



**Licenciatura em Física**

**Gustavo Sander Larios**

**Subsídios históricos para o ensino de Dualidade Onda-Partícula:  
Opiniões e perspectivas sobre a Física Moderna e um ensino  
contextualizado**

Birigui-SP

2017

**Gustavo Sander Larios**

**Subsídios históricos para o ensino de Dualidade Onda-Partícula:  
Opiniões e perspectivas sobre a Física Moderna e um ensino  
contextualizado**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus  
Birigui, como requisito para obtenção do grau  
de Licenciado em Física.

**Orientador: Donizete Aparecido  
Buscatti Junior**

Birigui-SP

2017

Larios, G.S.

Subsídios históricos para o ensino de Dualidade Onda-  
Partícula: Opiniões e perspectivas sobre a Física Moderna e um  
ensino contextualizado/ Larios, G.S. – Birigui, 2016.

64 f.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Física) – Instituto  
Federal de São Paulo, Câmpus Birigui.

Orientador: Donizete Aparecido Buscatti Junior

1. Contextualização no ensino de ciências. 2. História da Física.  
3. Dualidade Onda-Partícula. I. Buscatti Junior, D.A. II. Título.

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Gustavo Sander Larios**

### **Subsídios históricos para o ensino de Dualidade Onda-Partícula: Opiniões e perspectivas sobre a Física Moderna e um ensino contextualizado**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus  
Birigui, como requisito para obtenção do grau  
de Licenciado em Física

Comissão examinadora

---

Prof. Ms. Donizete Aparecido Buscatti Junior, IFSP – Birigui  
Orientador

---

Prof. Ms. Leandro Vinício Lopes, IFSP – Birigui  
Examinador

---

Prof. Ms. Luiz Fernando da Costa Zonetti, IFSP – Birigui  
Examinador

Birigui, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meu pais, Mereide Sander da Silva Masson e Roberto Larios Masson, pelo incentivo, apoio, esforço e sacrifícios que fizeram para chegar onde estou, principalmente por encorajar meu caminho.

À minha irmã Natalia Sander Larios, à minha companheira Mayara Gonçalves Santos, pela contribuição e ensino de vida.

Agradeço ao meu orientador Donizete Aparecido Buscatti Junior, pela orientação habilmente conduzida, por acreditar no desenvolvimento deste trabalho e gostar do meu trabalho.

À banca examinadora compostas por, Donizete Aparecido Buscatti Junior, Leandro Vinicius da Silva Lopes e Luiz Fernando da Costa Zoneti, pelas contribuições inestimáveis para a consecução do trabalho.

Aos docentes do Departamento de Física, pelas oportunidades e caminhos mostrados.

Aos meus amigos que propuseram muitas, risadas, viagens e participações de congresso que fizemos juntos; foi sem dúvida uma das melhores épocas da minha vida, graças em grande parte a vocês.

À 131 turma de Física e Matemática, da qual sentirei muita falta.

“Algo só é impossível até que alguém duvide e resolva provar ao contrário.”

Albert Einstein

## RESUMO

Neste trabalho, iremos discutir a importância de contextualizar o ensino por meio da História da Ciência, junto a inserção de Física Moderna no ensino médio. Com isso, buscamos defender quais as vantagens de se utilizar a história para o ensino de Física, perante esta ideia, montamos um apanhado histórico que pode ser utilizado por um professor para ensinar o tema, Dualidade onda-partícula. Pressupondo que o ensino deve abordar ferramentas que desenvolva o pensamento crítico do aluno, apresentamos subsídios históricos que contemplem o desenvolvimento da ciência e tecnologia, de forma política, social e cultural, a fim de relacionar o cotidiano do aluno na aula. Por fim, relacionamos os conceitos apresentados com a opinião de sete professores da rede de ensino e discutimos suas opiniões sobre a inserção de Física Moderna no ensino médio, assim como temas que devem estar presentes no currículo escolar da Física. Explorando como desenvolveriam a prática pedagógica para ensinar temas relacionados a natureza da luz, junto as opiniões sobre o uso da História da Ciência como forma de contexto no ensino de Física.

**Palavras-chave:** Contextualização no ensino de ciências, Dualidade onda-partícula, História da Ciência, História da Física, Física Moderna.

## ABSTRACT

In this work, we will discuss the importance of contextualizing teaching through the History of Science, along with the insertion of Modern Physics in high school. With this, we will try to defend what advantages of using history for the teaching of Physics, before this idea, we put together a historical record that can be used by a teacher to teach the theme, wave-particle duality. Assuming that the teaching must approach tools that develop critical thinking of the student, we seek to present historical subsidy that contemplate the development of science and technology, in a political, social and cultural way, in order to relate the student's daily life in class. Finally, we related the concepts presented with the opinion of seven teachers of the educational network and discussed their opinions about the insertion of Modern Physics in high school, as well as the themes that should be present in the school curriculum of the Physical. Exploring how they would develop the pedagogical practice to teach subjects related to the nature of light, together with the opinions about the use of the History of Science as a form of context in the teaching of Physics.

**Keywords:** Contextualization in science teaching, Wave-particle duality, History of Science, History of Physics, Modern physics.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico ilustrativo da radiação de Corpo Negro .....	24
Figura 2 - Esquema demonstrativo sobre o comportamento corpuscular da matéria no Efeito Compton .....	29
Figura 3 - Gráfico experimental obtido por Compton em 1923 .....	30
Figura 4 - Movimento da onda associada a um elétron em torno do núcleo atômico .....	34

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 - Questões aplicadas no desenvolvimento da entrevista.....	40
Gráfico 1 - Número de professores que acreditam ser possível o ensino de FM no ensino médio .....	43
Gráfico 2 - Percentual de professores que citaram temas que abordariam em suas aulas.....	49

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

PCN – PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS

PCN+ - Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

FMC – Física Moderna e Contemporânea

EM – Ensino Médio

FM – Física Moderna

nm – Nanômetro (subunidade do metro, correspondente a  $1 \times 10^{-9}$  m)

v – Velocidade de propagação da onda (m/s)

c – Velocidade da luz no vácuo (m/s)

n – Índice de refração (unidimensional)

u – densidade de radiação ( $\text{J/m}^3$ )

$\Phi$  – Fluxo de energia radiante (J/s)

K – Constante de Boltzmann ( $1,346 \times 10^{-23}$  J/K)

T – Temperatura (Kelvin)

E – Energia do quantizada (eV)

h – Constante de Planck ( $6,626 \times 10^{-34}$  m<sup>2</sup> kg / s)

v – Frequência da onda (Hertz)

$c/\beta$  – Razão entre a velocidade v e a velocidade da luz no vácuo c (unidimensional)

R – Constante dos gases ideais ( $\text{cal K}^{-1} \text{mol}^{-1}$ )

K - Energia cinética (Joule)

p – Momento (kg m/s)

Å - Angstrom (unidade de comprimento, equivalente a  $10^{-10}$  m)

W – Trabalho (Joule)

V – Velocidade (m/s)

## SUMÁRIO

<b>CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1. A importância de um ensino contextualizado .....	10
1.1.1. <i>O uso de História da Ciência como forma de contexto no ensino de Física Moderna e Contemporânea</i> .....	12
1.2 Ensino de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio .....	13
<b>CAPITULO 2 – SUBSÍDIOS HISTÓRICOS PARA O ENSINO DE DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA</b> .....	<b>17</b>
2.1 Concepções históricas sobre a luz até o início da Física moderna .....	17
2.2. Proposta de contextualização para o ensino de dualidade onda partícula.....	20
2.2.1 <i>Subsídios histórico para o ensino da Dualidade Onda Partícula</i> .....	20
2.3 O início da Física Moderna, a teoria de Planck para a radiação de corpo negro	21
2.4. Albert Einstein a hipótese dos quanta de energia .....	25
2.5. As propriedades ondulatórias dos Raios X.....	26
2.6 Estudo do Efeito Compton.....	27
2.7. Os primeiros trabalhos de Louis de Broglie sobre a dualidade onda partícula...31	
2.8. O primeiro trabalho de Louis de Broglie .....	31
2.9. Conclusão .....	37
<b>CAPITULO 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA</b> .....	<b>38</b>
3.1. Escolha do método de pesquisa .....	38
3.2. Questionário proposto .....	39
3.3 Aplicação do questionário .....	41
<b>CAPÍTULO 4 – DISCUSSÕES E RESULTADOS</b> .....	<b>42</b>
4.1 Análise da Primeira questão.....	42
4.2. Análise da segunda questão .....	48
4.3. Análise da terceira questão .....	50
4.4. Análise da quarta questão .....	52
4.5. Análise da quinta questão .....	54
4.6. Análise da sexta questão .....	55
4.7. Conclusão .....	59
<b>CAPITULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>60</b>
REFERÊNCIAS.....	62

## **CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO**

### **A importância da História da Ciência para o ensino de Física Moderna e Contemporânea**

Neste capítulo discutiremos a base principal para o desenvolvimento deste trabalho. Os argumentos apresentados abaixo, irão servir como forma de sustentação teórica, para as discussões que serão feitas nos próximos capítulos. É abordado referenciais que justificam a importância de um ensino contextualizado e a inserção de Física Moderna no ensino médio. Discutindo o porquê este tema deve ser inserido na grade curricular, assim como a sua importância para o ensino.

Trataremos do objetivo educacional para o ensino médio, discutindo a maneira que é ensinado tradicionalmente e a referida na LDB, PCN e PCN+, buscando uma melhoria na qualidade de ensino, relacionando a importância do ensino contextualizado com o letramento científico do aluno. A fim de estimular a evolução do pensamento cognitivo, a criticidade e o entendimento do mundo que os cercam.

#### **1.1. A importância de um ensino contextualizado**

Nas últimas décadas, surgiu iniciativas significantes para inserção da História da Ciência no ensino de Física, como é uma medida oportuna que humaniza o ensino, aproximando-se dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade, pode ser um meio favorável para melhoria do letramento científico (SANTOS e OLIOSI, 2013). Tornando as aulas contextualizadas, desafiadoras e motivacionais, permitindo assim o desenvolvimento do pensamento crítico do educando.

Observa-se nos livros didáticos ênfase nos resultados, que ciência alcançou, como por exemplo, as teorias, conceitos aceitos e técnicas de análise utilizada. Entretanto, não costumam apresentar aspectos que demonstrem como foram desenvolvidas, o que era estudado na época, o aspecto cultural e religioso que influenciavam nas decisões e conceitos considerados errôneos hoje, mas aceitos no passado (QUINTAL e GUERRA, 2009).

Tornando o ensino de Física apresentado nas escolas de modo, anacrônico, fragmentado em argumentações, sem questionamento e dúvidas, apresentado por meio de

teoria e leis que são inquestionáveis, ou pior ainda, de forma “*mágica*”, desenvolvida “*do nada*”, ou simplesmente impostas pelos cientistas.

Sabemos que o real contexto da evolução do pensamento científico não é este, então por que é ensinado desta maneira?

Hoje o conhecimento científico é formal, mas nem sempre foi assim, houve um processo contínuo de criação, não linear, surgindo rupturas, onde, rompeu-se interpretações íntimas da natureza, voltadas a uma maneira de entendimento sensorial e sentimental; à uma forma de entender o mundo pela evolução, considerando o motivo e o porquê das ações, propondo assim uma previsão, que hoje são entendidas de forma matemática.

Considerando este entendimento, saberemos como evoluiu a ciência, como surgiu as teorias e as consequências deste pensamento, com isso torna-se possível entender o mundo atual, de forma a aplicar este raciocínio ao ensino (GOULART, 2005).

A ciência não é apenas uma coleção de leis, um catálogo de fatos não-relacionados entre si. É uma criação da mente humana, com seus conceitos e ideias livremente inventados.

As teorias... tentam formar um quadro da realidade e estabelecer sua conexão com o amplo mundo das impressões sensoriais. Assim, a única justificativa para as nossas estruturas mentais é se e de que maneira as nossas teorias formam tal elo. (Goulart 2005, apud Einstein e Infeld, 1976, p. 235)

A evolução do pensamento científico, assim como evolução de teorias, está intimamente ligada a evolução das ideias filosóficas, sociais, políticas e religiosa, ou seja, está ligado a toda cultura humana.

O pensamento científico está sempre voltado a possibilidade de descobrir algo novo, de explorar ideias, de olhar para o passado e analisar um problema de outro ângulo, com outra perspectiva. Portanto a História da Ciência torna um grande elo a educação, sendo assim de suma importância ser trabalhada em sala de aula.

### **1.1.1. O uso de História da Ciência como forma de contexto no ensino de Física Moderna e Contemporânea**

Com isso entramos com a questão da implementação de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio (EM), visto que esta disciplina é um conteúdo onde poderá tratar de assuntos que envolva toda a tecnologia encontrada no mercado tecnológico, junto com as novas tecnologias que poderão surgir, deixando o aluno preparado e informado de um avanço científico e tecnológico (PENA, 2006).

Entretanto, um grande problema que encontramos no ensino de FMC é que muitos professores não estão preparados para lecionar tal disciplina, pois acreditam que envolva conceitos muito complexos e que suas aulas não renderão tanto por causa desta complexidade, ou até mesmo, que não sobra tempo necessário para desenvolver e enfatizar outros temas (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007).

De acordo com o Plano Curricular Nacional (PCN+), o ensino de Física não deve ser voltado somente ao uso de fórmulas e regras para resolução de questões, mas como uma forma de ensino que contextualize e incentive o pensamento crítico do aluno, voltado a resolver problemas do seu dia a dia, fora do ambiente escolar.

Diante disso, percebemos a necessidade do ensino de Física contemplando temas modernos, que abordem o desenvolvimento tecnológico e relacione-os com o cotidiano no aluno. Segundo Ostermann e Moreira (2000), deveria ser introduzido no currículo de Física, assuntos relacionados a FMC, pelo fato de ter sido desenvolvida a partir de 1900 e estar inserida no cotidiano dos alunos.

Mas se muitos professores pensam que não é possível ministrar este conteúdo diante de todas suas dificuldades, pode-se adotar um meio para trabalhar este assunto, que seria o ensino contextualizado com a História da Ciência.

Pois com o uso da história podemos aprender com os erros do passado e refletir sobre a evolução científica, deixando claro que é iniciada a partir de pensamentos críticos e rupturas. Desta forma tornamos o ensino de Física diversificado, saindo do padrão linear e passando a transmitir o conhecimento a partir da evolução da ciência.

