médio ?

a) () menos que 5anos b) () 5 a 10 anos c) () 10 a 15 anos d) () mais que 15 anos

3) Possui formação pós-graduação?

a) () especialização b) () mestrando c) () mestrado d) () não possui

4) Sua escola possui laboratório de física?

- a) () sim, mas não tenho tempo para preparar as experiências.
- b) () sim, mas faltam materiais para realizar os experimentos.
- c) () não, mas está sendo implantado
- d) () não possui.

5) Você se encontra preparado para ensinar Física Moderna para seus alunos?

- a) () Sim, estudei Física Moderna e estou sempre pesquisando sobre esse tema.
- b) () Um pouco, pois não fiz o curso de física completo.
- c) () Não, porque não tenho um conhecimento satisfatório sobre o tema.
- d) () Não, pois os conceitos de física moderna são complexos.

6) Você aborda algum tema de Física Moderna?

- a) () sim, trabalho alguns tópicos durante os três anos do ensino médio.
- b) () sim, somente para o terceiro ano.
- c) () muito pouco, com alguns tópicos faço uma contextualização do mundo contemporâneo.
- d) () ainda não

7) Você acha que é possível ensinar tópicos de Física Moderna no Ensino Médio?

- a) ☐ sim, mas existem uma deficiência na formação do professor.
- b) ☐ sim, mas a carga horária reduzida é o grande obstáculo.
- c) ☐ não, pois não acho relevante ensinar aos alunos.
- d) ☐ não, pois o livro didático aborda de maneira superficial.

8. Seus alunos questionam sobre tópicos de física moderna e contemporânea nas aulas?

- a) ☐ sim, gostam de perguntar sobre temas que envolve a física contemporânea.
- b) ☐ sim, porém não sabem diferenciar a física moderna e contemporânea da clássica.
- c) ☐ não, pois não acho prudente discutir esse ramo da física em sala de aula.
- d) ☐ ainda não

9. Você gostaria de participar de uma formação continuada voltada para os conceitos teóricos e práticos na área de Física Moderna?

- a) ☐ sim, pois tenho várias dúvidas para trabalhar esse ramo da física na sala de aula.
- b) ☐ não, pois não acho relevante esse ramo da física para o ensino médio.
- c) ☐ não, pois não tenho dificuldade para abordar esse tema em sala de aula.
- d) ☐ não, pois acho essas formações uma perda de tempo.

10. Na sua opinião de que forma a física moderna poderia ser trabalhada em sala de aula?

- a) ☐ Enfatizar alguns tópicos significativos no terceiro ano do ensino médio.
- b) ☐ Enfatizar alguns tópicos significativos no decorrer do ensino médio.
- c) ☐ Enfatizar a questão dos cálculos que envolve a física moderna e contemporânea.
- d) ☐ Não deveria ser trabalho esse ramo da física no ensino médio.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO ALUNOS


MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

Questionário para os alunos sobre o tema “O Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”.

1. Você gosta de estudar Física?

- a) ☐ sim b) ☐ não c) ☐ um pouco

2. O que você aprende em Física na sala de aula, ajuda no seu desenvolvimento do dia a dia?

- a) ☐ sim b) ☐ não c) ☐ muito pouco

3. Você sabe qual a diferença entre a Física Moderna e a Física Clássica?

- a) ☐ sim b) ☐ não c) ☐ um pouco

4. Você já ouviu falar sobre Física Moderna e Contemporânea?

- a) ☐ sim b) ☐ não c) ☐ um pouco

5. Em suas aulas de Física, o professor aborda questões sobre a Física Moderna e Contemporânea?

- a) ☐ sim b) ☐ não c) ☐ raramente

6. Você gostaria que temas como teoria da relatividade, radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, laser, raio-X, nanotecnologia e outros tópicos de Física Moderna e Contemporânea fossem abordados nas aulas de Física?

- a) ☐ sim, pois ajudaria na compreensão do mundo atual
 b) ☐ não, pois não gosto de física
 c) ☐ não faz diferença na minha formação

7. Você já ouviu falar sobre esses cientistas: Albert Einstein, Max Planck, Heisenberg, Richard Feynman, Michelson e Morley?

- a) ☐ sim b) ☐ não c) ☐ um pouco

8. Qual sua principal fonte de informações sobre Física Moderna e Contemporânea?

- a) ☐ o livro didático b) ☐ internet, revistas, jornais e TV c) ☐ o professor

9. Nas suas aulas de Física, o laboratório é usado para ajudar no ensino-aprendizagem dessa disciplina?

- a) ☐ sim b) ☐ não c) ☐ não há laboratório

10. Em sua opinião, por que o professor deveria trabalhar Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio ?

- a) ☐ seria uma forma de compreender melhor o mundo que vivemos
 b) ☐ é conteúdo abordado no Enem
 c) ☐ não acho importante inserir esse ramo da Física

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO PRÉVIO


MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

Escola:**Professor:****Aluno (a):****Série: Nº: Ano:****Etapa I – Questionário Prévio**

Prezado aluno (a).

Este teste é apenas uma sondagem sobre seus conhecimentos iniciais de Física Moderna e Contemporânea, não interferindo na sua nota bimestral.

1) O que é a luz?

2) Ao entardecer as lâmpadas de iluminação das ruas acendem-se automaticamente. Ao clarear do dia, apagam-se. Uma porta se abre quando uma pessoa dela se aproxima. Uma campainha é ativada quando um cliente passa pela porta de uma loja, avisando da sua chegada. Holofotes acendem-se na passagem de uma pessoa em suas imediações. Todas essas aplicações tecnológicas descritas são explicadas pelo qual fenômeno? Quem o descobriu? Quem o explicou?

3) O que você entende por radiação de corpo negro?

4) A espectroscopia é um ramo da física e da química que estuda o que no cotidiano?

Gabarito:

- 1) É uma radiação eletromagnética que se propaga no vácuo e se comporta de maneira dual, ou seja, como partícula ou como uma onda, mas não as duas ao mesmo tempo.
- 2) Efeito Fotoelétrico. Hertz em suas descobertas e após a sua morte o seu discípulo Lennard também teve uma parcela satisfatória nesse fenômeno. Quem explicou e depois ganhou com esse estudo o prêmio Nobel em 1921 foi Albert Einstein.
- 3) A radiação de corpo negro, ou radiação térmica, é a radiação emitida por qualquer corpo a partir de sua energia interna. As características desta radiação dependem apenas da temperatura absoluta do corpo.
- 4) A espectroscopia consiste na análise da radiação eletromagnética que vem de uma fonte, como, por exemplo, o Sol, uma nebulosa ou até mesmo a chama de uma vela, para poder definir propriedades físicas e químicas destes materiais.

APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA


MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

Prezado aluno (a):

Gostaríamos de contar com sua opinião sobre as atividades que foram propostas nessas aulas em que estudamos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea utilizando questionário prévio, palavras cruzadas, caça palavras, simulado, vídeos, textos, simuladores, roteiro de atividades, peças teatrais, experimentos e vídeos dos experimentos.

Obrigado.

1. Em sua análise, a apresentação dos conteúdos efeito fotoelétrico, radiação de corpo negro e espectroscopia, através de uma aula expositiva no Power Pointer interligado a um texto abordando o fator histórico e suas consequências ajudaram na sua aprendizagem desses conteúdos propostos?

a) Sim, ajudou na compreensão dos conteúdos. ()

b) Ajudou um pouco. ()

c) Não ajudou em nada. ()

2. O uso de vídeos com animações para abordagem dos tópicos de efeito fotoelétrico, radiação de corpo e espectroscopia ajudaram na sua aprendizagem desses tópicos?

a) Sim, ajudou na compreensão dos conteúdos. ()

b) Ajudou um pouco. ()

c) Não ajudou em nada. ()

3. Como você classifica o uso do simulador computacional na compreensão dos conteúdos efeito fotoelétrico e radiação de corpo negro?

a) Muito importante. ()

b) É importante. ()

c) Não é importante. ()

4) Como você classifica o uso de aulas experimentais na compreensão dos conceitos de efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia?

a) Muito importante. ()

b) É importante. ()

c) Não é importante. ()

5) Como você classifica o uso dos vídeos no auxílio da montagem dos experimentos sobre efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia.

a) Muito importante. ()

b) É importante. ()

c) Não é importante. ()

6) Como você classifica o uso do teatro para auxiliar na compreensão dos tópicos sobre efeito Fotoelétrico, Radiação de Corpo Negro e Espectroscopia.

a) Muito importante. ()

b) É importante. ()

c) Não é importante. ()

APÊNDICE F – SIMULADO I



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

Escola:

Professor:

Aluno (a) :

Série: N° Ano:

Simulado I referente à Aprendizagem da Radiação de Corpo Negro-Valor:

1. (UFRS-RS) Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do parágrafo abaixo. O ano de 1900 pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do século XX. Naquele ano, Max Planck apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a ideia da da energia, da qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

a) conservação b) quantização c) transformação d) conversão e) propagação

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

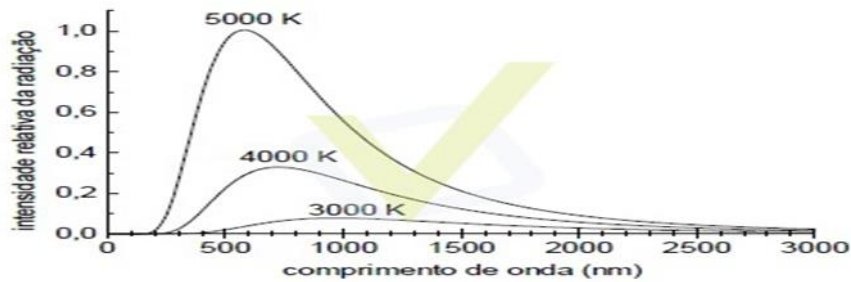
a) bárions. b) dipolos. c) íons. d) pulsos. e) fótons

3.(UFRS) O espectro de radiação emitido por um corpo negro ideal depende basicamente de:

- a) seu volume.
- b) sua condutividade térmica
- c) sua temperatura
- d) seu calor específico
- e) sua massa

4. (UFPR) A equação que descreve o espectro de radiação emitido por um corpo negro foi descoberta por Max Planck em 1900, sendo posteriormente chamada de Lei da Radiação de Planck. Ao deduzir essa equação, Planck teve que fazer a suposição de que a energia não poderia ter um valor qualquer, mas que deveria ser um múltiplo inteiro de um valor mínimo. O gráfico abaixo mostra a intensidade relativa da radiação emitida

por um corpo negro em função do comprimento de onda para três diferentes temperaturas. A região visível do espectro compreende os comprimentos de onda entre 390 nm e 780 nm, aproximadamente, que correspondem às cores entre o violeta e o vermelho.