Pela afirmação de Neves:

[...] temos visto nas últimas décadas é a ciência sendo apreendida como um dado e não como uma possibilidade de construção e integração com as

demais ciências e com as necessidades diárias do cidadão comum[...] (NEVES, 1998)

Percebe-se neste comentário como é criticado o ensino de Física sem contexto, tratando-a como um meio de resolver equações e não como uma forma de refletir e resolver um problema.

Sendo assim, de maneira geral, a contextualização tem o objetivo de humanizar o conteúdo ensinado, favorecendo a maior compreensão dos conhecimentos científicos, pois conscientiza e discute todo o esforço que um pesquisador passa para criar uma teoria, ressaltando o valor da cultura científica, visando a importância da busca do conhecimento e como é a iniciação de uma ruptura de pensamento, mostrando que conhecimento é mutável e graças a essas transformações o avanço pode ser sempre subsequente (OLIVEIRA e SILVA, 2012).

Portanto, com a história da Física podemos abranger um contexto maior e discutir assuntos mais pertinentes ao aluno, ou seja, ele poderá aprender mais a partir da História da Ciência e da evolução científica, do que aplicando fórmulas em um exercício e resolvê-lo repetidamente.

Por fim, com o uso da História da Ciência, é possível desenvolver uma linha de pensamento, que aborde conceitos teóricos, culturais e religiosos da época, que incentivaram o desenvolvimento do pensamento científico. De forma a trabalhar passo a passo o conteúdo da disciplina, priorizando o raciocínio por meio de sua origem, mostrando ao aluno que o avanço da ciência passa por diversas barreiras, interpretações e contribuições, até ser concretizado.

## **1.2 Ensino de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio**

Os avanços científicos e tecnológicos despertam o interesse pela ciência nos jovens, hoje esta área é destacada fortemente em filmes e séries, relacionando o futuro da humanidade de uma forma lúdica e atraente.

Em particular, a Física vem contribuindo fortemente com diversas áreas, o avanço da medicina e engenharia possuem relações diretas a conceitos de Física Moderna, como, em tratamentos, diagnósticos, análises, desenvolvimento e construção de novos equipamentos. Desta forma, um currículo desatualizado resulta em uma prática

pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno, fazendo que fique vaga a compreensão de qual a importância de estudar a Física e qual sua aplicabilidade.

Tornando a maioria das aulas resumidas em fórmulas e equações, excluindo o papel histórico, cultural e social que a Física desempenha no mundo (OLIVEIRA; VIENNA e GERBASSI, 2007).

Algumas razões para o ensino de Física Moderna são citadas por Ostermann e Moreira em um de seus trabalhos sobre ensino.

- Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles; os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
  - É do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;
  - É mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;
  - Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la. (OSTERMANN e MOREIRA, p.25, 2000)

Entretanto, não basta introduzir novos assuntos que trabalhe com o cotidiano moderno do aluno na grade curricular, é preciso preparar cursos de licenciatura capazes de atender a esta tendência.

Por meio de uma pesquisa, Junior e Cruz (2009), apresentam, quais foram as principais dificuldades encontradas por alunos dos cursos de Licenciatura em Física, que corroboram com a desatualização no ensino. Desta pesquisa, poucos possuem preparo necessário para trabalhar este tema, achando muito complexo para aplica-lo no EM.

Outro fato bastante debatido é a falta de tempo, como a Física possui poucas aulas semanais, não sobra tempo para chegar a uma questão tão profunda. Ou seja, em alguns casos, o ensino de FM passa a ser interpretado como uma forma negativa, desde a formação inicial de professores.

Analisando os textos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei Nº 9.394, de Dezembro de 1996), os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 2000) e os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – PCN+ (BRASIL, 2002), destacamos que:

A formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação.

Propõe-se, no nível do Ensino Médio, a formação geral, em oposição à formação específica; o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização. (PCN, p.5, 2000)

Vemos que, por mais complexo que seja este tema, deve-se trabalhar no ensino médio, pois, sua importância não decorre apenas de suas conexões com o mundo tecnológico atual. Seu estudo evidencia características marcantes do conhecimento científico (TERRAZAN, 1992), como as mudanças de paradigmas, uso de modelos, aplicações experimentais, interpretação de conceitos, dentre outras. Neste aspecto Santana (2015), afirma:

O ensino da Física Moderna pode propiciar um melhor entendimento sobre as mudanças de paradigmas na ciência, sobre o papel do cientista na construção do conhecimento, bem como da prática científica. (SANTANA, 2015, p. 24)

Entendemos que atualizar o currículo, justifica-se diretamente a influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo atual. Assim como a formação de pessoas conscientes e participativas, visto que faz parte da sociedade, proporcionando uma visão panorâmica do mundo que os cerca.

Acreditamos que, a inserção de FM no currículo escolar pode quebrar paradigmas epistemológicos, fundamentais para o conhecimento, favorecendo uma capacidade cognitiva maior do educando.

## **CAPÍTULO 2 – SUBSÍDIOS HISTÓRICOS PARA O ENSINO DE DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA**

Neste capítulo, será discutido uma proposta pedagógica para o Ensino Básico, sobre o tema dualidade onda partícula, enfatizando a História da Ciência e o desenvolvimento do pensamento científico, para o ensino de uma teoria que contemple o caráter corpuscular e ondulatório da matéria.

Através de uma pesquisa documental baseado em textos base (Rosa,2004) e obras originais, foi elaborada uma proposta pedagógica para aplicação no EM, utilizando a História da Ciência como forma de contextualização do ensino.

Primeiramente discutimos por meio de um relato histórico a interpretação da luz desde a Grécia antiga, até a aceitação da teoria dualística. De maneira simples e clara para que o educador possa utilizar este trabalho documental como ferramenta de contexto em suas aulas de Física.

### **2.1 Concepções históricas sobre a luz até o início da Física moderna**

A natureza da luz é uma questão que vem sendo referida desde a Grécia antiga pelas escolas Pitagórica. Platão (427-347 a.C.), onde acreditava-se que todos os objetos emitiam pequenas partículas que eram captadas por nossos olhos.

Na visão atomística grega, destacava as ideias de Leucipo (480-420 a.C.) e Demócrito (460-370 a.C.) que entendiam a luz como átomos que se deslocavam no vazio, onde a visão era dada pelo fluxo de partículas emitidas pelo objeto e assimiladas pelos olhos, uma formação de imagem totalmente sensorial.

Contra a ideia corpuscular de Platão, Demócrito e Leucipo, Aristóteles (384-322 a.C.), imaginou que a luz saia de nossos olhos assim como o som saia da boca e chegando aos objetos, tornando-os assim visíveis (SILVA, 2001), mostrando uma ideia meta-Física para explicar o que era a luz.

Conforme Forato (2009), Heron de Alexandria (10 a.C.-75), estabeleceu as leis básicas da Reflexão e Propagação Retilínea da Luz. Mas não foi capaz de explicar o desvio de trajetória, quando posta em outro meio.

As propostas sobre a ótica ficaram abertas até a revolução científica no século XVII, quando em 1621 Willebrord Snell (1580-1626) descobriu experimentalmente a lei da refração. Dizendo que um feixe de luz ao penetrar em um meio desvia sua orientação original, mas continuava a se propagar em linha reta (MOURA, 2008).

No ano de 1678 Christiaan Huygens (1629-1695) sugeriu o quanto a luz era desviada da sua trajetória inicial, dependendo da velocidade que atravessa no meio. Ele defendia a teoria ondulatória para luz, e caso sua teoria estivesse correta, quanto maior o índice de refração menor deveria ser a velocidade da luz para um meio mais denso que o ar.

Caso a luz se comportasse como partícula, como Isaac Newton havia proposto, quanto maior o índice de refração, maior deveria ser sua velocidade de propagação. Já que as moléculas deste outro meio, exerceriam uma força maior sobre a luz.

Por volta do século XVII, dois modelos para luz voltaram a surgir, um favorecendo a ideia corpuscular e outra ondulatória, ou seja, de frente a estas linhas de pensamento tínhamos Isaac Newton defendendo que a luz era composta por minúsculas partículas, e associado à ideia ondulatória, René Descartes, Christiaan Huygens e Robert Hooke.

René Descartes (1596-1650) foi um dos primeiros a caracterizar a luz como um problema científico, sustentando-a como uma tendência natural ao movimento ou pressão, que propaga-se no *Éter luminífero* com velocidade infinita (FORATO, 2009).

Christiaan Huygens reforça os conceitos ondulatórios propostos por Hooke em uma publicação em 1678, afirmando que para tais fenômenos era necessário um meio, para a propagação da luz, e este seria o éter, proposto inicialmente pelos gregos.

Isaac Newton (1643-1727) em seu primeiro artigo refere-se a luz sobre uma natureza atomística, deve-se notar que Hooke era totalmente avesso a teoria corpuscular proposta por Newton. Seus trabalhos publicados no ano de 1672 criticava totalmente a ideia de corpúsculo para a luz.

Durante o século XVII os fenômenos óticos permaneciam em constantes debates. Neste período, Newton publicou seus primeiros trabalhos de ótica, “*A hipótese da Luz*” em 7 de dezembro de 1675, sendo que neste ele deixa algumas dúvidas quanto a natureza da luz. A fim de não debater de frente com Hooke, presidente da Royal Society e principal crítico de seu trabalho. O livro *Ótica* de Isaac Newton foi publicado em 1704, após a morte de Hooke (Silva, 2007).

No terceiro livro de Newton, *Ótica*, conta-se com 31 questões que visam levantar suposições e dúvidas a fim de que continuem com seu trabalho. Mostrando ao leitor que ele não poderia ter certeza plena sobre a maturidade da luz, evitando conflitos críticos na época.

Na segunda metade do século XVIII, os estudos de ótica voltaram dando um toque a mais a hipótese ondulatória. Os trabalhos de Leonard Euler (1707-1783) começaram a constatar problemas na concepção corpuscular newtoniana (massa, volume, força dos corpos para refletir e refratar, conceito de inflexão, entre outros) servindo como estímulo para o ressurgimento de modelos ondulatórios reforçando a teoria de Christiaan Huygens (MOURA, 2015).

Thomas Young (1773-1829) no ano de 1801 demonstrou que ondas de luz possuem superposição, interferindo uma na outra, o experimento que Young usou é muito famoso e conhecido como “experimento da dupla fenda de Young”, onde a luz solar passa por um pequeno orifício de uma chapa opaca, incidindo em outra placa com dois orifícios, assim a luz passava pela segunda placa gerando uma rede de difração. Isso permitiu-lhe medir o comprimento da luz solar, estimada em 570 nm, próximo ao valor atual de 555 nm (SILVA, 2007 a).

No ano de 1817 houve um fenômeno que proporcionou determinar outra característica para a luz, em 1808 Étienne Malus (1775-1812), havia descoberto que a luz é transversal (ou seja, possui lados) e pode ser polarizada, até então se tratava a luz como o som, que se propagava de forma longitudinal. A partir da descoberta de Malus em 1808, Young para explicar este problema sugeriu que a luz deveria conter uma vibração transversal à direção de propagação.

De acordo com Silva (2010), no ano de 1850, Foucault (1819-1869) determinou a velocidade da luz em diferentes meios e demonstrou que ela se propaga com menor velocidade quando o meio fosse mais denso, sendo pela equação  $v=c/n$ , sendo  $v$  a velocidade da luz no meio,  $c$  a velocidade da luz no vácuo e  $n$  o índice de refração, nunca podendo possuir valor menor do que 1. Assim a teoria corpuscular de Newton era refutada, pois todos os experimentos da época eram explicados partindo para uma teoria ondulatória.

Ainda na segunda metade do século XVIII, a eletricidade estava chamando a atenção; análoga a Teoria Gravitacional Universal, proposto por Newton, à interação elétrica decaía com o quadrado da distância. Em 1819, Christian Oersted observou que

cargas elétricas em movimento geram um campo magnético, em 1831, Michael Faraday propôs que o fluxo magnético variável com o tempo, gerava campo elétrico. Desenvolvendo as equações fundamentais do eletromagnetismo.

Na segunda metade do século XIX James Clerk Maxwell, fez uma síntese dessas equações e por simetria percebeu a ausência de um termo entre elas. Esse termo permitiu demonstrar que o campo elétrico e magnético satisfaz equações de ondas e propagam com a velocidade da luz. Assim, interpretando que a luz visível é um caso particular de onda eletromagnética. Quando em 1886, Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) realizou experimentos que confirmaram a previsão de Maxwell (SILVA, 2007 b).

Até então a teoria ondulatória estava bem fundamentada e embasada, era possível explicar e prever todos os fenômenos usando a luz como uma onda eletromagnética, propagando-se de forma retilínea e transversal.

Porém, no final do século XIX, surgiu junto ao avanço científico e tecnológico novos experimentos que questionaram novamente a natureza da luz.

## **2.2. Proposta de contextualização para o ensino de dualidade onda partícula**

A partir destes experimentos começou a ser proposta uma nova teoria Física que voltaria a encarar a luz como partículas, esta teoria é conhecida hoje como Física Moderna e teve a participação de diversos pesquisadores até sua aceitação.

Com este conteúdo histórico proposto a seguir montamos uma proposta pedagógica que utilize a História da Ciência como forma de contextualizar o ensino de Física Básica para o EM. Os relatos discutidos no próximo item poderão ser utilizados por um professor de Física como auxílio na elaboração de uma aula sobre Dualidade Onda-Partícula, onde está envolvida pouca formulação matemática e trabalhara com um foco maior na evolução do pensamento científico.

### **2.2.1 Subsídios histórico para o ensino da Dualidade Onda Partícula**

No final do século XIX e início do século XX começou a surgir novos experimento que contraponham a teoria ondulatória da luz. Como a Física Clássica estava muito bem definida em todos seus aspectos, muitos tentaram explicar os resultados experimentais utilizando a mecânica clássica, porém, os resultados não condiziam com a teoria.

A partir deste ponto começamos a perceber como é importante o pensamento científico para justificar um problema, pois foi somente com uma quebra de paradigmas que conseguiram elaborar um novo conceito, que fosse capaz de explicar teoricamente todos os problemas. Assim veremos a importância do ensino de ciência como forma de construção do pensamento crítico do educando.

Será discutido uma proposta pedagógica que usa dos conceitos históricos da Ciência para o ensino de Física Moderna, em especial sobre a Dualidade Onda-Partícula.

Iremos abordar passo a passo o que foi proposto para construção deste modelo, juntamente com os experimentos que surgiram com o avanço tecnológico que eram contrários a teoria ondulatória da luz. Envolveremos o que é necessário para criação de uma nova teoria Física, com argumentos que justificam que a luz pode ser considerada onda e partícula.

### **2.3 O início da Física Moderna, a teoria de Planck para a radiação de corpo negro**

A teoria quântica originou-se no ano de 1900, com os estudos de Max Ludwig Planck (1858-1947), estudando a radiação de corpo negro (Corpo Negro foi o nome que se deu para o experimento que estudava a emissão de radiação proveniente da temperatura, por exemplo, o sol) buscando encontrar uma relação entre a temperatura de um corpo negro emitindo luz, e as propriedades da radiação emitida.

Porém o estudo sobre a radiação de corpo negro se iniciou por Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) em 1859, ele considerou que o corpo negro ideal é uma cavidade com um pequeno orifício, por onde seria emitido radiação eletromagnética.

Naturalmente o material que é composto o corpo negro, influencia na emissão de radiação, mas através de um argumento termodinâmico, analisando vários corpos em equilíbrio térmico, foi observado que o fluxo de radiação emitido por suas superfícies é independente do material. Além disso em uma situação de equilíbrio, o fluxo de radiação absorvida é igual ao emitido.

Por este fato, dizemos que se uma superfície for totalmente negra absorverá toda a radiação incidida, sendo também a melhor emissora de radiação. Assim estabeleceu uma relação simples que a densidade de radiação  $u$  e o fluxo de energia  $\Phi$ , que é emitido pelo furo da cavidade é:

$$u = \Phi \frac{4}{c}$$

Junto a estes estudos, Josef Stefan (1835-1893), com os dados experimentais de John Tynball em 1865, com a emissão de radiação por um fio de platina a duas temperaturas diferentes, concluiu que a emissão de radiação era proporcional a quarta potência da temperatura absoluta (JAMMER, 1966).

$$\Phi = KT^4$$

A conclusão de Stefan não tinha base teórica, sendo experimentada somente em um fio de platina, que evidentemente não é um corpo negro ideal, Stefan concluiu sua equação com poucos dados e mesmo assim sua fórmula estava correta.

Ludwing Boltzmann (1844-1906) encontrou o mesmo resultado que Stefan ao analisar este problema conforme a teoria termodinâmica, após esta equação passou a ser chamada de “equação de Stefan-boltzmann”, testada e confirmada em 1897 por diversos pesquisadores.

Neste ano Max Planck procurou encontrar uma demonstração para a distribuição espectral da radiação de corpo negro, baseado em considerações termodinâmicas e eletromagnéticas, a ideia geral utilizada por Planck era que a radiação em uma cavidade deve estar em equilíbrio térmico com moléculas que emitiam e absorvem essa radiação.

A principal contribuição de Planck até o início de 1900 com teoria do corpo negro, foi a comprovação da Lei de Wien, que anteriormente baseava-se em uma analogia, assim Planck provou sua coerência utilizando a teoria clássica baseada no eletromagnetismo de Maxwell por uma quantidade  $n$  de ressoadores.

Calculando a relação entre a mudança de energia de entropia, após combiná-la com um princípio da termodinâmica, Planck obteve a equação de Wien, passando a ser considerada lei de Wien-Planck.

Medidas realizadas por Otto Lummer e Ernst Pringsheim em 1899-1900 mostrando resultados diferentes da lei de Wien (PAIS,1979). As primeiras medidas o espectro se desviava para a lei de Wien-Planck para pequenas frequências (na região do infravermelho), mas a diferença entre a teoria e o experimento só aumentavam.

Os estudos sobre o problema do corpo negro continuavam, pois, as teorias propostas até o momento não justificava com exatidão o comportamento da radiação emitida.

Em junho de 1900, Lord Rauleigh propôs uma nova lei para o espectro do corpo negro, utilizando a lei das equipartições e analisando as ondas estacionárias que podem se formar em uma cavidade fechada (esta lei é conhecida hoje como, “*catástrofe do ultravioleta*”).

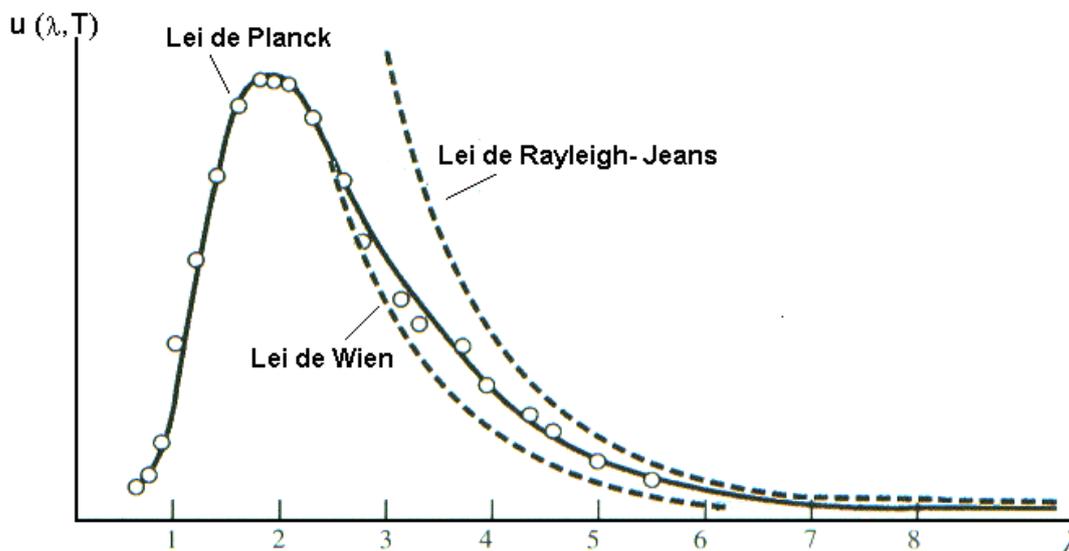
Diferente de Planck, ele não se preocupou com as oscilações emitidas e absorvidas, estudando apenas as propriedades da própria radiação (Klein, 197, p.8), seus resultados satisfaziam as medidas de Lummer e Pringsheim, para pequenas frequências.

Assim a Lei de Rayleigh parece ser válida para baixas frequências e a Lei de Wien para altas frequências, com isso, Planck tentou unificar as duas leis para que talvez fosse possível chegar a uma nova que satisfizesse os dados experimentais em todos os tipos de frequências (JAMMER, 1966, p. 18; MEHRA & RECHENBERG, 1982, vol. 1.1, pp. 43-44).

Podemos observar na Figura 1 abaixo, o gráfico expondo as três propostas para o entendimento da radiação de corpo negro. A lei de Rayleigh Jeans justifica bem a radiação de baixas frequências, porém quando se aproxima do ultravioleta sua proposta dispara se tornando incoerente, esta lei ficou conhecida pela catástrofe do ultravioleta.

A lei de Wien sendo uma equação empírica, explica muito bem a radiação de altas frequências, mas, para baixas frequências prevê um valor inferior ao coletado. Esta lei não teve muito enfoque pois não possuía referencial teórico. E a lei de Planck, exposta na figura como pontos, ela é a unificação das duas leis, de Wien e de Rayleigh-Jeans, entretanto, por mais que possuía grande coerência experimental não foi facilmente aceita pois Planck propôs explicações incoerentes com a teoria clássica.

**FIGURA 1 – GRÁFICO ILUSTRATIVO DA RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO**



Fonte: disponível em < <http://www.ensinoadistancia.pro.br/ead/qg/aula-3/aula-3.html> >

Acessado 9 de outubro de 2016

Planck conseguiu deduzir uma nova equação interpolada sobre a Lei de Rayleigh e Wien, onde seus limites levavam a estas duas equações. Para deduzir sua equação Planck precisou considerar uma probabilidade de distribuição de  $n$  ressoadores com energia  $E$ , e que esta energia seria diretamente proporcional a múltiplos de  $h\nu$ , sendo  $h$  a constante de Planck e  $\nu$  a frequência da onda (PLANCK, 1900).

Na época era difícil aceitar que a energia dependia da frequência da onda e que a radiação era quantizada e não contínua, que nem a mecânica clássica dizia, Lorentz criticou os trabalhos de Planck, dizendo que é difícil de entender elementos de energia desigual, que se o elemento de energia fossem todos igual, seria mais razoável entendê-la conforme a mecânica clássica.

Mas não podemos considerar que a maioria dos físicos percebesse que a partir dali começou a nascer uma nova Física, ou novo jeito de interpretar resultados. Neste período, com a evolução tecnológica novos experimentos que estudavam a radiação surgiram, mostrando que sua natureza discordasse cada vez mais da teoria clássica.

## 2.4. Albert Einstein a hipótese dos *quanta* de energia

Vários autores afirmam que Albert Einstein propôs o conceito da dualidade onda-partícula, ele publicou vários trabalhos do qual discutia a natureza da luz, sendo os mais importantes no ano de 1905 e 1909. Seu trabalho mais conhecido é o artigo publicado em 1905, onde Einstein apresenta a hipótese sobre os *quanta de luz*.

No estudo dos trabalhos publicados por Einstein em 1905, percebemos que ele não descreve a energia dos *quantas de luz* sendo múltiplo de  $h\nu$ , e sim como  $E = \beta\nu R/N$ , pois não queria relacionar seus trabalhos com a constante proposta por Planck, sendo que não indicava que  $\beta R/N$  era igual a constante de Planck (Kuhn, 1978, p. 181). Dando o parecer que não queria vincular seu trabalho com Planck e sim com a teoria de Wien.

Einstein procurou aplicar a ideia dos quantas a três fenômenos diferentes, a lei de Stokes relativa às frequências da luz absorvidas e emitidas por corpos fluorescentes; a emissão de raios catódicos (elétrons) quando corpos sólidos são atingidos pela luz (efeito fotoelétrico); e a ionização de gases por radiação ultravioleta. Nestes três fenômenos ele demonstra uma explicação pela hipótese dos quantas de energia, coisa que a ondulatória não era capaz de explicar.

Hoje aceitamos a explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico, mas na época a teoria ondulatória estava muito bem embasada, assim dizer que a onda não é contínua e sim quantizada debatia contra as ideias propostas anteriormente.

No ano de 1902, Philip Lenard notou em seus estudos sobre o efeito fotoelétrico que a velocidade dos elétrons ejetados independia da intensidade de luz. Com isso explicou que para que este fenômeno aconteça, o átomo já possui energia suficiente para ejetar elétrons, e que a radiação serve somente como gatilho (WHEATON, 1983, pp 74-75).

Einstein explicou este mesmo acontecimento, mas que a liberação de elétrons dependia da frequência da onda, e não que o átomo já possuía energia e bastava um gatilho para ejetar elétrons. Por mais que ele previu a relação entre a frequência da radiação e a energia máxima dos elétrons, ela não havia sido estudada, portanto preferiu-se a explicação de Lenard.

Einstein chega a afirmar no início de seu artigo:

A teoria ondulatória da luz, que trabalha com funções especiais contidas funciona bem na representação de fenômenos puramente óticos e provavelmente nunca será substituída por uma outra teoria. (EINSTEIN, 1905, pp 368)

Nesta situação destaca-se que Einstein não propõe uma teoria para a luz, ele dá uma hipótese particular, válida apenas em determinadas condições. Seus trabalhos exploram uma ideia puramente corpuscular para a luz, onde explica diversos fenômenos como: a transformação da luz monocromática pela fotoluminescência e luz de frequência diferente, a missão de raios catódicos através da iluminação de corpos sólidos e a ionização de gases por luz ultravioleta. É aceito que Einstein fez sugestões de unificação entre as teorias ondulatórias e corpusculares, mas não foi ele que a aplicou.

Percebe-se pela análise histórica que nem Einstein, nem outro físico da época conseguia desenvolver uma teoria que unificasse o caráter ondulatórios e corpusculares para a radiação, por mais que o trabalho de Einstein foi aceito por propor uma explicação para o Efeito Fotoelétrico, ainda havia a necessidade de uma teoria que embasasse o comportamento contínuo e descontínuo da luz.

## **2.5. As propriedades ondulatórias dos Raios X**

Até a época da realização do primeiro conselho Solvary, não havia evidências claras sobre a natureza ondulatória dos Raios X. No ano de 1912, Walther Friedrich e Poul Knipping incidiram um feixe de Raios X em um cristal e notaram um padrão de interferência (Wheaton, 1983m p. 200). Este fenômeno deixou claro a natureza ondulatória, eliminando toda a chance de os Raios X possuírem características corpusculares.

William Henry Bragg defendia a ideia de que os Raios X eram corpúsculos se deslocando de ponto a ponto, mas que a linha de deslocamento era governada por uma teoria ondulatória, ou seja, eles diziam que os corpúsculos em movimento geravam uma onda durante sua propagação.

Em 1912, os Raios X assim como a luz visível deveriam ser entendidos como uma teoria que combinasse corpúsculo e onda (WHEATON, 1983, P. 208). Seu filho, William Lawrence Bragg descobriu o fenômeno de refração seletiva de Raios X em cristais, tal

fenômeno ficou muito conhecido como reflexão de Bragg, ou difração de Bragg, que indicava o comportamento dos Raios X como ondas (WHEATON, 1983, pp. 208-210).

Como a radiação  $\gamma$  (Gama) possuía grande semelhança aos Raios X, seria natural tentar obter os mesmos fenômenos utilizando-a, assim seus primeiros resultados positivos foram obtidos por Ernest Rutherford e Edwar Andrade entre 1913 e 1914 (Wheaton, 1983, p. 224).

Em 1920, os pesquisadores que utilizavam Raios X, viam de forma mais clara a necessidade de uma nova teoria que conciliasse aspectos ondulatórios e corpusculares. Acreditava-se que utilizar uma teoria com aspectos separados representava um grave problema nos fundamentos da Física.

Fazer uma teoria que unificasse os dois caracteres para a radiação, seria revogar as ideias corpusculares de Newton, como ele sugerido em seu livro *Opticks*: a luz é constituída por partículas (HOUSTOUN, 1921, p. 62).

## **2.6 Estudo do Efeito Compton**

O Efeito Compton foi uma descoberta experimental de suma importância para ressaltar a discussão sobre a natureza dos Raios X. Foi em 1920, um dos principais experimentos que trabalhavam com esta radiação, estudado por Arthur H. Compton (1892-1962), cujo nome foi dado em homenagem ao pesquisador que a realizou.