Com base nessas informações e no gráfico acima, coloque V (verdadeiro) e F (falso):

- A Lei da Radiação de Planck depende da temperatura do corpo negro e do comprimento de onda da radiação emitida. ()
- O princípio de funcionamento de uma lâmpada incandescente pode ser explicado pela radiação de corpo negro. ()
- Para a temperatura de 3000 K, a maior parte da radiação emitida por um corpo aquecido está na faixa do infravermelho. ()

a) V V F b) F F F c) F V F d) V V V e) V F V

5. O valor de R também indica a rapidez com a qual o corpo emite energia, por exemplo, se a temperatura for duplicada a energia emitida será aumentada quantas vezes, de acordo com a Lei de Stefan-Boltzmann?

a) 16 b) 32 c) 64 d) 81 e) 144

Gabarito: 1- B 2- E 3- C 4- D 5- A

APÊNDICE G – SIMULADO II


MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N° Ano:

Simulado II referente à Aprendizagem do Efeito Fotoelétrico-Valor:

1.(PUC-MG) O efeito fotoelétrico é um fenômeno pelo qual:

- a) elétrons são arrancados de certas superfícies quando há incidência de luz sobre elas.
- b) as lâmpadas incandescentes comuns emitem um brilho forte.
- c) as correntes elétricas podem emitir luz.
- d) as correntes elétricas podem ser fotografadas.
- e) a fissão nuclear pode ser explicada.

2. (ITA-SP) Incide-se luz num material fotoelétrico e não se observa a emissão de elétrons. Para que ocorra a emissão de elétrons do mesmo material basta que se aumente(m):

- a) a intensidade da luz.
- b) a frequência da luz
- c) o comprimento de onda da luz.
- d) a intensidade e a frequência da luz.
- e) a intensidade e o comprimento de onda da luz.

3. (UFRS) Considere as seguintes afirmações sobre o efeito fotoelétrico.

I. O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por uma superfície metálica atingida por radiação eletromagnética.

II. O efeito fotoelétrico pode ser explicado satisfatoriamente com adoção de um modelo corpuscular para a luz.

III. Uma superfície metálica fotossensível somente emite fotoelétrons quando a frequência da luz incide nessa superfície excede certo valor mínimo, que depende do metal.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I. b) Apenas II. c) Apenas I e II. d) Apenas I e III. e) I, II e III.

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

I - o efeito fotoelétrico só pode ser entendido em termos de um modelo corpuscular para a radiação eletromagnética.

II - o número de elétrons arrancados de uma placa metálica pelo efeito fotoelétrico cresce com o aumento da intensidade da radiação eletromagnética que atinge a placa.

III - a energia máxima dos elétrons arrancados de uma placa metálica pelo efeito fotoelétrico cresce com o aumento da intensidade da radiação eletromagnética que atinge a placa.

Está (ao) correta(s):

a) apenas I. b) apenas II. c) apenas III. d) apenas I e II. e) I, II e III.

5. (UFMG-MG) Utilizando um controlador, André aumenta a intensidade da luz emitida por uma lâmpada de cor vermelha, sem que esta cor se altere. Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que a intensidade da luz aumenta porque

- a) a frequência da luz emitida pela lâmpada aumenta.
- b) o comprimento de onda da luz emitida pela lâmpada aumenta.
- c) o número de fótons emitidos pela lâmpada, a cada segundo, aumenta.
- d) a energia de cada fóton emitido pela lâmpada aumenta.

Gabarito: 1 -A 2 -B 3-E 4-D 5-C



Série: N° Ano:

Gabarito: 1- C 2- B 3- C 4- B 5- A

APÊNDICE I – SIMULADO GERAL



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

Escola:

Professor:

Aluno (a):

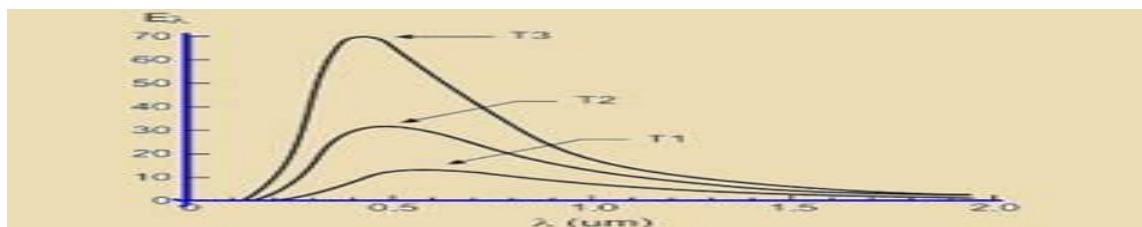
Série:

Nº :

Ano:

Verificação da Aprendizagem em Física Moderna e Contemporânea – Valor:

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



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

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

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

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

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

Assinale a alternativa correta.

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

2. (PUC - RS) A escolha do ano de 2005 como o Ano Mundial da Física teve como um de seus objetivos a comemoração do centenário da publicação dos primeiros trabalhos de Albert Einstein. No entanto, é importante salientar que muitos outros cientistas

contribuíram para o excepcional desenvolvimento da Física no século passado. Entre eles cabe destacar Max Planck, o qual, em 1900, propôs a teoria da quantização da energia. Segundo esta teoria, um corpo negro irradia energia de forma _____, em porções que são chamadas de _____, cuja energia é proporcional à _____ da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia. A sequência de termos que preenche corretamente as lacunas do texto é :

- | | |
|--|-----------------------------------|
| a) descontínua - prótons – frequência | b) contínua - prótons - amplitude |
| c) descontínua - fótons – frequência | d) contínua - fótons - amplitude |
| e) descontínua - elétrons - frequência | |

3.(UEL-PR-Adaptado) A faixa de radiação eletromagnética perceptível dos seres humanos está compreendida entre o intervalo de 400 a 700 nm. Considere as afirmativas a seguir.

- I – A energia do fóton de luz vermelha é maior que a energia do fóton de luz violeta;
- II - Um corpo negro ideal absorve toda a luz incidente, não refletindo nenhuma onda eletromagnética;
- III - A frequência de uma determinada cor (radiação eletromagnética) é sempre a mesma;
- IV - A luz ultravioleta tem energia maior do que a luz infravermelha.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e III são corretas.
- c) Somente as afirmativas II e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

4.(UFPR) O efeito fotoelétrico foi descoberto experimentalmente por Heinrich Hertz em 1887. Em 1905, Albert Einstein propôs uma explicação teórica para esse efeito, a qual foi comprovada experimentalmente por Millikan, em 1914. Essa comprovação experimental deu a Einstein o prêmio Nobel de Física de 1921. Em relação a esse efeito, assinale a alternativa correta.

- a) O efeito fotoelétrico ocorre quando um elétron colide com um próton.
- b) A teoria de Einstein considerou que a luz nesse caso se comporta como uma onda.
- c) Esse efeito é utilizado para explicar o funcionamento de fontes de laser.

- d) Esse efeito é observado quando fótons atingem uma superfície metálica.
- e) Inexistem aplicações tecnológicas desse efeito em nosso cotidiano, pois ele ocorre somente no nível atômico.

5. (UNCISAL) O efeito fotoelétrico foi explicado por Albert Einstein o qual propôs que a luz apresenta um comportamento dual, ou seja, onda-partícula. Esse efeito possui inúmeras aplicações, como exemplo os sensores de porta automática. Com relação a esse efeito, qual das opções a seguir está correta?

- a) O efeito fotoelétrico é explicado levando em conta apenas a natureza ondulatória da luz.
- b) É impossível ejetar elétrons de um metal incidindo luz nele.
- c) Ao incidir luz em um determinado metal a quantidade de elétrons ejetados independe da intensidade da luz.
- d) A energia cinética máxima dos elétrons ejetados depende do metal e da energia do fóton incidente.
- e) A energia cinética máxima dos elétrons ejetados depende do tempo em que a luz incide no material.

6. (UFG) O efeito fotoelétrico, explorado em sensores, células fotoelétricas e outros detectores eletrônicos de luz, referem-se à capacidade da luz de retirar elétrons da superfície de um metal. Quanto a este efeito, pode-se afirmar que.

- a) a energia dos elétrons ejetados depende da intensidade da luz incidente.
- b) a energia dos elétrons ejetados é discreta, correspondendo aos quanta de energia.
- c) a função trabalho depende do número de elétrons ejetados.
- d) o número de elétrons ejetados depende da cor da luz incidente.
- e) a velocidade dos elétrons ejetados depende da cor da luz incidente.

7.(ENEM-MEC) O efeito fotoelétrico contrariou as previsões teóricas da física clássica porque mostrou que a energia cinética máxima dos elétrons, emitidos por uma placa metálica iluminada, depende:

- a) exclusivamente da amplitude da radiação incidente.
- b) da frequência e não da amplitude da radiação incidente.
- c) da frequência e não do comprimento de onda da radiação incidente.
- d) da amplitude e não do comprimento de onda da radiação incidente.
- e) do comprimento de onda e não da frequência da radiação incidente.