No início do século XX, o estudo da difração de raio X feito por J.J. Thomson era explicado pela teoria Clássica, entretanto, quando se utilizava radiação de alta frequência obtinha-se outro resultado, que discordava da Física Clássica. Nos estudos de Compton a radiação incidida sempre aumentava seu comprimento de onda quando espalhada, coisa que era incompatível com os dados de Thomson; o que se esperava era que a radiação espalhada fosse igual a incidida (COMPTON, 1923, p. 485).

Inicialmente Compton tentou explicar os resultados seguindo a teoria clássica, que a mudança de comprimento de onda era decorrente da fluorescência (WHEATON, 1983, p. 283), porém, depois de várias tentativas, optou pela hipótese de Planck sobre os quantas de energia. Assim:

De acordo com a teoria clássica, cada raio X afeta todos os elétrons na matéria atravessada, e o espalhamento observado é devido aos efeitos

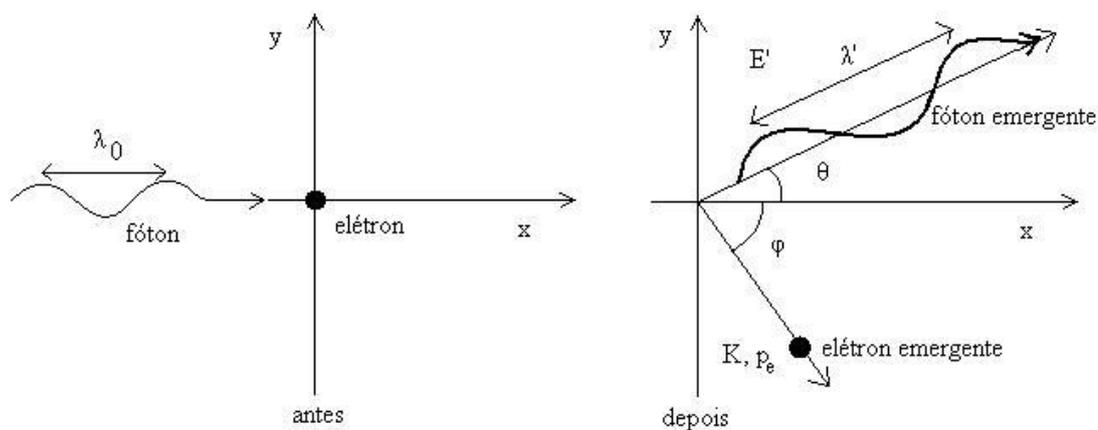
combinados de todos os elétrons. Do ponto de vista da teoria Quântica, podemos supor que qualquer quantum particular de raio X não é espalhado por todos os elétrons do irradiador, mas gasta toda sua energia sobre algum elétron particular.

Este elétron, por sua vez, desviará o raio em alguma direção do quantum de radiação, resultando em um momento igual à mudança de momentum do raio X. A energia do raio desviado será igual à do raio incidente menos a energia cinética de recuo do elétron espalhado. E como o raio desviado deve ser um quantum completo, a frequência será reduzida na mesma razão que sua energia.

Assim, na teoria quântica, deveríamos esperar o comprimento de onda dos Raios X espalhados seja maior que os incidentes. (COMPTON, 1923, p. 485)

Podemos entender melhor o conceito dito por Compton na Figura 2, onde temos uma demonstração do momento antes e depois da colisão do fóton incidente ao elétron espalhado. Do lado esquerdo da imagem temos o fóton incidente momentos antes da colisão com o elétron do material, o fóton possui comprimento  $\lambda_0$  antes da colisão, e o elétron energia cinética igual a zero. Após a colisão (lado direito da imagem) o fóton sofre um aumento em seu comprimento de onda  $\lambda'$ , diminuindo sua frequência ao perder energia cinética em uma colisão inelástica com o elétron, assim o fóton é desviado para um ângulo  $\theta$  e o elétron para um ângulo  $\phi$ , com energia cinética  $K$  e momento  $p_e$  após a colisão.

**FIGURA 2 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO SOBRE O COMPORTAMENTO CORPUSCULAR DA MATÉRIA NO EFEITO COMPTON**



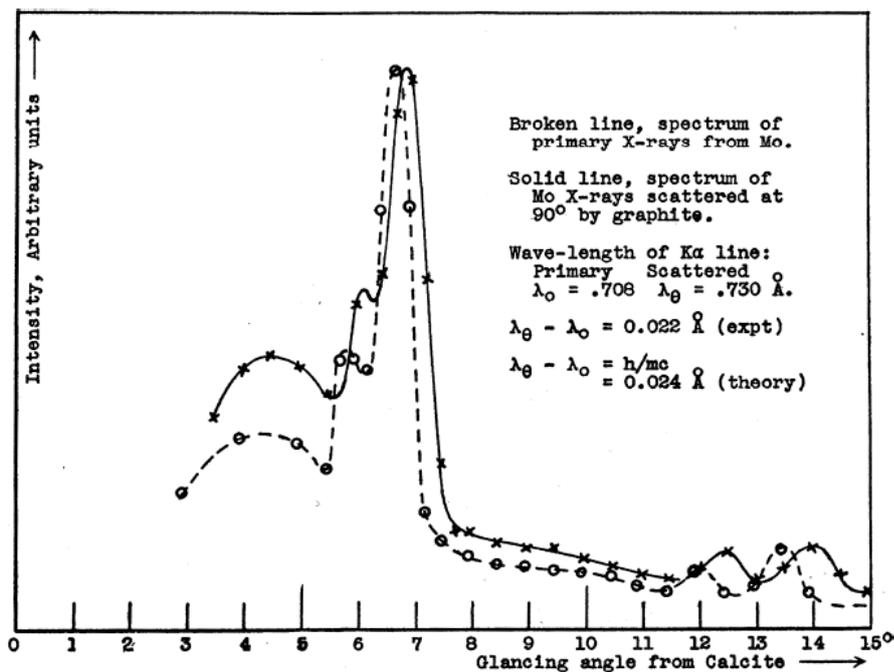
Fonte: Disponível em < <http://www.infoescola.com/fisica/efeito-compton/> >

Acesso 16 de outubro de 2016

Compton determinou que a mudança do comprimento de onda refletido dependia somente do ângulo que incidia no material. Conforme a Figura 2 vemos o comprimento de onda original, mais uma proporção devida a colisão inelástica do fóton com o elétron.

Na Figura 3 abaixo, a curva tracejada representa o espectro de Raio X primário, a curva sólida representa, o espectro de Raios X coletados após a incidência em uma placa de grafite.

FIGURA 3 - GRÁFICO EXPERIMENTAL OBTIDO POR COMPTON EM 1923



Fonte: Rosa, 2004, p. 79

Era esperado segundo a teoria clássica, que os raios incidentes de  $0,24 \text{ \AA}$ , fossem de mesmo valor que o refletido, porém, segundo o experimento realizado por Compton, os Raios coletados eram de  $0,22 \text{ \AA}$ ; só era explicável se considerasse a teoria proposta por Planck, onde a radiação era quantizada, sofrendo um desvio ao se colidir com o elétron conforme dito acima. Porém, considerar que a radiação sofre um desvio devida uma colisão inelástica é adotar que ela é partícula, algo incoerente com a teoria clássica, assim o experimento do Efeito Compton foi um dos principais que revogava a teoria ondulatória da luz.

Agora, mais do que nunca, via a necessidade da criação de uma teoria que justificasse os caracteres corpusculares e ondulatórios para a radiação, tal justificativa, foi proposta por Louis de Broglie, da qual discutiremos em sequência.

## **2.7. Os primeiros trabalhos de Louis de Broglie sobre a dualidade onda partícula**

Louis de Broglie foi um físico francês conhecido por conseguiu conciliar os aspectos ondulatórios e corpusculares sobre a radiação, seus trabalhos foram realizados em 1922 e 1923. De forma resumida, as pesquisas feitas em 1922 começaram a relacionar os quantas propostos inicialmente por Planck, como partículas relativísticas, ou seja, possuíam massa de repouso, se preocupando em concordar a teoria ondulatória com seu modelo de partículas relativísticas.

Em 1923, seu segundo trabalho foi associar uma vibração a essas partículas, ocasionando o entendimento do comportamento ondulatório das partículas, após, relacionou a mesma ideia para elétrons e qualquer outra partícula.

Assim a contribuição de Louis de Broglie para a mecânica quântica, foi a explicação para o comportamento corpuscular da luz e a interpretação que uma partícula possui comportamento de uma onda. A partir De Broglie a teoria sobre a dualidade onda-partícula foi aceita.

Com isso, descreveremos qual foi a evolução do pensamento que De Broglie, para explicar este paradigma, a fim de que este apanhado histórico, possa auxiliar como uma forma de contexto no ensino de Física Moderna no EM.

## **2.8. O primeiro trabalho de Louis de Broglie**

Louis de Broglie era um pesquisador que se dedicou aos estudos com Raios X, em suas pesquisas ao estudar os trabalhos de Einstein, convenceu-se que era necessário desenvolver uma teoria que combinasse o caráter corpuscular com o ondulatório para a radiação.

Publicou um trabalho em 1922, onde utilizou a hipótese dos “*Átomos de luz*”, aplicando esta teoria a radiação de corpo negro, definindo que eles deveriam possuir energia igual a  $W=hf$  (De Broglie, 1922, p. 422).

Além disso de Broglie havia proposto que a luz possui massa diferente de zero e energia relativística  $E=mc^2$ , sendo que a velocidade desses átomos de luz dependeria da frequência da radiação.

De Broglie em suas pesquisas procurou associar o princípio da relatividade a mecânica quântica, determinando que para os átomos de luz sua energia relativística seria igual a energia do fóton, assim,  $m_0c^2 = h\nu_0$ . Pensar desta forma seria uma ideia muito arriscada, pois ele estaria considerando que a luz poderia ser um conjunto de partículas, ao invés de fótons ou ondas, sendo um pensamento que até então nenhum outro pesquisador pensou em relacionar relatividade a radiação, propondo que ela poderia possuir uma velocidade inferior a  $c$  no vácuo, segundo o princípio da relatividade (ROSA, 2004, p. 89).

De Broglie começou a deduzir as características ondulatórias da luz, resolvendo-as considerando que a radiação seja átomos de luz. Assim em seu trabalho publicado em janeiro de 1922 mostrou a consequência da lei de Wien, mas, no entanto, de Broglie foi o primeiro a conseguir deduzir a constante da fórmula sem recorrer aos conceitos ondulatórios, conseguindo resolve-la somente com a estatística e a relatividade (LOCHAK, 1982, p. 937).

De Broglie também foi capaz de deduzir a equação de Planck com sua hipótese de átomos de luz, se considerarmos estes átomos distribuído em um “*gás de luz*” mono, bi, triatômicos, etc (De BROGLIE, 1922 a, p. 426).

Com essa hipótese era obtido um resultado em série que seu limite fornecia a equação de Planck para a radiação do corpo negro. Este trabalho que de Broglie realizou foi importante, pois fazendo o uso da mecânica estatística e da teoria da relatividade, conseguiu ver até onde seu modelo de átomo de luz poderia chegar, embora não havia proposto ainda uma teoria unificada para dualidade onda partícula, nem explicado os fenômenos de interferência e difração com este modelo.

O próximo passo de Louis de Broglie foi a interpretação dos fenômenos de interferência, dispersão, difusão, etc, da luz, sem utilizar nenhuma hipótese ondulatória. Ele prosseguiu com a ideia básica utilizada sobre os átomos de luz de energia  $h\nu$ , sendo que estes átomos podem se aglomerar em moléculas.

Para entender este conceito era importante assumir a periodicidade, ou seja, assumir que a luz pode se comportar como uma teoria ondulatória ou como uma teoria corpuscular (DE BROGLIE, 1922 b, pp. 811-812). Para de Broglie o fenômeno de interferência estaria ligado a aglomerações dos átomos de luz, cujo movimento neste caso é coerente e não independente (DE BROGLIE, 1922b, p. 66).

Einstein havia proposto que a interferência de onda é devido a flutuações, onde era possível aplicar a equação proposta por de Broglie, portanto, se os efeitos de flutuação de energia eram usualmente atribuídos pela interferência de onda por meio das moléculas de luz, poderia ser que os outros fenômenos de interferência luminosa também pudessem ser explicados pelas moléculas (ROSA, 2004, p. 99).

No ano de 1923 de Broglie introduziu a ideia de onda associada a partícula, sendo que ele aplicou este conceito tanto para a luz, quanto para elétrons, seu primeiro passo foi associar a qualquer partícula uma frequência de vibração.

De Broglie considerou um objeto de massa própria  $m_0$  movendo-se em relação a um observador fixo com uma velocidade  $V$ . De acordo com o princípio da inércia da energia, ele deve possuir uma energia interna igual a  $m_0c^2$ .

Por outro lado, o princípio dos quantas leva a atribuir essa energia interna a um fenômeno periódico simples de frequência  $\nu_0$  tal que  $h\nu_0 = m_0c^2$ , onde  $c$  é a velocidade limite da teoria da relatividade e  $h$  a constante de Planck. (ROSA, 2004, *apud* DE BROGLIE, 1923a, p.507).

Aplicando a teoria da relatividade à frequência da partícula, De Broglie obteve dois resultados diferentes. Um para o observador fixo, segundo a teoria da relatividade, a energia da partícula aumentaria conforme sua velocidade e frequência diminuísse, no entanto era necessário que ela diminuísse, com isso de Broglie encontrou um problema ao unir a teoria quântica e relativística com as transformações de Lorentz.

Para que essa relação seja válida em todos os referenciais, é necessário que haja mudanças na massa e frequência da partícula, quando se altera o referencial. Via-se que a velocidade aumentava, a massa aumentava e a frequência diminuía, porém, esta relação não deveria ser covariante, no ponto de vista relativístico, neste ponto a teoria quântica e relativística se contradiziam.

Devido seu envolvimento e convicção que esta definição estaria correta, de Broglie conseguiu resolver esse paradoxo em agosto de 1923. Ele defendeu a existência de duas frequências, um  $\nu$  e outra  $\nu_l$  com significados diferentes, a frequência  $\nu$  estaria associada a uma onda que acompanharia o movimento da partícula e a  $\nu_l$  seria a frequência da própria partícula.

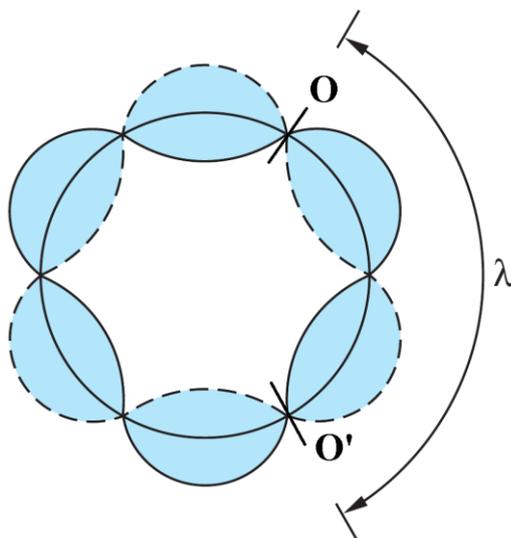
As propriedades da onda aparecem a partir das transformações de Lorentz, para isso De Broglie primeiro impõe condições a onda e depois mostra, que as oscilações dessa

onda ficam em fase com as oscilações da partícula. Posteriormente ele aplicou esta ideia tanto para átomos de luz quanto para elétrons.

Em seguida de Broglie passou a considerar um elétron se movendo em uma trajetória fechada, ao redor do núcleo do átomo, em um caminho circular, conforme a Figura 4.

O elétron está no ponto O com uma onda associada ao seu movimento no instante inicial, quando chega ao ponto O' é encontrado pela onda emitida no ponto O, que já percorreu toda a circunferência do átomo devido sua velocidade ser maior que a do elétron.

**FIGURA 4 - MOVIMENTO DA ONDA ASSOCIADA A UM ELÉTRON EM TORNO DO NÚCLEO ATÔMICO**



Fonte: produção do próprio autor, 2016, baseada na ABNT/NBR 14724

Imagine que uma partícula esteja no ponto O no instante inicial (Figura 4), devido a ela há uma onda associada, que também dará a volta em torno do átomo. Como a velocidade da onda é maior do que a do elétron ela devesse encontrá-lo novamente no ponto O', depois de um tempo. Assim de Broglie determinou uma relação para o tempo que a onda voltará a encontrar o elétron.

Para explicar este fenômeno ele propôs que a trajetória do elétron não é estável, a não ser que a onda fictícia encontre no ponto O', e esteja em fase com ele, sendo uma onda de frequência  $\nu$  e velocidade  $c/\beta$  devendo se manter em ressonância com a trajetória

(comportamento similar a uma onda estacionária em uma corda, formação de harmônicos).

Em livros didáticos não existe este comentário que De Broglie propôs para explicar a fase da onda, nem os cálculos feitos por ele, como uma versão popular de seu trabalho considera simplesmente que em uma trajetória fechada deve existir um número inteiro de comprimentos de onda associada a um elétron, sendo que em seu trabalho de Broglie não mencionou o comprimento de onda associado ao elétron.

Em resumo as principais ideias do primeiro trabalho publicado por De Broglie em 1923 foram:

- Não existisse distinção entre partículas e quantas de luz, deve-se entender todas as partículas sendo relativísticas, possuem massa de repouso  $m_0$  diferente de zero e velocidade inferior a  $c$  segundo a teoria da relatividade;

- Em todas as partículas é aplicável a relação  $E=h\nu$  e  $E=mc^2$ ;

- Todas possuem fenômenos periódicos (vibração) de frequência própria sendo  $\nu_0=m_0c^2/h$ ;

- Considera-se que qualquer partícula está associada a uma onda, cuja velocidade é  $V=c/\beta$  e frequência dada por  $\nu=mc^2/h$ ;

- A partícula e sua onda associada estão sempre em fase, porém no caso de uma trajetória fechada o movimento será estável sempre que a onda antecipada estiver em fase com a partícula.

Em seu segundo trabalho de 1923, de Broglie explicou o fenômeno de interferência e difração, para partículas ou fótons de baixa intensidade. Ele pensou que quando uma partícula passa por uma fenda sua onda associada sofre difração, sendo que essas ondas guiam o movimento da partícula, fazendo com que ela se curve, assim cada uma possui movimentação diferente que observamos nas franjas de difração.

Percebemos que cada partícula é acompanhada por sua onda, assim não é necessário um grupo de partículas para observar o comportamento ondulatório, diferente da proposta de 1909 de Einstein e Stark que diziam ser um movimento coletivo.

Newton também tentou explicar o comportamento da difração considerando-o como um aspecto corpuscular, porém, ele introduziu que havia uma atração devido

alguma força que desviava o caminho dos corpúsculos de luz (ROSA, 2004 p. 106), uma explicação totalmente clássica e dinâmica, similar a teoria gravitacional.

Partindo do pensamento que o movimento de partículas é acompanhado por ondas, explicando o fenômeno de difração, é possível prever que qualquer partícula, assim como elétrons podem apresentar este comportamento.

As ondas que acompanham uma partícula podem produzir fenômenos como a interferência, e essa interferência, segundo de Broglie, influencia a probabilidade de que a partícula produza efeitos observáveis. Este é um novo princípio, necessário para explicar os fenômenos conhecidos através de uma teoria dualística (ROSA, 2004, p. 104).

Louis de Broglie propôs uma teoria unificada para o explicar o comportamento da luz, entretanto, muitos livros didáticos trazem que as obras de Broglie são em suma, a relação entre o comprimento de onda e o momento:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Sendo  $\lambda$  o comprimento de onda De Broglie,  $h$  a constante de Planck e  $p$  o momento, sendo  $p = mV$ .

Embora neste trabalho percebemos que De Broglie não chegou nesta relação de forma tão direta e tão simples como é exposta nos livros didáticos. Vimos que esta relação é trabalhada de maneira fundamentalmente relativística, considerando a teoria de Planck para a energia dos fótons.

E certamente não podemos considerar o trabalho De Broglie de maneira definitiva, existem questões que ainda não são explicáveis e que ele não foi capaz de explicar.

Erwin Schrödinger seguiu os trabalhos de Broglie, porém, para explicar alguns fenômenos adotou outra maneira de pensar, de Broglie imaginava o elétron contido em um pequeno espaço concentrado de matéria e carga concentrada, Schrödinger já pensava diferente, ele imaginou que o elétron, sua carga e sua energia estaria distribuído por todo o espaço sendo que esta distribuição estaria representada por uma onda  $\psi$  associada a ele.

É claro que a real natureza da luz não foi descoberta, entretanto hoje a entendemos como onda e partícula, e este entendimento funciona perfeitamente, porém é possível que o avanço científico e tecnológico que estamos vivendo hoje, possa colocar sua natureza

da luz em questão novamente. Mas em quanto isso não acontece aceitamos que a radiação pode se comportar como partícula e onda, dependendo do que queremos observar.

## **2.9. Conclusão**

O presente capítulo, teve por finalidade analisar um enredo histórico para demonstrar a evolução do conhecimento científico, de forma que possa ser utilizada por um professor de Física para o ensino de temas relacionados a Física Moderna.

Durante a aula, é possível trabalhar de maneira expositiva dialogada, discutindo sobre a natureza da luz ponto a ponto, desenvolvendo os momentos em que a radiação se comporta como onda e corpúsculo.

É possível desenvolver um debate onde o conhecimento é desenvolvido de maneira clara, seguindo um enredo histórico científico, envolvendo o surgimento de novos experimentos que questionaram a natureza da radiação, as discussões científicas, as ideias adotadas para tentar solucionar os resultados obtido e a importância de cada pensamento e trabalho desenvolvido. Assim, acrescentar novas ideias sobre a natureza da luz, utilizando os dados discutidos neste capítulo.

### CAPITULO 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo, será apresentado os recursos referentes a coleta de dados desenvolvida neste trabalho, junto a justificativa para tais escolhas.

Como análise de dado, foram entrevistados sete professores que atuam na área do ensino de Física, sendo estes formados em licenciatura em Física, atuando na área de ensino a anos. Nossa amostra possui, seis professores da rede Federal de Educação, e um professor da rede Estadual de Ensino Público.

Por meio de uma entrevista estruturada em pautas e focalizada a um único assunto, propomos, seis questões que foram respondidas pelos sete professores e gravadas. As respostas e discussões desta entrevista é explorada no Capítulo 4 deste trabalho.

#### 3.1. Escolha do método de pesquisa

A entrevista é uma atividade de pesquisa, capaz de oferecer e produzir um conhecimento novo a respeito de um determinado fenômeno. Sendo um caminho traçado para alcançar certo conhecimento, utilizando diferentes instrumentos para chegar a uma resposta mais precisa, através da coleta de dados (BRITTO e FERES, 2011).

Escolhemos neste trabalho o método de entrevista como forma de coletar dados, pelo fato de que com poucas perguntas, é possível explorar uma grande série de resultados, que servirão para discussão.

Em primeiro momento, partimos de um problema no ensino de FM, fizemos uma investigação científica levantando dados referentes a história da Dualidade Onda-Partícula, propondo uma possível solução para desenvolvimento deste tema no ensino médio. No segundo momento, por meio de entrevistas, coletamos dados referentes a opinião de profissionais na área da educação, sobre o uso da História da Ciência no ensino. Discutindo como abordariam FM no ensino médio, a fim de levantar dados que defendam a importância da História da Ciência no ensino de Física.

Realizamos uma entrevista *focalizada*, que se baseia a discussão de um tema específico, neste caso, o ensino de Física Moderna, onde buscamos dos entrevistados opiniões sobre este assunto, com o objetivo de explorar a fundo as experiências, relatos, opiniões e aplicações.

Incluimos nesta pesquisa focalizada, *pautas*, de forma estruturada, guiando o entrevistado a comentar pontos de interesse sobre o que buscamos pesquisar. A fim de explorar todo o conteúdo das respostas, ao longo de seu curso, as pautas foram formuladas por meio de um questionário, estruturadas de forma a possuírem relação entre si.

Desta forma, conseguimos coletar respostas quantitativas e qualitativas, onde analisaremos os resultados por meio de gráficos e discussões. Procurando descobrir as atitudes, pontos de vista e preferências a respeito do ensino de FM, de maneira a identificar falhas e erros, descrevendo procedimentos, formas didáticas e tendências sobre este assunto.

### **3.2. Questionário proposto**

As questões propostas, foram desenvolvidas seguindo o seguinte critério:

- Seis questões, elaboradas de forma a possibilitar o entendimento pelo entrevistado sem maiores dificuldades;
- Questões consideradas ameaçadoras, foram elaboradas de forma a possibilitar o entrevistado responde-las sem constrangimento;
- O questionário compõe pautas abertas, assim a entrevista foi gravada utilizando um gravador de áudio;
- A entrevista segue de forma prática, onde as pautas focalizam o diálogo do entrevistado.

Houve uma instrução prévia ao entrevistado para deixar claro o que pretendíamos com esta entrevista, e qual seria seu uso. Assim todos aceitaram a contribuir com este trabalho, ficando cientes que suas respostas seriam focos de discussões e análise. Esta instrução envolveu os seguintes parâmetros:

- Explicação sobre o objetivo e natureza deste trabalho;
- Asseguração sobre o anonimato e sigilo de suas respostas;
- Deixar claro a livre resposta do entrevistado, considerando suas opiniões, pontos de vista, vivência e aplicação, sendo interessantes para discussão;

- Deixar o entrevistado sentir-se livre a interromper, criticar e pedir esclarecimento sobre este trabalho;
- Solicitação de autorização para gravar a entrevista explicando o motivo da gravação.

As entrevistas foram realizadas por meio de pautas que guiaram as respostas dos entrevistados, dividimos o assunto em seis questões que contempla tudo o que pretendíamos analisar e discutir. Apresentamos as questões na Tabela 1 abaixo.

**TABELA 1 - QUESTÕES APLICADAS NO DESENVOLVIMENTO DA ENTREVISTA**

Na sua opinião, deve-se ou é possível inserir Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio? Porque?
Se sim. Quais temas se deveriam ser ensinados?
Na sua opinião, quais concepções da natureza da luz devem ser trabalhadas no Ensino Médio?
Qual a sua opinião sobre assuntos Dualidade Onda-Partícula ser inserido na grade curricular?
Como seria a elaboração da sua aula para ensinar este conteúdo?
A história da Física pode auxiliar o professor na realização de suas aulas? Se sim, de que forma?

Cada pergunta, busca direcionar o foco do debate de cada entrevistado, com isso buscamos explorar o máximo de conteúdo, exposto, de modo a contribuir positivamente nas discussões apresentadas no próximo capítulo.

### **3.3 Aplicação do questionário**

As questões apresentadas na Tabela 1 foram aplicadas para os sete professores entrevistados. Desta forma foi possível discutir as respostas das entrevistas qualitativa e quantitativamente, realizando uma comparação entre as opiniões destes professores.

Com a análise dos dados referentes a Questão 1 e 2, montamos gráficos relacionando, para a Questão 1, se é ou não possível o ensino de FM no EM e para a Questão 2, quais temas os entrevistados entendem como importante, que devem ser incluídos na grade curricular de Física.

As todas as respostas foram discutidas qualitativamente, comparadas entre si e com o referencial teórico apresentado no Capítulo 1. As respostas referentes a cada pergunta serão discutidas no Capítulo 4 na sequência deste trabalho.

## **CAPÍTULO 4 – DISCUSSÕES E RESULTADOS**

Neste capítulo é feita uma discussão sobre os resultados coletados através da entrevista, foram entrevistados sete professores, sendo um do ensino médio, e seis do ensino superior e técnico integrado.

Foi realizado seis perguntas sobre a opinião destes docentes sobre temas relacionados ao ensino de Física Moderna, os resultados obtidos são discutidos abaixo no desenvolvimento deste capítulo.

O objetivo deste questionário é estabelecer um parâmetro sobre a importância do uso da História da Ciência, ensino de Física Moderna, envolvendo também, tópicos que podem ser trabalhados em aula e estratégias de ensino.