8.(UFSM-RS) O efeito fotoelétrico é usado em dispositivos para controlar o funcionamento das lâmpadas nos postes de iluminação pública. Tal efeito evidencia a natureza:

- a) transversal de onda eletromagnética
- b) longitudinal de onda eletromagnética
- c) ondulatória da luz
- d) corpuscular da luz
- e) vibracional da luz

9. Qual é a parte da Física e Química que estuda a interação da luz ou qualquer radiação eletromagnética, sendo ferramenta muito poderosa para a detecção e análise das moléculas?

- a) Termologia
- b) Espectroscopia
- c) Eletrostática
- d) Cinemática
- e) Dinâmica

10. O instrumento utilizado na espectroscopia é chamado de espectroscópio e foi primeiramente utilizado em 1859 por seus criadores:

- a) Planck e Einstein
- b) Hertz e Planck
- c) Kirchhoff e Bulsen
- d) Einstein e Newton
- e) Planck e Hertz

Gabarito: 1-E 2-C 3- C 4- D 5-D 6-E 7-B 8 -D 9-B 10-C

APÊNDICE J – TEXTO RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

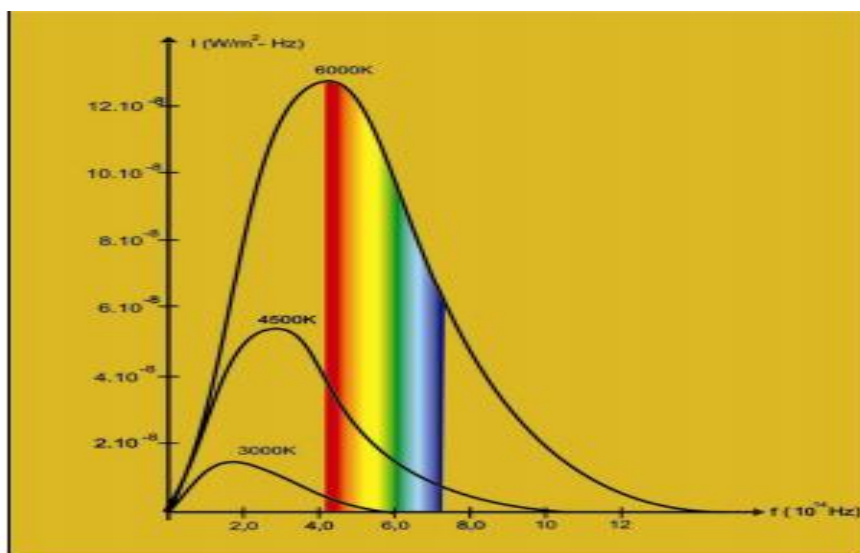


MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE
JI-PARANÁ/UNIR

TEXTO REFERENTE À RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

A cor de um corpo negro

A superposição entre um gráfico da intensidade da radiação emitida por um corpo negro em função da frequência para diferentes temperaturas e um espectro da luz visível nos ajuda entender um pouco mais a cor de um corpo negro, conforme o gráfico abaixo.



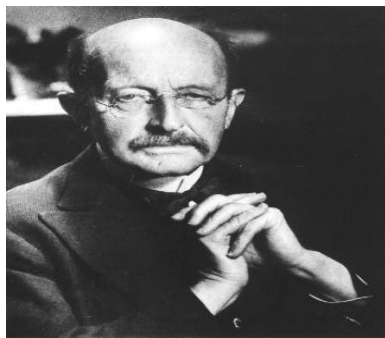
Espectro de emissão de um corpo negro

Fonte: http://www.if.ufrgs.br/ta/v17n5_Webber_Ricci.pdf

Note que, na curva correspondente a 3000 K, a extremidade direita da curva já atinge o espectro visível. Portanto, a essa temperatura, já estão sendo emitidos fótons da faixa de frequências visíveis. Como a quantidade de fótons é pequena (a intensidade luminosa depende do número de fótons emitidos), isso significa que, a essa temperatura, o corpo negro brilha levemente, numa cor vermelho-escura. Na curva correspondente a 4500 K, o pico da radiação ainda está fora do espectro visível, mas o número de fótons com frequências da faixa do espectro visível é muito grande. O brilho do corpo negro é muito mais intenso, ainda avermelhado, pois predominam os fótons na faixa do vermelho.

Na curva relativa a 6000 K, o pico da radiação está na faixa do visível, na região da cor vermelha, mas praticamente todo o espectro visível tem grande intensidade, ou seja, é emitido grande número de fótons de toda a faixa visível. O corpo negro brilha com grande intensidade e a sua cor é praticamente branca, como a do filamento de uma lâmpada incandescente comum.

MAX KARL ERNST LUDWIG PLANCK



Max Planck (1858-1947).

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Max_Planck

Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947), físico alemão, estudou em duas universidades, a de Munique e a de Berlim. Nesta última, teve aula com físicos notáveis, como Kirchhoff e Helmholtz. Começou a estudar a radiação de corpo negro em 1897, tentando, de início, obter a dedução teórica da formula proposta por Wien, que parecia estar de acordo com os dados experimentais. Mas logo foram detectadas grandes divergências dessa formula com os resultados experimentais para baixas frequências. Planck procurou saber mais quais eram esses resultados e buscou uma expressão que a eles se ajustasse. No dia 19 de outubro de 1900, no Seminário de Física da universidade de Berlim, Planck divulgou sua fórmula. No mesmo dia, seus colegas de universidade comprovaram a sua perfeita adequação aos resultados experimentais. Embora fosse um resultado há muito esperado, a repercussão do trabalho de Planck foi relativamente modesta. Além das inúmeras descobertas que estavam ocorrendo na época, a teoria de Planck tinha uma ideia revolucionária, contida na constante h —o quantum de ação. E ideias revolucionárias nunca são aceitas com facilidades. Em 1918, recebeu o prêmio Nobel de física “em reconhecimento pelos serviços que prestou para o progresso da física por sua descoberta dos quanta de energia”. Alguns anos mais tarde, o próprio Planck classificou sua ideia como fruto de “um ato de desespero” para chegar a uma expressão que tivesse de acordo com os dados experimentais.

REFERÊNCIAS

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. Editora Ática, São Paulo, 2011.

http://www.if.ufrgs.br/ta/v17n5_Webber_Ricci.pdf

APÊNDICE K – ROTEIRO SIMULADOR RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N°: Ano:

ROTEIRO DE ATIVIDADES – Radiação de Corpo Negro

O recurso, "Radiação de corpo negro", permite visualizar o espectro de emissão de luz de um corpo aquecido, em diferentes temperaturas. Ele possibilita a verificação do comprimento de onda em que o corpo emite mais radiação, na temperatura em que está.

INTRODUÇÃO À SIMULAÇÃO

- Abra a simulação no endereço: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>
- Agora mova com o mouse no ícone da temperatura, onde você verá aumentar e diminuir a frequência conforme varia a temperatura e complete os exercícios abaixo.

Atividades referentes à simulação de Radiação de Corpo Negro-Valor:

1. Quando o corpo está a uma temperatura de 3000 K, qual a cor da região visível que ele emite mais intensamente?

2. Quando o corpo está a uma temperatura de 4500 K, qual a cor da região visível que ele emite mais intensamente?

3. Quando o corpo está a uma temperatura de 5200 K, qual a cor da região visível que ele emite mais intensamente?

4. Quando o corpo está a uma temperatura de 5900 K, qual a cor da região visível que ele emite mais intensamente?

5. Que mudança se observa, à medida que se varia a temperatura do emissor?

Gabarito: 1 - Vermelha 2 - Amarela 3 - Verde 4- Azul 5- Aumenta a frequência, porém diminui o comprimento de onda.

APÊNDICE L – TEXTO EFEITO FOTOELÉTRICO



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

TEXTO REFERENTE AO EFEITO FOTOELÉTRICO



Heinrich Hertz (1857-1894)

Fonte: https://pt.wikipedia.org/?title=Heinrich_Hertz

O efeito fotoelétrico foi descoberto em 1887 pelo físico Heinrich Hertz quando tentou produzir e detectar as ondas eletromagnéticas previstas por Maxwell. Em sua tentativa Hertz percebeu que quando a luz incidia em um metal uma diferença de potencial surgia pelo fato de elétrons serem arrancados desse metal. Ficou então definido como efeito fotoelétrico a retirada de elétrons de um metal devido a incidência de luz. No entanto, admitindo a natureza ondulatória da luz, a Física Clássica não foi capaz de dar uma explicação satisfatória para o fenômeno.



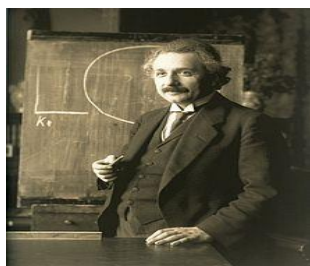
Max Planck (1858-1947)

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Max_Planck

A história da mecânica quântica começou em 1900, quando o físico alemão Max Planck apresentou uma solução para um dos problemas que intrigavam os físicos no final do século XIX: a radiação do corpo negro.

Vários físicos tentaram resolver esse problema, sem sucesso. Porém, para obtê-la, ele teve de fazer uma hipótese ousada, pois segundo ele, feita por “puro desespero”, sendo que o próprio Planck não acreditava nela. Sua hipótese era que a radiação emitida pelo corpo não ocorria de maneira contínua, mas sim na forma de pequenos “pacotes”, de modo que a energia (E) de cada “pacote” seria proporcional à frequência (f) da radiação. Para resolver tal problema, ele postulou que a energia é quantizada, ou seja, $E = h.f$, sendo que h é a constante de Planck, cujo valor é $h = 6,63.10^{-34} \text{ J.s}$ e f a frequência

da luz em questão. Em 1918, Max Planck recebeu o prêmio Nobel de física pela descoberta dos chamados quantas de energia, a quantização da luz.



Albert Einstein (1879-1955)

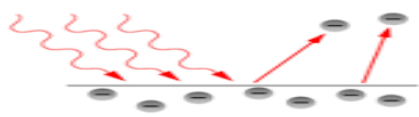
Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein

Aos 26 anos, usando as ideias de Planck, Albert Einstein chegou a uma interpretação aceitável do fenômeno. A luz teria o comportamento dual, ora ela se comportava como onda, ora como pacotes de matéria. Einstein chamou cada pacote de quantum (palavra latina cujo plural é quanta). Mais tarde, cada quantum foi chamado de fóton. Nesse ano publicou no Anuário Alemão de Física três artigos que mudariam a história da Física, entre eles um sobre o efeito fotoelétrico, em que ele reconsiderou a natureza corpuscular da luz.

O trabalho sobre o efeito fotoelétrico lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1921 e tornou-se um dos fundamentos da Física moderna, proporcionando um grande avanço científico e tecnológico no século XX.

O efeito Fotoelétrico

O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica, devido à incidência de radiação eletromagnética sobre esta. Os elétrons arrancados do metal pela radiação incidente são chamados de fotoelétrons.



Emissão de elétrons pela incidência de luz.

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_fotoel%C3%A9trico

Dentre os fenômenos observados experimentalmente durante o efeito fotoelétrico, é possível destacar as seguintes características:

- a energia dos elétrons emitidos pela superfície depende da frequência da radiação incidente, e não da sua intensidade.
- o aumento da intensidade da radiação incidente provoca apenas um aumento do número de elétrons emitidos.
- os elétrons são emitidos instantaneamente pela superfície metálica.
- durante o efeito fotoelétrico, cada fóton atinge um único elétron, transferindo-lhe toda a sua energia.

Frequência de corte e comprimento de onda de corte

Para que os fotoelétrons sejam emitidos do metal, é necessário que os fótons da radiação incidente tenham um valor de energia mínima superior à função trabalho do metal. Isso corresponde a um valor de frequência mínima da onda incidente, chamada de frequência de corte. Para que o efeito fotoelétrico ocorra, é necessário que a energia dos fótons seja maior que a energia de ligação dos elétrons presos ao metal. Esse valor da frequência de corte corresponde a um comprimento de onda chamado de comprimento de onda de corte.

Aplicações do Efeito Fotoelétrico

A descoberta do efeito fotoelétrico teve grande importância para a compreensão mais profunda da natureza da luz. Graças ao efeito fotoelétrico tornou-se possível o cinema falado, uma célula fotoelétrica permite reconstituir os sons registrados nas películas do cinematógrafo assim como a transmissão de imagens animadas (televisão). Podemos também verificar a utilização da tecnologia do efeito fotoelétrico como, por exemplo, no funcionamento das câmeras de TV, nos óculos de visão noturna, nos sistemas de desligamento automático de iluminação, nas portas que abrem e fecham automaticamente nos shoppings, nos relógios que funcionam com energia solar, etc.

Referências

- FUKE, L. F.; KAZUHITO, Y. Física para o Ensino Médio – v. 3 – 1. Ed. – São Paulo: Saraiva, 2010.
- GASPAR, A. Compreendendo a Física. São Paulo, Ed. Ática, 2011.
- SAMPAIO, J. L. CALÇADA, C. S. Física. São Paulo: Editora Atual, 2º Ed – vol. Único. Ano 2005.
- www.sistemaagua.com.br/downloads/28-effoto.pdf

Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N° Ano:

Atividades de Física Referente ao Texto – Efeito Fotoelétrico -Valor:

1. Quem foi que descobriu de forma acidental o efeito fotoelétrico em 1887, isto é, um corpo carregado eletricamente ao ser iluminado desprende cargas elétricas negativas?

2. Quem foi que em 1900 apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a idéia da quantização da energia, onde pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do século XX?

3) Quem foi que em 1905, aos 26 anos publicou três artigos que mudariam a história da Física, entre eles um sobre o efeito fotoelétrico, em que reconsiderou a natureza corpuscular da luz?

4. (UNIR-2011) O famoso físico alemão Albert Einstein, em 1905, usando um argumento idealizado por seu compatriota, o físico Max Planck, explicou o fenômeno em que elétrons são arrancados de metais quando estes são expostos a ondas eletromagnéticas de determinadas frequências (efeito fotoelétrico). Esse feito contribuiu para o surgimento de uma nova área da Física denominada:

- a) Teoria da Relatividade Geral b) Mecânica Quântica c) Física Nuclear
d) Teoria da Relatividade Restrita e) Teoria de Cordas

Gabarito: 1- Heinrich Hertz 2 - Max Planck 3 - Albert Einstein 4 - B

APÊNDICE M – ROTEIRO SIMULADOR EFEITO FOTOELÉTRICO



Escola:

Professor:

Aluno (a) :

Série: N°: Ano:

ROTEIRO DE ATIVIDADES – Efeito Fotoelétrico

Este roteiro tem o objetivo de orientá-lo no desenvolvimento das atividades sobre o efeito fotoelétrico. Nesta atividade será usada uma simulação computacional para relacionar as propriedades que envolve o efeito fotoelétrico.

INTRODUÇÃO À SIMULAÇÃO

1. Abra a simulação no endereço:
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric ; Clique na opção “use já”
2. Devemos agora conhecer as variáveis que a simulação nos oferece;
 - a. Identifique na simulação como alterar a intensidade da luz;
 - b. Encontre no simulador onde podemos alterar o comprimento de onda;
 - c. Identifique na simulação o amperímetro, onde está escrito “corrente: 0,000”;
 - d. Encontre a pilha e a maneira de alterar sua tensão;
 - e. Do lado direito da simulação, podemos mudar a placa de metal que está dentro da ampola de vidro, as opções são: sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e magnésio.

ATIVIDADES REFERENTE AO EFEITO FOTOELÉTRICO

Questão 1 - Influência da intensidade da luz emitida

- a) Encontre a opção de alterar a intensidade de luz. Altere o valor da intensidade da luz para de 0% para 50% e observe o que ocorre.

Questão 2 - Influência do comprimento de onda

- a) Procure na barra superior “opções” e escolha a opção “mostrar fótons” (fótons). O que você pôde notar sobre o número de fótons que são emitidos pela fonte de luz, quando alteramos de 50 % para 100 %. Este aumentou, diminuiu ou permaneceu igual?

b) Quando alteramos a intensidade da luz, a quantidade de energia de cada fóton aumenta, diminui ou permanece igual?

c) A energia de cada fóton será diretamente ou inversamente proporcional a frequência de cada fóton?

Questão 3 - Mudando o material da placa

a) Coloque na opção intensidade da luz 50% e altere o valor do comprimento de onda de 200 nm para 400nm. O que você observou?

b) Mantendo a opção intensidade da luz 50%, altere o valor do comprimento de onda de 400 nm para 150nm e observe o movimento dos elétrons “arrancados” da placa de sódio. Este aumentou, diminuiu ou permaneceu igual?

c) Altere o material da placa, de sódio para platina. Observe o movimento dos elétrons “arrancados”. Para os mesmos valores de intensidade de luz e comprimento de onda, a energia cinética dos elétrons “arrancados” do sódio e da platina é diferente ou permanece igual? E o valor da corrente elétrica aumentou, diminuiu ou permaneceu igual?

Gabarito

- 1) a) A intensidade da luz aumenta.
- 2) a) O número de fótons aumenta.
 - b) permanece igual
 - c) A energia é diretamente proporcional.
- 3) a) Aumenta o comprimento de onda diminui a frequência e
 - b) Aumentou, pois aumentou a frequência
 - c) É diferente e a corrente diminuiu.

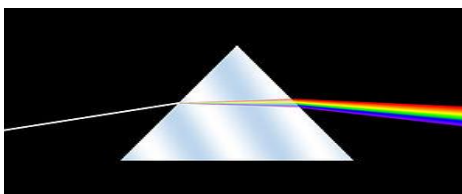
APÊNDICE N – TEXTO ESPECTROSCOPIA


**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE
JI-PARANÁ/UNIR**

TEXTO REFERENTE À ESPECTROSCOPIA

A espectroscopia consiste na análise da radiação eletromagnética que vem de uma fonte, como, por exemplo, o Sol, uma nebulosa ou até mesmo a chama de uma vela, para poder definir propriedades físicas e químicas destes materiais.

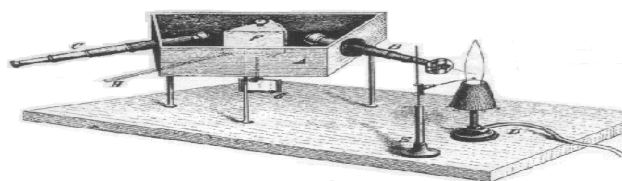
A história da espectroscopia começou com experimentos de óptica de Isaac Newton (1666-1672), embora desde a Antiguidade que a luz solar pode ser decomposta nas cores do arco-íris, mas foi Newton, no século XVII, que pela primeira vez descreveu de forma adequada o fenômeno da decomposição da luz por um prisma. Newton aplicou o termo espectro para descrever as cores do arco-íris que combinam para formar uma luz branca, e que são revelados, quando a luz branca é passada através de um prisma (fig.1). Ele mostrou que o prisma não é responsável em transmitir ou criar as cores, mas sim que separa as partes constituintes da luz branca.



A luz pode ser separada em um espectro através de um prisma.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_da_espectroscopia

O instrumento utilizado na espectroscopia é chamado de espectroscópio, e foi primeiramente utilizado em 1859 por seus criadores: o físico alemão Gustav Kirchhoff (1824-1887) em parceria com o químico alemão Robert Bunsen (1811-1899). A parceria surgiu pela soma dos conhecimentos de Kirchhoff, que sugeriu que um elemento químico puro ao ser queimado emite uma radiação com cor bem característica (Teste da Chama), e dos de Bunsen, que conseguiu inventar um queimador de gás metano (CH_4) com controle da entrada de ar e cuja cor não interferia no experimento.