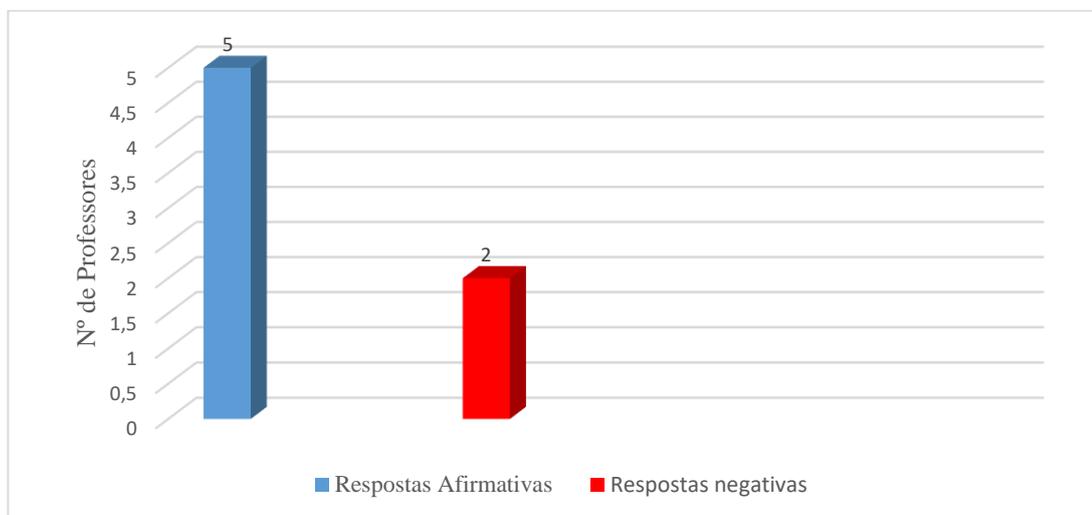
Assim foi analisado e discutido cuidadosamente cada resposta das seis perguntas. Os nomes dos docentes que contribuíram neste trabalho não serão divulgados, trataremos como, Professor 1 (P1), Professor 2 (P2), Professor 3 (P3), Professor 4 (P4), Professor 5 (P5), Professor 6 (P6), Professor 7 (P7), sendo P2 o único entrevistado que atua no EM.

### **4.1 Análise da Primeira questão.**

Discutiremos neste subitem as respostas referentes a primeira questão, interpretando os dados de forma quantitativa, onde será relacionada respostas afirmativas e negativas, sobre o ensino de FM, os dados coletados estão dispostos no Gráfico 1 abaixo.

Como a primeira questão, envolve o ponto de vista do entrevistado, discutimos as justificativas dos professores para inserção deste tópico no ensino. Assim analisamos cada resposta coletada e comparamos com referencial teórico discutido no Capítulo 1.

**GRÁFICO 1 - NÚMERO DE PROFESSORES QUE ACREDITAM SER POSSÍVEL O ENSINO DE FM NO ENSINO MÉDIO**



Fonte: elaborado pelo autor com os dados extraídos na pesquisa, 2016, baseada na ABNT/NBR 14724

Pela análise dos dados, todos os professores concordam com a inserção de Física Moderna no EM, porém, destes, somente cinco professores afirmaram que é possível fazer esta inserção, dois afirmaram que não é possível devido há alguns fatores que citados abaixo.

O entrevistado P1 afirma o seguinte comentário:

*“O ensino de Física Moderna é extremamente necessário no ensino médio. Porque isto contextualiza os conteúdos, atende as necessidades do mundo atual e satisfaz as curiosidades dos estudantes.”* (P1)

A ideia deste professor condiz com o PCN+ e autores como Santana (2015) e Terrazan (1992), pois traz dinâmica a aula ao incluir tópicos relacionados ao cotidiano dos educandos.

O entrevistado P1 complementa com *“O aluno quer falar sobre origem do universo, viagem no tempo, extraterrestres, sensores, etc. Se o ensino não incluir isto fica chato, longe dos problemas atuais e desmotivador”*.

Ou seja, podemos perceber que o entrevistado P1 entende que o ensino contextualizado pode mudar o desempenho da aula, deixando-a interativa, inclusiva e

diversificada. Levando em conta que a abordagem de tópicos referentes a Física Moderna, traz para a aula conteúdos próximos ao cotidiano dos alunos.

O entrevistado P2 diz que deve inserir tópicos de sobre FM, porém, afirma algo sobre a realidade no ensino de Física nas escolas públicas, que o faz pensar que não é possível trabalhar com este conteúdo, citamos seu comentário abaixo:

*“ São dois motivos que acredito que não torna possível, primeiro é a falta de base sobre Física para entender Física Moderna e Contemporânea, até mesmo a falta da base de Química. Segundo é o tempo de aula, são só duas aulas por semana, não dá praticamente nem para ensinar a Física Clássica ”. (P2)*

Segundo P2, o tempo da aula e a falta de embasamento teórico dos alunos, é algo preocupante, isso o faz crer que não é possível ensinar temas complexos como FM. Ou seja, de acordo com sua justificativa, percebemos que este professor acredita que os alunos da rede pública de ensino não conseguirão acompanhar o conteúdo.

De acordo com o professor P2, o tempo disposto não são suficientes nem para o ensino da Física Clássica. Com isso entramos em uma questão importante, pois a FM envolve grande parte do cotidiano do aluno, estando presente na maioria dos aparelhos tecnológicos e sendo a principal conceito para o desenvolvimento da humanidade.

Este conteúdo não é tema somente da disciplina de Física, pode ser trabalhado de maneira interdisciplinar, envolvendo sustentabilidade, economia, desenvolvimento humano e cultural.

Ou seja, acaba de qualquer forma entrando na vida dos alunos, sendo importante para o desenvolvimento crítico e preparo para ingressão no mercado de trabalho. Embasado em um referencial teórico, não deveríamos deixa-lo de lado por falta de tempo, porém, na prática, isso pode e acaba acontecendo, segundo o comentário do entrevistado P2.

O entrevistado P3 afirma que é possível o ensino de FM, pois, segundo ele:

*“ É uma área nova que tem muita aplicação tecnologia e chama a atenção dos adolescentes. Todos gostam de aprender coisas nova, a parte conceitual da Física Moderna é muitíssimo interessante. E isso chama a atenção deles para a Física. ” (P3)*

Observa-se que o entrevistado P3 compreende que a inserção da FM no ensino básico é importante, pelos motivos que já estamos discutindo, ser um assunto interessante, trazer o cotidiano do aluno para a sala de aula, mostra o que foi primordial para o avanço tecnológico, atraindo assim o gosto pela Física, incentivando a pesquisa.

O entrevistado P4, concorda que deve ser inserido tópicos pertinentes a Física moderna no EM, porém, afirma o mesmo ponto de vista que o entrevistado P2;

“ *Para isso existe a necessidade de aumentar a carga horária nas escolas públicas.* ” (P4)

O que corrobora com o aumento na quantidade de aulas para a disciplina de Física, devido a quantidade de conteúdo e o pouco tempo para desenvolvimento do mesmo.

Isso acaba sendo uma discussão contraditória, pois segundo P4:

“ *Nas escolas particulares já ocorre o ensino de Física Moderna.* ” (P4)

Por meio deste comentário, podemos ver de forma clara o déficit de conhecimento entre as escolas da rede pública para a rede particular.

Assim entramos em algumas questões importantes;

- Porque em uma rede de ensino é possível, e na outra não?
- O que será que leva esse decaimento na qualidade de ensino?
- São os alunos o fator que torna este tema possível ou não? Ou os professores da instituição?

Este trabalho não possui o foco de discutir a diferença de ensino entre as redes de educação, porém, sabemos que segundo o PCN+, o objetivo para a educação básica não é o aluno preparado para resolver exercícios através de “*receitas prontas*”, e sim trabalhar o desenvolvimento do pensamento crítico, afim de torna-los cidadãos aptos a conviver em sociedade, preparando para o ingresso no mercado de trabalho ou continuação dos estudos. Assim, não haveria motivo claro para uma rede de ensino trabalhar um conteúdo e outra não.

Segundo o entrevistado P5, deve-se trabalhar assuntos pertinentes a FM no Ensino Médio, P5 afirma:

*“ Cada vez mais o aluno está inserido no mundo tecnológico, esses conceitos estão presentes nos smartphones, nas televisões, ou seja, no cotidiano do aluno. Em geral não é abordado na escola, então o que se vê na escola, realmente está muito longe do que realmente interessa o aluno. ”* (P5)

Este professor possui uma visão de ensino interessante, pois em outra afirmação:

*“ Com duas aulas por semana é difícil, mas se é o que tem, é importante ser trabalhado. Uma abordagem diferente dentro do ensino dos temas tradicionais, é que você consiga fazer a correlação entre esses conteúdos, relativos a FMC, dentro de até temas clássicos da Física em geral, que são trabalhados no ensino médio, eu acho que com essa articulação é possível. ”* (P5)

Observamos que segundo alguns entrevistados, duas aulas semanais são pouco para trabalhar este conteúdo, mas como é de grande importância para o desenvolvimento crítico do educando, deve ser inserido de alguma forma durante a aula.

Segundo P5, a correlação entre a Física Clássica e a Física Moderna torna possível a inserção, trabalhando estes dois conteúdos de maneira contínua, percebemos este ponto de vista através deste outro comentário;

*“ Não simplesmente só trabalhar FM especificamente lá no final do 3º ano, você pode trabalhar de forma muito tranquila alguns conceitos, não com muita profundidade, mas de forma transversal durante os três anos ”* (P5)

Ou seja, através deste comentário, percebemos uma nova ideia de empregar FM no EM. Trabalhando de forma transversal o tema, é possível discutir conceitos em qualquer momento da disciplina assim que surgir oportunidade e necessidade de relacionar a Física Clássica, com a Física Moderna.

O entrevistado P6 faz a seguinte afirmação:

*“ Não só é possível ensinar Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, como também é dever de um currículo atualizado segundo as demandas atuais. A Física Clássica é fundamental, porém somente esse conhecimento, que foi consolidado até o século XVIII, não é suficiente para o aluno compreender o mundo e as tecnologias atuais. Estamos cercados, diariamente, de dispositivos eletrônicos, automação, bem-estar, transporte etc. que foi obtido graças ao desenvolvimento da Física Moderna e Contemporânea. ” (P6)*

Este professor além de concordar com o ensino de Física Moderna, vê a necessidade de atualização do currículo de Física, pois, o ensino é mutável, e hoje mais do que nunca, a ciência e a tecnologia estão mais próximas da população, tornando-se necessário seu entendimento.

Assim torna-se um fator importante e crucial para o desenvolvimento da humanidade. E uma das formas de incentivar o crescimento tecnológico é a educação básica, portanto, concordamos que relacionar temas presentes na FMC no ensino básico, torna-se significativo para preparar o educando a ingressar no mundo do trabalho.

O entrevistado P7 concorda que deve e é possível o ensino de FM, afirmando o seguinte comentário:

*“A importância reside no fato de esta temática da Física estar envolvida em tecnologias atuais e no desenvolvimento de novas tecnologias ligadas ao desenvolvimento humano” (P7)*

Ou seja, todos os professores entrevistados apresentaram praticamente as mesmas justificativas, que ensino de FMC é importante no ensino médio, devido à grande aplicação deste conteúdo no cotidiano dos alunos.

Apenas dois professores dos sete entrevistados afirmaram que devesse ensinar este conteúdo, porém não é possível, devido ao tempo da disciplina de Física. Ou seja, de acordo com estes professores, este conteúdo necessita de mais tempo para ser trabalhado.

## 4.2. Análise da segunda questão

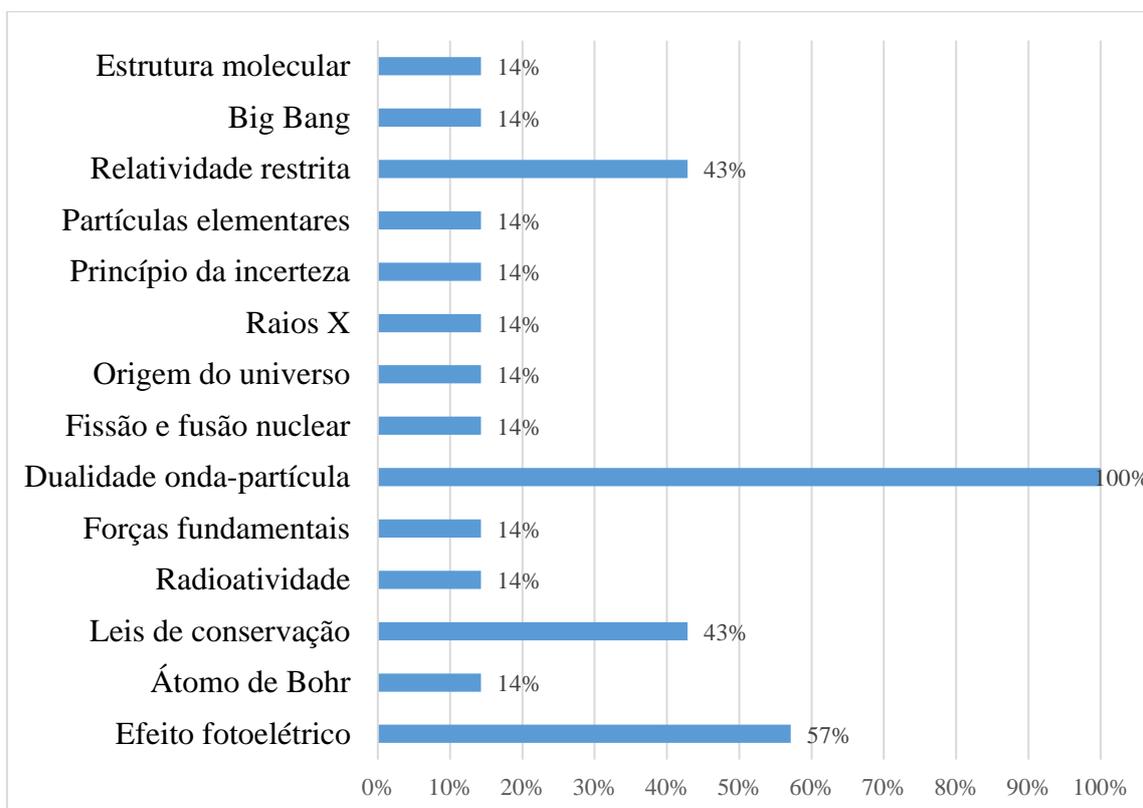
Este trabalho teve um foco o ensino de temas relacionados a dualidade onda partícula, porém, quando falamos de ensino de Física Moderna e Contemporânea, este não é o único tema que pode ser trabalhado. Assim montamos uma relação entre os dados coletados e os conteúdos que podem ser trabalhados no EM segundo as pesquisas.

Com isso relacionaremos os temas de FMC que podem ser trabalhados no EM, com as respostas das entrevistas, a fim de analisar quais temas acreditam ter maior importância e emprego ao cotidiano do aluno.

Comparamos os dados coletados na segunda questão e listamos em um gráfico de percentual. Seguindo a lista de tópicos relacionados a FMC citada por Ostermann e Moreira (2000), fizemos a comparação com os dados coletados nas entrevistas e montamos o Gráfico 2.

- |                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| ➤ <i>Efeito fotoelétrico;</i>      | ➤ <i>Fibras ópticas;</i>         |
| ➤ <i>Átomo de Bohr;</i>            | ➤ <i>Metais e isolantes;</i>     |
| ➤ <i>Leis de conservação;</i>      | ➤ <i>Semicondutores;</i>         |
| ➤ <i>Radioatividade;</i>           | ➤ <i>Laser;</i>                  |
| ➤ <i>Forças fundamentais;</i>      | ➤ <i>Supercondutores;</i>        |
| ➤ <i>Dualidade onda-partícula;</i> | ➤ <i>Partículas elementares;</i> |
| ➤ <i>Fissão e fusão nuclear;</i>   | ➤ <i>Relatividade restrita;</i>  |
| ➤ <i>Origem do universo;</i>       | ➤ <i>Big Bang;</i>               |
| ➤ <i>Raios X;</i>                  | ➤ <i>Estrutura molecular.</i>    |
| ➤ <i>Princípio da incerteza</i>    |                                  |

**GRÁFICO 2 - PERCENTUAL DE PROFESSORES QUE CITARAM TEMAS QUE ABORDARIAM EM SUAS AULAS**



Fonte: elaborado pelo autor com os dados extraídos na pesquisa, 2016, baseada na ABNT/NBR 14724

Pela análise do gráfico, percebemos que todos os professores entrevistados compreendem que, assuntos relacionados a dualidade onda partícula e efeito fotoelétrico são de maior importância.

Porém, observamos que poucos professores citaram diretamente outros temas, que são tão importantes quanto, por exemplo, a radioatividade, origem do universo, átomo de Bohr, Raios X, etc.

Ou seja, existem tópicos que estão muito mais próximos do cotidiano do educando que podem estar sendo esquecidos durante as aulas de FM. Esses tópicos são interessantes pois além de estarem empregado no contexto tecnológico, se aplicam também a áreas interdisciplinares da Física, como a Biologia, Química, Engenharia e etc.

Desta forma percebemos o quão é importante a criação de uma grade curricular, que trate de todos os assuntos contemporâneos, pois afinal, é através do ensino que despertamos o interesse do educando a progredir com os estudos e seguir com pesquisas.

### 4.3. Análise da terceira questão

Discutiremos os resultados referentes a terceira questão, tratando quais são as concepções sobre a natureza da luz, que devem ser trabalhadas no ensino médio.

Analisando os dados, percebemos que todos os professores entrevistados compreendem que as duas concepções sobre a luz (onda e partícula) devem ser ensinadas, porém, observamos algumas divergências nos dados.

Para alguns professores, por mais que compreenda que as duas características para a luz são importantes, preferem aplicar somente a característica ondulatória. Um dos professores entrevistados faz a seguinte afirmação:

*“O único problema é o tempo, até comento, mas não é possível se aprofundar por causa do tempo e porque os alunos não possuem base, eu falo, marco em lousa para os que tem interesse em pesquisar poderem vir falar comigo, mas explicar formalmente não é possível.” (P2)*

Percebemos que segundo o entrevistado P2, o motivo de não trabalhar profundamente é o tempo da disciplina de Física, porém, para que os alunos tenham consciência deste assunto faz poucos comentários durante a aula, deixando aberto o tema para os que tem interesse, pesquisar e aprofundar sozinhos.

Isso pode ser uma grande falha na educação destes jovens, pois segundo o PCN+, o ensino deve ser voltado a entender o cotidiano, se adequando ao entendimento de problemas, a fim de questioná-los de forma crítica.

Então porque deve-se dar prioridade a uma característica e outra não, sendo que para entender um comportamento e refletir sobre algum problema, é preciso ter concepção sobre as duas concepções.

Foi discutido acima no item 4.1, a opinião do professor P5, segundo ele é possível ensinar Física Moderna de forma transversal, ou seja, é possível ensinar o comportamento

da luz de forma ondulatória e corpuscular em quanto trabalha-se o conteúdo da Física Clássica.

Pela análise dos dados observamos um ponto de vista importante neste trabalho, o entrevistado P3 faz a seguinte afirmação:

*“É interessante tratar as duas concepções porque os alunos já começam a perceber que a natureza, apesar de ser uma só, pode apresentar formas diferentes, conforme nós olhamos para ela, até porque, o fato de a gente explicar um experimento na forma de onda, outro experimento na forma de partícula, só o muda como nós olhamos para ele.”*  
(P3)

Percebemos que este professor vê o quão é importante é trabalhar a luz em suas duas naturezas conhecidas. Ou seja, uma visão de ensino voltada a observar um problema e explica-lo.

O entrevistado P3 complementa:

*“ A base seria construída partir dali, porquê possivelmente não terão base e é exatamente esta a importância, porque é a partir dali que você começa a construir essa parte conceitual da dualidade. ”* (P3)

Destaca-se que o entrevistado P3 possui uma visão de ensino extremamente importante, pois, possui a consciência que seus alunos não têm este conhecimento, a partir disso vê a necessidade de ensinar algo novo, que venha a contribuir ou acrescentar na construção do conhecimento.

Segundo o entrevistado P6:

*“ É um conceito complexo, paradoxal, para se entender, por isso, uma sequência pedagógica bem estruturada é fundamental para a aprendizagem. ”* (P6)

Observamos que este professor compreende que este assunto acaba sendo de certas maneiras complexo para o aluno, que deve ser trabalhado, mas de uma maneira bem estruturada e didática.

Percebe-se que, todos os professores disseram que deve ser trabalhado os dois conceitos, porém, um destes afirmou não ser possível perante ao tempo e a capacidade de entendimento por parte dos alunos.

Por outro lado, vemos que dois dos professores justificaram o quão importante é a introdução deste conceito, mas que deve ser bem elaborada a fim de facilitar a aprendizagem.

#### **4.4. Análise da quarta questão**

Neste subitem é discutido as respostas pertinentes a quarta questão da entrevista. Nela analisaremos quais as opiniões que os professores possuem sobre, a inserção da dualidade onda partícula na grade curricular.

Pela análise dos dados, observamos que todos os sete professores entrevistados comentaram que acham extremamente importante inserir este tema na grade curricular. Destacamos o seguinte comentário:

*“ Creio que no ensino médio deva ser tratada a parte conceitual, a parte mais matemática com equações talvez não chame tanto a atenção deles. ” (P3)*

Segundo este professor, deve-se focar a parte conceitual do assunto, sem exigir muito as aplicações matemáticas devido alguns temas possuírem grande complexidade e desestimular o aluno.

Concordamos, pois, o objetivo no ensino médio, não é ensinar o aluno a resolver equações, e sim, a aprender e evoluir seu pensamento crítico. E com isso a Física Moderna pode contribuir, pois para o surgimento da unificação entre onda e corpúsculo, foram necessárias diversas contribuições de pensamentos até a explicação e aceitação do fenômeno.

Outro entrevistado faz um comentário que infelizmente acaba sendo em muitas vezes a realidade do ensino em algumas escolas:

*“ Não que deva ser trabalhado, porque pode cair no risco de o professor nem saber o que é isso. As vezes a ausência do serviço é melhor do que um desserviço, por isso*

acredito que se recomenda a inserção de Dualidade na grade curricular, e não que seja uma obrigação.” (P5)

Este professor acaba mostrando uma visão clara da educação na Física, as vezes por falta de profissionais da área outros professores de outras disciplinas assumem as aulas de Física. E isso acaba gerando um déficit no conteúdo, assim segundo o entrevistado P5, afirma que recomendaria esse tema ser inserido, para não entrar na questão de obrigação, evitando que tal conteúdo seja ensinado errado.

Destacamos a fala de outro entrevistado abaixo:

*“O conceito da Dualidade Onda-Partícula é fundamental para o entendimento de muitos fenômenos quânticos, por isso, deve ser a base do conteúdo trabalhado no ensino médio. Para entender algo complexo, desde cedo os alunos devem aprender a pensar de forma complexa, multivariada, além do senso comum.”* (P6)

Este entrevistado, tem por consciência a importância da inserção deste tema no ensino médio, pelo fato do desenvolvimento do pensamento científico. Ou seja, é importante apresentar este tema desde os primeiros anos para construir um letramento científico, segundo afirma o P7 abaixo.

*“Creio que todo o conteúdo da Física, não somente a dualidade onda partícula da luz, deveria ser inserido na grade curricular, dada a relevância para o letramento científico da pessoa.”* (P7)

Concluindo este subitem, vemos com relevância que todos os professores concordam com a inserção do tema dualidade onda-partícula. Sendo restritamente ensinado de maneira conceitual, sem formalismos matemáticos.

O que é um resultado importante neste trabalho, pois defendemos uma forma de ensino contextualiza, que possui um foco principal na História da Ciência, a ponto de apresentar concepções que levaram o desenvolvimento do pensamento científico.

#### 4.5. Análise da quinta questão

Neste tópico, trataremos da discussão de dados referentes a quinta questão da entrevista, nela discutiremos, quais recursos didáticos os professores entrevistados utilizariam para dar aula de FM.

Será destacado falas dos entrevistados, com um olhar crítico em relação ao emprego e uso destas ferramentas de ensino, destacando seus valores e importância.

Percebe-se pela análise dos dados, de forma coletiva que uso de experimentos e aplicações possuem maior destaque, ou seja, são metodologias empregadas para introduzir este assunto e torná-lo dinâmico. Porém, nem todos os experimentos relacionados a Física Moderna são de fácil acesso e baixo custo, assim para alguns conteúdos a experimentação não é viável.

O maior destaque na coleta de dados foi a relação, conteúdo e cotidiano, como a FM possui grande aplicação tecnológica, todos os professores entrevistados, comentaram que relacionariam este tema com a vivência dos alunos.

Destaca-se o uso de projeção áudio visual, pelo fato de alguns conceitos se demonstrarem abstratos, assim usariam vídeos e imagens para contextualizar, facilitando a aprendizagem.

Destacamos abaixo a fala do entrevistado P5 e P6:

*“ Primeiramente teria como um eixo norteador conectar esse conteúdo dentro do mundo, ou melhor, do cotidiano do aluno, ou seja, de quais tecnologias esse aluno tem acesso e quais tecnologias contemplam esses conteúdos, esse seria o principal. Trazer essa Física básica por meio do ambiente tecnológico que o aluno está inserido, e obvio, se há alguma possibilidade de experimentação que ela seja realizada. ” (P5)*

*“ Seria mais conveniente no ensino médio uma abordagem conceitual e uso de experimentos, quando possível, experimentos mentais, ilustrações, analogias, com um certo cuidado para não distorcer o conceito, equipamentos e dispositivos do dia a dia, dentre outras possíveis práticas pedagógicas. ” (P6)*

De acordo com estes dois professores, a melhor maneira seria a conexão entre o conteúdo e o cotidiano do aluno, nunca descartando a possibilidade do uso experimental.

O ponto mais importante nesta fala é a relação entre a vivência do aluno, ou seja, o que este aluno possui em seu dia a dia que torna possível relacionar a FM, a fim de desenvolver analogia entre a aplicação tecnologia e o conteúdo da aula.

O ensino deve ser voltado a entender conceitos presentes na vida e cotidiano do educando, no caso, discuti-los com um olhar crítico do ponto de vista da Física, aplicando a relação entre a tecnologia presente no cotidiano e a teoria Física consignada.

Concluimos neste subitem que, todos os professores entrevistados citaram as mesmas práticas pedagógicas, destacam-se, uso de projeção áudio visual, possibilidade de experimentação, relação entre cotidiano e conteúdo, com uma aula desenvolvida de forma expositiva dialogada.

Finalizando, observamos que todos os entrevistados, vêem a importância entre relacionar a vivência do educando com a conteúdo da disciplina, de forma a contextualizar o ensino.

#### **4.6. Análise da sexta questão**

Neste item, é discutido a opinião dos entrevistados sobre o uso da História da Ciência no ensino, analisando de que forma ela contribui para a educação.

Destacamos abaixo a fala do entrevistado P1:

*“ Não consigo imaginar o ensino sem a contextualização histórica, para todos os conteúdos. Os alunos gostam, facilita a compreensão, estimula a formação de um aluno pesquisador, fazendo justiça com quem veio antes de nós. A forma pode ser em aula expositiva, documentário, filme biográfico/histórico, reprodução de experimentos e pesquisa epistemológica ” (P1)*

Por meio deste comentário, observamos o quão importante P1 considera a História da Ciência no ensino, destaca-se a importância do letramento científico por meio da história, considerando a evolução do pensamento, dos trabalhos desenvolvidos, incentivando o educando a seguir carreira na área, visto que o uso da história envolve quem e como desenvolveu certa teoria.

Exploramos a entrevista do professor P2 e destacamos o seguinte comentário:

*“ A história da Física é claro que tem que ser utilizado, até para mostrar o que se sabe não é algo que surgiu do nada, como, “há...” , caiu a maçã na cabeça do Newton, aí a queda da maçã gerou toda a teoria. “Não!!!” Tem que ter uma consciência do pensamento científico, a história da Física é importante para gerar esse pensamento. ”*  
(P2)

Pelo comentário do entrevistado P2, observamos um dos pontos importantes no uso da História da Ciência, trata de forma clara que se utilizar a história, deve ser feito de maneira clara e correta, conforme comenta: não é o popular comentário sobre a queda da maçã, que fez Isaac Newton desenvolver a teoria gravitacional, houve uma grande pesquisa por trás, todo um conceito histórico da época, assim Newton foi o primeiro a publicar sua explicação sobre a atração gravitacional.

O entrevistado P2 faz outro comentário importante sobre o tempo da disciplina de Física.