Espectroscópio de Kirchhoff e Bunsen

Fonte: <http://200.17.141.35/scaranojr/PIBIX/Aula4/Espectroscopia%20.pdf>

Exemplos de espectros:

Espectro contínuo: um corpo denso, quente, sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo, ou seja, com todos os comprimentos de onda. Por exemplo, o filamento de uma lâmpada incandescente (sólido), a lava de um vulcão (líquido), uma estrela (gás denso).

Espectro de emissão: um gás pouco denso e suficientemente aquecido produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). A cor, o número, a intensidade e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás e da quantidade de energia disponível para aquecê-lo. Por exemplo: uma lâmpada fluorescente, lâmpada de néônio, o gás em galáxias espirais.

Espectro de absorção: se a luz proveniente de um espectro contínuo passar por um gás a uma temperatura mais baixa, ela é observada com um padrão de linhas escuras (linhas de absorção). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás. Por exemplo: atmosfera solar ou estelar de uma forma geral.

Uma das bases da Astronomia é a aplicação da espectroscopia estelar ao estudo das estrelas. O espectro, ou consequência de radiações emitidas pelos átomos de um elemento é característico deste elemento e serve para identificá-lo.

Portanto, podemos constatar que a espectroscopia tem aplicações de grande importância para o estudo da astronomia, além de trazer informações para física e química através da transmissão, absorção ou reflexão da energia radiante incidente em uma amostra.

REFERÊNCIAS

<http://200.17.141.35/scaranojr/PIBIX/Aula4/Espectroscopia%20.pdf>
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6627/6124>
http://w3.ufsm.br/rogemar/fsc1057/aulas/aula19_espectroscopia.pdf

Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N°: Ano:

Atividades de Física Referente ao Texto – Espectroscopia -Valor:

1. O que vem a ser espectroscopia?

2. Defina espectro contínuo, de emissão e absorção e dê um exemplo de cada.

3. Escreva as aplicações que a espectroscopia realiza.

Gabarito:

1. A espectroscopia consiste na análise da radiação eletromagnética que vem de uma fonte, como, por exemplo, o Sol, uma nebulosa ou até mesmo a chama de uma vela, para poder definir propriedades físicas e químicas destes materiais.

2. Espectro contínuo: um corpo denso, quente, sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo, ou seja, com todos os comprimentos de onda. Por exemplo, o filamento de uma lâmpada incandescente (sólido). Espectro de emissão: um gás pouco denso e suficientemente aquecido produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). A cor, o número, a intensidade e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás e da quantidade de energia disponível para aquecê-lo. Por exemplo: uma lâmpada fluorescente. Espectro de absorção: se a luz proveniente de um espectro contínuo passar por um gás a uma temperatura mais baixa, ela é observada com um padrão de linhas escuras (linhas de absorção). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás. Por exemplo: atmosfera solar.

3. A espectroscopia tem aplicações de grande importância para o estudo da astronomia, além de trazer informações para física e química através da transmissão, absorção ou reflexão da energia radiante incidente em uma amostra.

APÊNDICE O - ROTEIRO DO EXPERIMENTO “CORPO NEGRO”



ROTEIRO DO EXPERIMENTO SOBRE RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO⁶

I – INTRODUÇÃO

A radiação de corpo negro, ou radiação térmica, é a radiação emitida por qualquer corpo a partir de sua energia interna. As características desta radiação dependem apenas da temperatura absoluta do corpo. Um corpo negro ideal absorve toda a radiação incidente. (Por isso é negro na temperatura ambiente). Sua refletividade é nula e a emissividade, portanto é $\varepsilon = 1$.

II– OBJETVO

Este experimento tem, por objetivo, ilustrar a radiação de “corpo negro”, no caso, de duas latas de alumínio pintadas, uma de preto, outra de branco, absorvendo radiação de uma lâmpada de 100 W de potência, ligada próxima às latas.

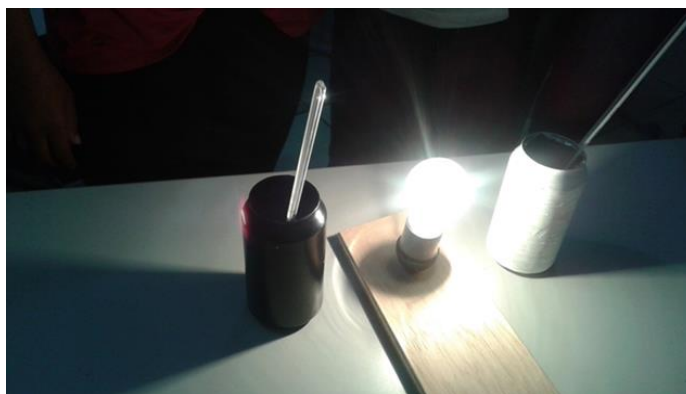
III - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para o experimento foram utilizadas duas latas de alumínio (de refrigerante, sem rótulo), pintadas, uma de preto e outra de branco, com tinta têmpera. As latas foram pintadas tanto pelo lado de dentro como de fora. O aparato experimental foi montado da seguinte maneira: uma lâmpada de 100 w ligada num suporte de madeira. A lâmpada acesa ficou a uma distância de mais ou menos 10 cm de distância das latinhas. Logo depois foi colocado um termômetro em cada latinha e com o cronômetro do celular, foram anotados os valores da temperatura marcada nos termômetros a cada 5 minuto com a lâmpada ligada, conforme tabela 1, a seguir. Após verificar algumas repetições de temperatura, a lâmpada foi desligada, anotando também, os valores de temperatura num intervalo de 5 minutos em 5 minutos, para cada uma das latas.

⁶ Experimento “Corpo Negro” retirado e adaptado do site: <http://www.if.ufrgs.br/oei/exp/exp3.html>

Sugestão: Assista ao vídeo “Corpo Negro” que aborda passo a passo a montagem desse experimento que está inserido no produto educacional da dissertação desse autor no tópico sobre o efeito fotoelétrico.

As imagens a seguir mostram a montagem do experimento:



IV – CONCLUSÕES

Apesar de os valores obtidos não serem excelentes devido a imprecisões na medida e principalmente pelo fato de ter sido utilizado um termômetro de mercúrio, ao final do experimento foi possível responder, qualitativamente, as questões solicitadas na tarefa:

REFERÊNCIAS

Experimento “Corpo Negro”: <http://www.if.ufrgs.br/oei/exp/exp3.html>

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, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N°: Ano:

Atividades de Física referente ao experimento – Valor:

Experimento prático “Corpo Negro” ¹

Lâmpada ligada

Temperatura	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Lata branca							
Lata preta							

Lâmpada desligada

Temperatura	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Lata branca							
Lata preta							

Questões relacionadas ao resultado observado nas tabelas 1 e 2, deste experimento:

1) Qual delas se aquece mais rapidamente?

2) A que aquece mais depressa é a que esfria mais depressa?

3) Qual delas reflete mais luz?

4) Qual delas irradia mais luz?

5) Qual delas transforma mais luz em calor?

6) O que você acha que ocorre com a luz que incide na lata preta?

7) O que você acha que acontece com a grande parte da energia que a Terra recebe do Sol em forma de luz visível?

¹ Experimento “Corpo Negro” retirado e adaptado do site: <http://www.if.ufrgs.br/oei/exp/exp3.html>

GABARITO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROPOSTA AOS ALUNOS⁷

- 1) Fica óbvio, pelos valores medidos que a lata preta aqueceu mais rapidamente.
- 2) Sim, a lata preta também apresentou um resfriamento mais rápido que a lata branca.
- 3) Concluimos que a lata branca reflete mais luz, porque por absorver menos (e refletir mais), menos energia é absorvida fazendo com que sua temperatura interna aumente menos que a da lata preta.
- 4) Nenhuma das duas irradia luz. A quantidade de energia que absorvem, é suficiente apenas para elevar a temperatura da lata, e após, irradiar em forma de calor.
- 5) Como concluimos que, para um mesmo intervalo de tempo, a lata preta absorveu mais energia, logo, ao desligar a lâmpada ela irá equilibrar a sua temperatura interna com a externa emitindo radiação em forma de calor.
- 6) Ela é absorvida mais eficientemente que na lata branca, provoca um aumento de temperatura no interior da lata e é emitida em forma de radiação infravermelha após ser desligada a lâmpada.
- 7) Deve acontecer semelhante ao que acontece nas latas, uma boa parte da luz é refletida pelo planeta, enquanto que outra parte é absorvida e utilizada para aumentar e manter a temperatura da Terra agradável.

⁷ Experimento “Corpo Negro” retirado e adaptado do site: <http://www.if.ufrgs.br/oei/exp/exp3.html>

APÊNDICE P - ROTEIRO DO EXPERIMENTO “OUVINDO O SOM DO CONTROLE REMOTO”



Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N° Ano:

Roteiro do experimento “Ouvindo o som do controle remoto”⁸

Tema: Efeito Fotoelétrico

Objetivos:

- ▶ Mostrar o ruído do controle remoto e aplicações tecnológicas do efeito fotoelétrico aos estudantes.
- ▶ Deixar a aula mais atraente e significativa através da parte experimental.

Materiais utilizados para o experimento

Relação de materiais para a montagem do experimento “Ouvindo o som do controle remoto”.

Material	Custo aproximado (2015)
1 bateria de 9V	R\$5,25
1 LDR	R\$1,50
1 LED Vermelho (ou de outra cor)	R\$0,90
1 pino fêmea P2	R\$3,50
1 resistor de 680 Ω e 1/8 W	R\$ 0,50
2 jacaré	R\$ 0,50 (cada)
1 suporte para bateria	R\$ 1,30
1 controle remoto comum de TV	Valor variável
Caixinha de som de computador ou de rádio	Valor variável
Total	R\$ 13,95

Fonte: Quadro feito pelo autor

⁸Experimento retirado e adaptado do artigo: SILVA, L.F, ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: **Um experimento para abordar o efeito fotoelétrico**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 29, n. 2, p.313-324, ago. 2012.

Sugestão: Assista ao vídeo “Ouvindo o Som do Controle Remoto” que aborda passo a passo a montagem desse experimento que está inserido no produto educacional da dissertação desse autor no tópico sobre efeito fotoelétrico.

Montagem e funcionamento

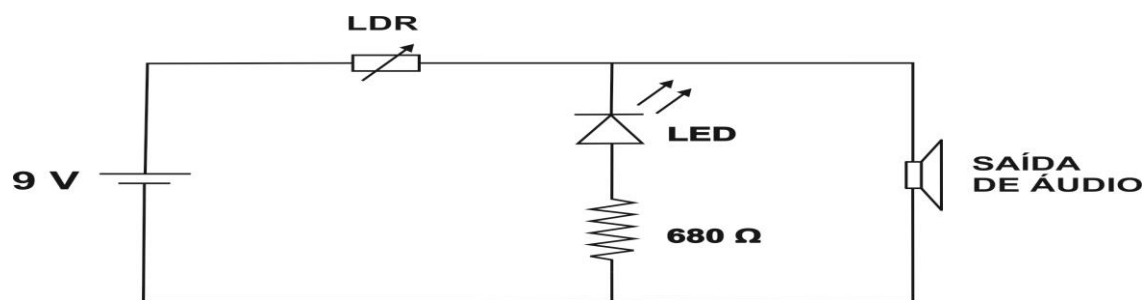
Para a montagem do experimento, primeiramente é preciso verificar a polaridade do LED (não há polaridade no LDR). Como o LED é um diodo, ele conduz a corrente elétrica apenas em um único sentido. Ao comprar o LED, você perceberá que apenas uma das “perninhas” é ligeiramente maior que a outra. Esse é o pólo positivo do componente e deve ser ligado ao pólo positivo da bateria.

A bateria, o LDR, o LED e o resistor devem ser ligados em série, nessa ordem. Com os jacarés, liga-se o pino fêmea P2 em paralelo com o LDR. Esse som é gerado devido à variação da ddp no circuito na qual a saída de áudio está ligada em paralelo, produzindo assim o som na caixa, essa variação de ddp é resultado da alteração da corrente elétrica no circuito, provocada pela alteração da resistência do LDR ao ser atingido pelo infravermelho pulsado do controle remoto.

Para testar o funcionamento do circuito, basta iluminar o LDR com um laser. Se o LED acender, é porque está tudo conectado corretamente. Senão, verifique as ligações e a polaridade do LED. Pode ser que a polaridade foi trocada ou algum fio esteja ligado de forma adequada.

Para testar a saída de som, conecte as caixinhas de som do circuito, e incida o infravermelho no LDR, usando um controle remoto de televisão. Se tudo estiver bem conectado, o som do controle remoto semelhante ao som de um helicóptero será ouvido, devido ao fato do infravermelho do controle ser pulsado.

O circuito pode ser montado sobre um papelão duro ou isopor utilizando-se fios de ligação e fita isolante ou solda para conectar cada elemento ao circuito.



Circuito montado do experimento “ouvindo o som do controle remoto”



Imagem do experimento “Ouvindo o som do controle remoto”.

Referências

SAMAPAIO, J. L, CALÇADA, C. S, **Universo da Física**. Ed. Atual, São Paulo, 2005.

SILVA, L.F, ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: **Um experimento para abordar o efeito fotoelétrico**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 29, n. 2, p.313-324, ago. 2012.

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, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N°: Ano:

Atividades sobre o experimento “Ouvindo o som do controle remoto” - Valor:

1.Qual é o nome do fenômeno que está presente neste experimento? E como a luz se comporta nesse fenômeno?

2.Quando apontamos o controle remoto para o LDR ouvimos um som através da caixinha de som. Por que isso ocorre?

3.Além do efeito fotoelétrico, o experimento “Ouça seu controle remoto! ” Também permite ao professor abordar que outros conteúdos?

4. O fenômeno foi rapidamente utilizado pela indústria eletrônica na criação de componentes sensíveis à luz, os chamados elementos?

Gabarito:

1) Efeito fotoelétrico e a luz se comporta como uma partícula.

2) Ocorre porque o controle remoto emite uma onda eletromagnética na frequência do infravermelho, que não são visíveis ao nossos olhos.

3) eletricidade (circuitos elétricos, corrente elétrica, resistores, geradores) e ondas eletromagnéticas (infravermelho e outras formas de radiação).

4) fotossensíveis.

APÊNDICE Q - ROTEIRO DO EXPERIMENTO “OUVINDO O SOM DA LUZ”



Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N° Ano:

Roteiro do experimento “Ouvindo o som da luz”⁹

Tema: Efeito Fotoelétrico e Dualidade da luz

Objetivos:

- ▶ Deixar a aula mais atraente e significativa através da parte experimental.
- ▶ Mostrar as aplicações dos conceitos de FMC
- ▶ Enfatizar a dualidade da luz

Materiais utilizados para o experimento

Relação de materiais para a montagem do experimento “Ouvindo o som da luz”.

Material	Custo aproximado (2015)
1 bateria de 9V	R\$5,25
1 LDR	R\$1,50
1 pino fêmea P2	R\$3,50
2 jacarés	R\$ 0,50 (cada)
1 suporte para bateria	R\$ 1,30
1 canetinha a laser	Valor variável
Caixinha de som de computador ou de rádio	Valor variável
Total	R\$ 12,55

Fonte: Quadro elaborado pelo autor

Sugestão: Assista ao vídeo “Ouvindo o Som da Luz” que aborda passo a passo a montagem desse experimento que está inserido no produto educacional da dissertação desse autor no tópico sobre tópico de efeito fotoelétrico.

⁹ Experimento retirado e adaptado do

site: <http://fisicamodernaexperimental.blogspot.com.br/2009/03/ouvindo-um-controle-remoto.html>

Montagem e funcionamento

Neste trabalho montamos um sistema experimental que permite uma retransmissão de rádio, ou de outro sistema de áudio, usando um computador, tabletes ou celular por meio de um feixe de laser, ou seja, de um sistema que cujo emissor transforma som em luz e o receptor luz em som.

Sabemos que a luz¹⁰ pode se comportar como onda ou como partícula, mas nunca as duas simultaneamente, pois um comportamento exclui o outro. No entanto, podemos mostrar numa mesma montagem experimental os dois comportamentos, ocorrendo separadamente, é claro. Com o equipamento que será descrito, será possível fazer uma retransmissão de rádio, ou reproduzir uma música. De maneira simplificada, podemos dizer que em nosso sistema emissor vamos transformar som em luz e, em nosso sistema receptor, transformar essa luz em som. Os princípios físicos adotados são muito parecidos com os usados em comunicações por fibra ótica, mas, em vez da fibra, usaremos ar como meio de transmissão das informações, via luz.

A bateria e o LDR devem ser ligados em série e nessa ordem. Com os jacarés, liga-se o pino fêmea P2 em paralelo com o LDR. Esse som é gerado devido à variação da ddp no circuito na qual a saída de áudio está ligada em paralelo, produzindo assim o som na caixa, essa variação de ddp é resultado da alteração da corrente elétrica no circuito, provocada pela alteração da resistência do LDR ao ser atingido pelo infravermelho pulsado do laser.

O circuito pode ser montado sobre um papelão duro ou isopor utilizando-se fios de ligação e fita isolante ou solda para conectar cada elemento ao circuito.

Para transformar o feixe de luz¹¹ em som, precisamos converter a luz em sinal elétrico pulsante de modo que esse sinal permita que uma caixa de som, como por exemplo, as de um computador PC, funcionem e possamos ouvir a estação de rádio sintonizada no seu emissor e as músicas que estariam tocando em seu rádio. O sensor LDR fará a conversão da luz em sinal elétrico. No LDR, um semicondutor, os fótons

¹⁰Texto adaptado e retirado do site: <http://wiki.stoa.usp.br/Fap0459/textos/daniel>

¹¹ Texto adaptado e retirado do site: <http://wiki.stoa.usp.br/Fap0459/textos/daniel>

deslocam elétrons da banda de valência para a banda de condução, diminuindo a resistência do dispositivo, fazendo-o conduzir corrente elétrica, dessa forma estamos usando o comportamento corpuscular da luz.

Para testar a saída de som, conecte as caixinhas de som do circuito, e incida o infravermelho no LDR, usando um laser. Se tudo estiver bem conectado, o som do computador, tablets ou celular será ouvido, devido ao fato da radiação emitida pelo laser ser pulsado, de acordo com a figura abaixo.



Alunos observando o funcionamento do experimento “Ouvindo o som da luz” com o laser.

Acreditamos que a inserção de atividades experimentais de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, promova um caráter investigativo, integrando a teoria e a prática e consequentemente promovendo uma aprendizagem significativa.

Referências

SILVA, L.F, ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: **Um experimento para abordar o efeito fotoelétrico**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 29, n. 2, p.313-324, ago. 2012.

http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID157/v6_n3_a2011.pdf

<http://wiki.stoa.usp.br/Fap0459/textos/daniel>

<http://fisicamodernaexperimental.blogspot.com.br/2009/03/ouvindo-um-controle-remoto.html>

Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N°: Ano:

Atividades sobre o experimento “Ouvindo o som da luz” - Valor:

1.Quais fenômenos podem destacar neste experimento? E como a luz se comporta nesse fenômeno?

2.Quando apontamos o laser para o LDR ouvimos um som que sai, por exemplo, do computador através da caixinha de som. Por que isso ocorre?

3.Além do efeito fotoelétrico, o experimento “Ouvindo o som da luz! ” Também permite ao professor abordar que outros conteúdos?

Gabarito:

1) Efeito fotoelétrico e dualidade da luz. Nesse experimento a luz se comporta de forma dual.

2) Ocorre porque o laser emite uma onda eletromagnética na frequência do infravermelho, que não são visíveis ao nossos olhos.

3) eletricidade (circuitos elétricos, corrente elétrica, geradores) e ondas eletromagnéticas (infravermelho e outras formas de radiação) e dualidade da luz.

APÊNDICE R - ROTEIRO DO EXPERIMENTO “EFEITO FOTOELÉTRICO”



Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N° Ano:

Roteiro do experimento “Efeito Fotoelétrico”

Tema: Efeito Fotoelétrico

Objetivos:

- ▶ Deixar a aula mais atraente e os alunos motivados.
- ▶ Enfatizar o Efeito Fotoelétrico
- ▶ Descrever resumidamente o funcionamento básico de uma célula fotovoltaica.

Materiais utilizados para o experimento

Relação de materiais para a montagem do experimento “Efeito Fotoelétrico”.

Quadro 1: Materiais usados no experimento

Material	Custo aproximado (2015)
1 placa de calculadora digital	R\$6,25
1 Led	R\$1,00
1 lanterna	R\$ 5,10
Total	R\$ 12,35

Fonte: Quadro elaborado pelo autor

Sugestão: Assista ao vídeo “Efeito Fotoelétrico” que aborda passo a passo a montagem desse experimento que está inserido no produto educacional da dissertação desse autor no tópico sobre efeito fotoelétrico.

Montagem e funcionamento

O experimento consiste em uma célula solar e uma led diodo, onde acontece o efeito fotoelétrico, quando há uma incidência de luz sobre a célula solar (composta por silício e alumínio) começa no mesmo instante a conversão da energia luminosa em energia elétrica, que é a absorção de toda a energia do fóton pelo elétron, tirando-o da sua orbita. O mesmo então circula pelo circuito dando origem a corrente elétrica que faz acender o led, ou até mesmo acumular essa corrente em uma bateria, para que possa ser utilizada mais tarde.

O primeiro passo será fazer a solda usando dois pedaços de fios finos um em cada lado da placa. Logo após a execução da solda iremos conectar as duas pontas do fio uma em cada “perninha” do Led.

A próxima etapa é ligar a lanterna incidindo a luz na placa e esperar por alguns instantes o Led ficar aceso. Caso queira apagar a luz do local onde está sendo feito o experimento para visualizar melhor no interior do Led fica a critério.

Com essa atividade experimental o professor pode abordar o conceito de Efeito Fotoelétrico e outros tais como: a conversão da energia luminosa em energia elétrica.

Referências

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=41321>

<https://www.youtube.com/watch?v=nQvpd-yWQ4w>

http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/experimentos_2011.pdf

Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N°: Ano:

Atividades sobre o experimento “Efeito Fotoelétrico” - Valor:

1.Quais fenômenos podem destacar neste experimento? E como a luz se comporta nesse fenômeno?

2.Quando incidimos a luz da lanterna na placa alguns instantes depois observamos que o Led fica aceso. Por que isso ocorre?

3.Além do efeito fotoelétrico, o experimento “Efeito Fotoelétrico” também permite ao professor abordar que outros conteúdos?

Gabarito:

- 1) Efeito fotoelétrico. Nesse experimento a luz se comporta como uma partícula.
- 2) Ocorre porque ao incidir a luz saem elétrons da placa e consequentemente faz o Led acender, pois está passando corrente elétrica.
- 3) Poder ser observado a conversão de energia luminosa em elétrica e circuito elétrico.

APÊNDICE S - ROTEIRO DO EXPERIMENTO “ANÁLISE QUALITATIVA DE UM ESPECTRO CONTÍNUO”



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE
JI-PARANÁ/UNIR

Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N° Ano:

Roteiro do experimento “Análise qualitativa de um espectro contínuo”¹²

Tema: Espectroscopia

Objetivos:

- ▶ Mostrar o espectro contínuo da luz de uma lanterna.
- ▶ Deixar a aula mais atraente e significativa através da parte experimental.

Materiais utilizados para o experimento

Relação de materiais para a montagem do experimento “Análise Qualitativa de um Espectro Contínuo”.

Quadro 1: Materiais usados no experimento

Material	Custo aproximado (2015)
1 lanterna	R\$5,10
1 Led Vermelho (ou de outra cor)	R\$0,90
1 CD	R\$ 1,00
1 Lupa média	R\$5,30
2 pregadores de roupa	R\$2,20
Total	R\$ 14,50

Fonte: Quadro feito pelo autor

¹² Experimento retirado e adaptado do site: <https://www.youtube.com/watch?v=gsAkT2nStQ>

Sugestão: Assista ao vídeo que aborda passo a passo a montagem desse experimento que está inserido no produto educacional da dissertação desse autor no tópico sobre espectroscopia.

Montagem e funcionamento

O primeiro passo é colocar a cartolina apoiada na vertical para que possa observar o espectro da luz da lanterna. Depois ligamos a lanterna e projetamos na parte interior do CD, sem usar a lupa, iremos observar na cartolina um círculo escuro e no seu interior um modelo de estrela colorida, ou seja, é nesse ponto que iremos ver o espectro. Você irá formar um V entre a (lanterna, CD e a cartolina).

Nessa demonstração não usamos os prendedores para fixar a lupa, mas você no processo de montagem pode substituir o apoio de suas mãos pelos dois prendedores que iram prender a lupa.

A outra etapa é inserir a lupa no experimento, tentando encontrar o foco, para que possamos observar o espectro. Ajustando o foco, podemos observar o espectro contínuo da luz de uma lanterna simples, de acordo com a fig.abaixo.



Alunos verificando o funcionamento do experimento de espectroscopia

Referências

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R.C. **Uma oficina de Física moderna que vise a sua inserção no ensino médio.** Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 298-316, dez. 2001.

<https://www.youtube.com/watch?v=gsAkcT2nStQ>

www.fisica.net/quantica/efeito-fotoeletrico/

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

Escola:

Professor:

Aluno (a):

Série: N°: Ano:

Atividades sobre o experimento “Análise Qualitativa de um espectro contínuo” -

Valor:

1) Qual a função do CD nesse experimento?

2) Qual a finalidade de usar a lupa nessa atividade experimental?

3) No espectro contínuo da luz da lanterna o que você observa com o uso da lupa?

4) Na observação do espectro visível podemos ver a radiação de cor violeta até cor vermelha. Comparando essas duas quem apresenta maior frequência?

Gabarito:

1) O CD é o responsável por difratar a luz, ou seja, ele irá decompor a luz

2) Ajustando o foco, é ela que irá realizar a projeção do espectro,

3) Eu observo o espectro contínuo em forma de anéis

4) A radiação de cor violeta apresenta maior frequência comparada com a vermelha.

APÊNDICE T – ROTEIRO PROJETO TEATRO



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

**ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO JÚLIO
GUERRA**

**A VIDA E OS TRABALHOS DE:
HERTZ, PLANCK E EINSTEIN**

Ji – Paraná, RO

Maior de 2015

ÍNDICE

1 Apresentação	
2 Objetivos	
3 Justificativa	
4 Desenvolvimento	
5 Metodologia	
6 Cronograma	
6.1 Aplicação.....	
7 Culminância	
8 Recursos	
8.1 Recursos Humanos.....	
8.2 Recursos Materiais.....	
9 Avaliação	
10 Referências.....	

1 APRESENTAÇÃO

Realizar uma pesquisa bibliográfica dos seguintes cientistas: Hertz, Max Planck e Albert Einstein.

2 OBJETIVO

Qual o objetivo da aplicação desse projeto nas aulas de Física?

3 JUSTIFICATIVA

Qual e quais são as justificativas de abordar nas aulas de Física o teatro; esse recurso didático pode trazer algo satisfatório no processo de ensino-aprendizagem?

4 DESENVOLVIMENTO

Nessa etapa os alunos irão relatar como será realizada a apresentação das peças teatrais passo a passo.

5 METODOLOGIA

Quais os procedimentos usados no processo das peças teatrais.

6 CRONOGRAMA

Fazer um quadro especificando as datas de acordo com as etapas tais como:

Quadro 1- Cronograma das etapas referente ao teatro

	Data	Data	Data
Etapas			
1º Etapa			
2º Etapa			
3º Etapa			
4º Etapa			

Fonte: Elaborado pelo autor

6.1 Aplicação

1º Etapa: Orientação pelos professores coordenadores do projeto, para a pesquisa e levantamento dos dados, organização, otimização e apresentação dos resultados.

2º Etapa: Correção dos erros do trabalho, idealizações de novas ideias e formas de concluir o trabalho.

3º Etapa: Apresentação prévia dos trabalhos para os professores coordenadores.

4º Etapa: Apresentação das peças teatrais referentes a bibliografia de Hertz, Planck e Einstein.

7 CULMINÂNCIA

Os trabalhos serão expostos, de acordo com os temas sugeridos e serão apresentados no Auditório da respectiva Escola.

8 RECURSOS

8.1 Recursos Humanos

- Professores
- Alunos do 3º Ensino Médio

8.2 Recursos Materiais

- Auditório
- Computador
- Data Show
- Câmera de celular
- Filmadora

9 AVALIAÇÃO

A avaliação ocorrerá no cumprimento das etapas do projeto e será realizada pelos professores através de uma análise do desempenho dos estudantes nas respectivas etapas.

REFERÊNCIAS

APÊNDICE U – ROTEIRO PASSO A PASSO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA


MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - PÓLO DE JI-PARANÁ/UNIR

PASSO O PASSO PARA INSERIR O TÓPICO DE RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

- Primeiramente realize um questionário prévio referente aos tópicos Radiação de Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico e Espectroscopia com o objetivo de poder explorar melhor esses tópicos com os alunos.
- Na aula seguinte comece apresentando o tópico Radiação de Corpo Negro através de uma aula expositiva no power pointer e no final da aula fique a disposição para as possíveis indagações.
- Na aula seguinte aborde o vídeo referente a radiação de corpo e no final da aula faça um debate com alunos sobre o contexto apresentado pelo vídeo.
- Nessa aula propõe-se a leitura de um texto com o objetivo de melhorar a interpretação dos alunos e ao mesmo tempo de desmistificar que o Ensino da Física é meramente cálculo. No término da leitura apresenta-se uma atividade lúdica através de caça palavras e palavras cruzadas.
- Nessa etapa dirija com os alunos para a sala de informática e aborde através do simulador computacional o tópico referente a radiação de corpo negro.
- Nessa aula iremos assistir o vídeo do experimento sobre radiação de corpo negro e em seguida vamos montar o experimento usando materias de baixo custo e acessível ao aluno.
- Finalmente proponha ao aluno que resolva um simulado contendo cinco questões objetivas sobre o tópico de Radiação de Corpo Negro.

**PASSO O PASSO PARA INSERIR O TÓPICO DE EFEITO FOTOELÉTRICO**

- Comece com uma aula, aula expositiva no power point e logo em seguida passe um vídeo para motivar o aluno no processo de ensino aprendizagem desse tópico.
- Nessa aula propõe-se a leitura de um texto com o objetivo de melhorar a interpretação dos alunos e ao mesmo tempo de desmistificar que o Ensino da Física é meramente cálculo. No término da leitura apresenta-se uma atividade lúdica através de caça palavras e palavras cruzadas.
- Nessa etapa dirija com os alunos a sala de informática para abordar o efeito fotoelétrico através do simulador computacional.
- Nessa aula assista aos vídeos envolvendo o efeito fotoelétrico e posteriormente monte os experimentos de baixo custo e acessível ao aluno.
- Realize o simulado II referente ao Efeito Fotoelétrico.

**PASSO O PASSO PARA INSERIR O TÓPICO DE ESPECTROSCOPIA**

- Inicie com uma aula expositiva no power point e em seguida passe um vídeo que aborde o conteúdo de espectroscopia.
- A atividade dessa aula é propor a leitura de um texto com o objetivo de melhorar a interpretação dos alunos e ao mesmo tempo de desmistificar que o Ensino da Física é meramente cálculo. No término da leitura apresenta-se uma atividade lúdica através de caça palavras e palavras cruzadas.
- Nessa aula assista o vídeo envolvendo o contexto de espectroscopia e posteriormente monte o experimento de espectro contínuo que é de baixo custo e acessível ao aluno.
- Essa aula será destinada para que os alunos possam apresentar as peças teatrais abordando a bibliografia de Hertz, Planck e Einstein.
- Realize o simulado III referente a Espectroscopia.
- Na etapa final fica a sugestão de aplicar um simulado geral englobando os tópicos de Radiação de Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico e Espectroscopia, num total de dez questões objetivas.

ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DA PESQUISA



GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
COORDENADORIA REGIONAL DE ENSINO – CRE - JI-PARANÁ
ESCOLA EST. DE ENS. FUND. E MÉDIO JÚLIO GUERRA

Rua Castelo nº 1523, Bairro Nova Brasília - CEP. 76.900-970 - Ji-Paraná - RO - Telefone: (69) 3423-1045.
 Email- escolajulioguerra@seduc.ro.gov.br



D E C L A R A Ç Ã O

Eu, Dinair de Oliveira, autorizo **“PAULO MALICKA MUSIAU”**, Servidor Estadual, Cargo: PCC, 40 horas semanais, Matrícula nº 300035297, inscrita sob o CPF: 904 047 509 15, Professor de Física do Ensino Médio deste Estabelecimento de Ensino a desenvolver sua pesquisa com âmbito pedagógico e objeto de estudo de sua dissertação de mestrado vinculada a Universidade Federal de Rondônia – Campus de Ji-Paraná –RO.

Por ser a expressão da verdade e para que a mesma surta os efeitos legais, dato e assino a presente.

Ji-Paraná/RO, 23 de abril de 2015.



Dinair de Oliveira
 Vice Diretora E.E.F.M. Júlio Guerra
 Port. 148/15/GAB/SEDUC/1401/15

ANEXO B – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NA 66ª - SBPC**66ª Reunião Anual da SBPC****22 a 27 de julho de 2014****Universidade Federal do Acre - UFAC - Rio Branco/AC****Certificado**

Certificamos que o trabalho **O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO.**, de autoria de *PAULO MALICKA MUSIAU, GLEIDSON PAULO RODRIGUES ALVES, EMILSON PEREIRA TAVARES, PÂMELA SIQUEIRA DE OLIVEIRA* e *ANDREA CAMPOS DA SILVEIRA*, foi apresentado, na forma de pôster, na 66ª Reunião Anual da SBPC, realizada de 22 a 27 de julho de 2014, na Universidade Federal do Acre - UFAC, Rio Branco/AC, Brasil.

Emissão: Julho de 2014.

Certificado nº AT66RA2058S

O número do certificado acima permite a verificação da autenticidade deste documento no site da SBPC <http://sbpcnet.org.br/site/eventos/>


Helena B. Nader
Presidente da SBPC

ANEXO C – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NO XXI SNEF

XXI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA
26 a 30 de janeiro de 2015 Uberlândia - MG



CERTIFICADO

O Comitê Organizador certifica que o trabalho A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO : UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO de autoria de Paulo Malicka Musiau¹, Wagner Waulex Camargos Guedes², Márcio Luiz Marques de Souza³, Ricardo Costa⁴ foi apresentado na sessão 02 - Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino de Física, no XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado na Universidade Federal de Uberlândia, MG de 26 a 30 de janeiro de 2015, promovido pela Sociedade Brasileira de Física.

Uberlândia, 29 de janeiro de 2015.

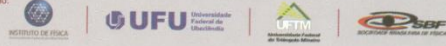


147-416-2



Eduardo Koji Takahashi
Coordenador Geral

realização:



**ANEXO D – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NO 32^a
ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE**



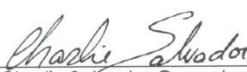
CERTIFICADO

O Comitê Científico certifica que o trabalho *ENSINANDO FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: ESPECTROSCOPIA E RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO*, de autoria de *Paulo Malicka Musiau*¹, *Wagner Waulex Camargos Guedes*², *Márcio Luiz Marques de Souza*³, *Ricardo de Sousa Costa*⁴, *Robinson V. F. Cadillo*⁵ e *Ruben Olinio da Rosa*⁶, foi apresentado na sessão *Ensino de Física*, no XXXII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste - ENSINO, realizado em João Pessoa, PB, de 17 a 19 de novembro de 2014, promovido pela Sociedade Brasileira de Física.

João Pessoa, 18 de novembro de 2014.




José Roberto S. Nascimento
Coordenador Geral
Área de Pesquisa


Charlie Salvador Gonçalves
Coordenador Geral
Área de Ensino



**ANEXO E – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NO 3ª
ENCONTRO DE FÍSICA DO CENTRO-OESTE**

III ENCONTRO DE FÍSICA DO CENTRO-OESTE
11ª ESCOLA MATO-GROSSENSE DE FÍSICA

CERTIFICADO

O Comitê Organizador certifica que o trabalho INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO : DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA, EFEITO FOTOELÉTRICO E RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO de autoria de *P.M Musiau (EEEFM Júlio Guerra) ,W. W. C.Guedes (UNIR-RO), M. L.M. de Souza (UNIR-RO), R. de S. Costa (UNIR-RO) , R. V. F. Cadillo (UNIR-RO). foi apresentado em sessão Paineis no III ENCONTRO DE FÍSICA DO CENTRO-OESTE e da 11ª ESCOLA MATO-GROSSENSE DE FÍSICA , realizado de 27 a 31 de Outubro de 2014 em Cuiabá, MT, Brasil.



Jorge Luiz Brito de Faria
Coordenador de Programa

José de Souza Nogueira
Coordenador Geral



ANEXO F – PARECER DE ACEITE PARA APRESENTAÇÃO NA 67ª - SBPC

	67ª Reunião Anual da SBPC
Ref.: Parecer sobre resumo de trabalho submetido à 67ª Reunião Anual da SBPC.	
Consulta em: 30/10/15 às 11:31:57	
Prezado(s) autor(es): Paulo Malicka Musiau	
Título do trabalho: O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NA SALA DE AULA: O QUE DIZEM OS ALUNOS?	
Área: A. Ciências Exatas e da Terra - 3. Física - 2. Ensino de Física	
Inscrição do trabalho: 2737	
Temos a satisfação de informar que o resumo do trabalho, acima referido, foi avaliado pelos assessores "ad hoc" e foi ACEITO para apresentação na Sessão de Pôsteres, que será realizada durante a 67ª Reunião Anual da SBPC, de 12 a 18 de julho de 2015, na Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, em São Carlos/SP.	
Consulte no site http://sbpcnet.org.br/saocarlos/resumo/poster.php as normas para preparação e alocação do pôster.	
Apenas os pôsteres apresentados na Sessão de Pôsteres, por pelo menos um dos autores, terão os resumos publicados nos Anais/Resumos, no site da SBPC, a partir de novembro/2015.	
Agradecemos sua participação.	
Comissão Organizadora Central 67ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência www.sbpcnet.org.br/saocarlos	
Resumo aceito para apresentação na 67ª Reunião Anual da SBPC pela(o): ABRAPEC - Ass. Bras. de Pesquisa em Educação em Ciências	

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, Paulo Malicka Musiau, abaixo-assinado, aluno regularmente matriculado no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo Ji-Paraná/UNIR, portador(a) do RA: 201322433, CPF:904.047.509-15, RG: 4.997.612-7, venho por meio deste autorizar a disponibilização pelo Pólo do Departamento de Física de Ji-Paraná do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (PJIPAMNPEF) do meu Trabalho de Conclusão de Curso em meios eletrônicos existentes ou que venham a ser criados.

Ji-Paraná, 14 de Julho de 2015.



Paulo Malicka Musiau