*“ Adoraria ter tempo para fazer a história da Física ser até metade da matéria que dou, ter metade das aulas para trabalhar com a parte de história e a outra metade para trabalhar com os conceitos, contas, fórmulas etc... Mas não é possível até pela quantidade de aulas. ”* (P2)

Percebemos, segundo o comentário do entrevistado P2, assuntos relacionados a História da Ciência são extremamente importantes para o ensino de Física. Porém é citado a questão do tempo, P2 assumindo que o tempo da aula é insuficiente para trabalhar a parte histórica e a teoria, faz o seguinte comentário de como a utiliza em sala:

*“ O que eu tento é introduzir a cada conceito dado, quem foi que elaborou, contar mais ou menos a história desse cientista, qual o contexto histórico dali, e aconselho os alunos em alguns anos a ver vídeos. ”* (P2)

Uma estratégia pedagógica válida conforme a situação de ensino deste professor.

Destacamos abaixo o comentário do entrevistado P3:

*“ A História da Física é importante para que o aluno aprenda a contextualização do assunto, para que entenda o contexto que aquele assunto estava na época em que foi foram feitas as primeiras descobertas, por exemplo, o efeito fotoelétrico, tem todo um contexto histórico que levou aquilo, então foram vários experimentos que não foram sendo explicados de acordo com a Física Clássica, que precisou de uma nova visão da para que conseguisse explicar o experimento. ” (P3)*

Observamos que P3 entende que a História da Física pode ser usada como uma forma de contextualização de ensino, que seu uso gera o desenvolvimento do pensamento científico, algo restritamente importante para o ensino médio. Destacamos outro comentário deste entrevistado.

*“ Como se fosse subir uma escada, a cada passo vai um degrau a mais, a História da Física da isso, os passos que você dá para subir o degrau e chegar onde estamos. ” (P3)*

Ou seja, percebe-se a relevância do uso da história para o desenvolvimento do pensamento científico, principalmente para o ensino de FM. Trabalhar a evolução do conhecimento, seguindo o contexto histórico da época, que conforme a tecnologia progredia, surgia novos experimentos contrariando a teoria que estava firmemente consolidada.

Surgindo a necessidade de um novo pensamento para a fim de solucioná-las, sendo que este novo pensamentos não poderia contradizer o que já havia sido formulado, pois a teoria que está vigente, explicava perfeitamente todos os parâmetros da época. Pensar desta forma a fim de apresentar problemáticas, que surgiram com o decorrer da história, torna o ensino contextualizado.

Destacamos as ideias do entrevistado P5 abaixo:

*“ Com certeza, acho que a gente pode construir junto ao aluno uma visão de que a ciência não é concebida em momentos específicos, primeiro se descobriu uma coisa, depois se descobriu outra, isso é de suma importância para o pensamento crítico do estudante.*

*De uma forma geral para conceber ciência, é a não linearidade dos assuntos, a controversa de ideias do embate científico, resgatando de forma muito rica assuntos da História da Física.*

*Eu acho que trazer isso para a sala de aula, aumenta o horizonte do aluno estimulando a pensar além dos livros, concebendo a ciência como algo muito maior e rico, do que apenas é mostrado a ele por meio dos livros, ou até das aulas que são ministradas. Então acho que a História da Física ou a História da Ciência é de uma forma mais ampla imprescindível para a formação crítica do estudante. ” (P5)*

Conclui-se que o entrevistado P5 possui uma grande intimidade com o uso da História da Ciência, falando que ela é percussora do desenvolvimento do pensamento científico do estudante.

E que deve ser trabalhada no EM, motivando o caráter de evolução e deixando claro que a Física surgiu através de passos no tempo, ou seja, nada surgiu do nada, assim como, não foi desenvolvida de maneira simples, mas sim, com longos debates e controversas de ideias.

Destacaremos o comentário do entrevistado P6:

*“ A História da Física é fundamental para uma contextualização da evolução e desenvolvimentos das teorias atuais. Dessa forma, o professor deve estar atendo ao contexto e limitações de cada época em relação a cada teoria desenvolvida, além de que, história é algo que desperta a atenção do ser humano, a final de contas, ouvimos histórias há vários milhões de anos, método pelo qual acumulamos boa parte do conhecimento adquirido pelos nossos ancestrais. No contexto de cada aula a história deve proceder todo conceito ou teoria a ser estudado. ” (P6)*

O pressuposto do entrevistado P6, diz respeito a todo o conteúdo histórico envolto à Física, ou seja, a importância de utilizar a história como contexto em quaisquer assuntos. De forma a entender a evolução científica, e como afirma, “*história é algo que desperta a atenção do ser humano*”, além de estimular o pensamento crítico, é tratada como um assunto que chama a atenção de todos.

Por fim, destacamos a fala do entrevistado P7:

*“É importante para uma melhor compreensão, relatar o contexto histórico das descobertas envolvendo os parâmetros da Física, ressaltando como parte do cotidiano do ser humano, em toda história da humanidade.” (P7)*

O entrevistado P7 conclui que o emprego da história é importante para o ensino, pelo fato de relacionar o desenvolvimento da ciência, com a história da humanidade. Afinal, graças ao desenvolvimento científico e tecnológico, estamos em processo de evolução, chegando a uma era moderna altamente tecnológica.

#### **4.7. Conclusão**

Destaca-se que todos os entrevistados consideram o ensino da História da Física, ou da História da Ciência, essencial para o desenvolvimento do pensamento crítico do educando. Tornando ela uma ferramenta de contextualização, onde, pode auxiliar no letramento científico, chamando a atenção aluno para a ciência.

Enfatizamos que todos os professores entrevistados, concordam que deve ser inserido FM na grade curricular, porém, alguns acreditam que o emprego deste assunto não é possível devido ao tempo e a falta de base dos alunos.

Entretanto, acredita-se que somente com o ensino da FM é desenvolvido esta base, assim, conforme os PCN+, devemos ensinar o contexto presente, de forma a contextualizar com o cotidiano do aluno, como deixa claro, não há necessidade de focar o ensino em formulações matemática, é possível e recomendado, trabalhar de forma a estimular o pensamento crítico do educando.

Dos temas a serem tratados sobre a Física Moderna, destacaram-se a dualidade onda-partícula e o efeito fotoelétrico. Contudo, há outros assuntos importante que poucos professores citaram, como a origem do universo, estruturação molecular, radiação, forças fundamentais, etc.

Destes temas citados, surge uma grande área de aplicação e com isso, contextualização, tornando assim, muito mais próximos ao cotidiano do aluno do que alguns dentro da Física Clássica.

## CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi discutir sobre o uso da História da Ciência como forma de contextualização no ensino de Física. Buscamos referenciais teóricos que defendem e embasam este assunto. Utilizamos a LDB, PCN e PCN+ para destacar a importância de um ensino voltado ao desenvolvimento do pensamento científico, assim como, explorar uma pesquisa de campo, entrevistando professores sobre suas opiniões no ensino de Física Moderna e História da Ciência.

Por meio desta pesquisa, enfatizamos que a História da Ciência pode auxiliar na educação básica, pelo fato dela contemplar todo o contexto histórico, político, social e religioso da época, explorando quais foram os principais alicerces para o desenvolvimento da Física durante muito tempo.

Com o uso da história, podemos ensinar ao educando que os conceitos presentes na Física, não surgiram “*do nada*”, muito menos como “*magica*”, ou como uma simples solução apresentada por um cientista.

Apresentando como objetivo para o ensino médio, o desenvolvimento de uma formação geral, que explore assuntos dinâmicos, propondo que o educando tenha capacidade de pesquisar, aprender e formular soluções.

Partindo deste princípio, defendemos fortemente a inserção de Física Moderna no currículo escolar, pelo fato de que este conceito se aplica diretamente a sociedade, sendo ele um dos principais fatores que levaram ao avanço científico e tecnológico, favorecendo o desenvolvimento da curiosidade do aluno, afim de atraí-lo para a carreira científica, podendo até incentivar a formação de futuros pesquisadores.

Com o apanhado bibliográfico, percebe-se o avanço da ciência e os principais passos que levaram a ruptura do pensamento científico, assim como, os problemas que surgiram colocando a natureza da luz em debate e reflexões propostas para solucionar os problemas apresentados.

Percebemos que somente com uma pesquisa histórica, encontra-se as reflexões propostas pelos pesquisadores da época, sendo que os livros didáticos não apresentam tais parâmetros, ou seja, é somente com a história que entendemos o contexto, os desafios e as reais propostas que levaram a aceitação das teorias.

Corroborando com este trabalho, aplicamos um questionário entrevistando sete professores da área de ensino de Física. Onde junto com a proposta de inserção de Física Moderna e contextualização com a História da Ciência, buscamos opiniões sobre o ensino.

Concluimos que todos os professores acreditam que deve ser inserido FM na grade curricular, porém, dois deles acreditam que não é possível, por dois motivos em comum, o tempo da disciplina e a falta de base teórica dos alunos. Como o ensino deve ser voltado ao cotidiano do educando, buscando desenvolver o pensamento crítico e reflexivo sobre a ciência, por mais que não há tempo necessário para desenvolver este conteúdo, deveria ser trabalhado de forma simples envolvendo o dia a dia do educando, segundo os parâmetros curriculares do ensino.

Todos os professores entrevistados compreendem que a História da Ciência, ou da Física, é de extrema importância no ensino. Sendo ela uma forma de contexto crucial para introdução de qualquer conteúdo.

Concluimos a importância da inserção de Física Moderna, e do uso da História da Ciência na educação básica, apresentando argumentos teóricos que defendem a inserção e uso da mesma, comparando com a opinião de profissionais na área. Desta forma defendemos que o ensino contextualizado com a História da Ciência pode auxiliar no letramento científico, de modo a desenvolver o pensamento crítico do educando.

**REFERÊNCIAS:**

BRASIL, Lei Nº 9.394, de Dezembro de 1996.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, 2000.

BRITTO, A.F; FERES, N. A utilização da técnica da entrevista em trabalhos científicos. Evidencia – Araxá, v. 7, n. 7, p. 237-250. 2011.

COMPTON, Arthur H. A quantum theory of the scattering of X-rays by light elements. Physical Review, [série 2] **21**: 483-502, 1923.

DANHONI NEVES, M.C. A História da Ciência no ensino de Física. Revista Ciência & Educação. 5: n. 1, p.73-81, 1998.

DE BROGLIE, Louis. Rayonnement noir et quanta de lumière. Le Journal de Physique et le Radium, [série 6] **3**: 422-428, 1922.

DE BROGLIE, Louis. Sur les interférences et la théorie des quanta de lumière. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, **175**: 811-813, 1922

EINSTEIN, Albert. Concerning an heuristic point of view toward the emission and transformation of light. Traduzido em: ARONS, A. B. & PEPPARD, M. B. Einstein's proposal of the photon concept – a translation of the Annalen der Physik paper of 1905. American Journal of Physics **5** (33): 367-374, 1965.

FORATO, T.C.M. A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de casos a partir da história da luz. 2009. 220 f. tese (Doutorado em ensino de Ciência e Matemática) -Faculdade de educação da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.

GOULART, S.M. Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade. Campinas - SP: Editora LIBANEO, J.C & SANTOS, 2005.

GOULART, S.M. HISTÓRIA DA CIÊNCIA: ELO DA DIMENSÃO TRANSDISCIPLINAR NO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS, 2005. In: EINSTEIN, A. e INFELD, L., (1976). A evolução da Física. 3º ed. Rio de Janeiro: Zahar.

HOUSTOUN, R. A. The present position of the wave theory of light. Nature 108: 13-15; 61-64, 1921.

JAMMER, Max. The conceptual development of quantum mechanics. New York: MacGraw-Hill, 1966.

JUNIOR, M.F.R; CRUZ, F.F.S. Física Moderna e Contemporânea na formação de Licenciando em Física: Necessidades, conflitos e perspectivas. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 2, p. 305-321, 2009.

KLEIN, Martin J. The beginnings of the quantum theory. Pp. 1-39, in: *Proceedings of the 57th International School of Physics "Enrico Fermi"*. New York/London: Academic Press, 1977.

KUHN, Thomas S. *Black-body theory and the quantum discontinuity (1894-1912)*. Oxford: Oxford University Press, 1978.

MEHRA, Jagdish & RECHENBERG, Helmut. *The historical development of quantum theory*. New York: Springer, 1982-1987. 5 vols.

MOURA, B.A. A aceitação da ótica newtoniana no século XVIII: subsidio para discutir a natureza da ciência. 2008. 214 f. tese (Mestrado em ensino de Física) - Instituto de Física e Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

OLIVEIRA, F.F; VIANNA, D.M; GERBASSI, R.S. Física Moderna e no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OLIVEIRA, R.A; BISPO DA SILVA, A.P. História da Ciência e ensino de Física: uma análise meta-históricográfica. In: Luiz O. Q. Peduzzi, André Ferrer P. Martins e Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira (Org.). *Temas da História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Natal: EDUFRN. p. 41-65, 2012.

Ostermann, F; Moreira, M.A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física moderna e contemporânea no ensino médio". *Investigação em ensino de ciências*, v. 5, 2000.

PAIS, Abraham. Einstein and the quantum theory. *Reviews of Modern Physics* 51: 863-914, 1979.

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

PLANCK, Max. Über eine Verbesserung der Wien'schen Spektralgleichung. *Verhandlugen der Deutschen physikalische Gesellschaft* 2: 202-204, 1900.

QUINTAL, J.R; GUERRA, A. A História da Ciência no processo de ensino-aprendizagem. Física na escola, v.10, n. 1, p. 21-25. 2009

ROSA, P.S. Louis de Broglie e as ondas de matéria. 2004. 200 f. tese (Dissertação de Mestrado em ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2004.

SANTANA, F.B. Das estrelas ao átomo: uma proposta metodológica para o ensino de Física moderna no ensino médio. 2015. 219 f. (Trabalho de conclusão de curso de graduação licenciatura em Física) Universidade Federal de Santa Catarina, p. 24, Florianópolis. 2015.

SANTOS, A.F; OLIOSI, E.C. A importância do ensino de ciências da natureza integrado à História da Ciência e à filosofia da ciência: uma abordagem contextual. Revista FAEEBA, v. 22, n. 39, p. 195-2014, Salvador, 2013.

SILVA, B.V.C. Controversas sobre a luz: uma aplicação didática. 2010. 182 f. tese (Mestrado em ensino de Ciência Natural e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

SILVA, F.W.O. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 149-159, 2007.

SILVA, J.A. KAWAMURA, M.R.D. A Natureza Da Luz: Uma Atividade Com Textos De Divulgação Científica Em Sala De Aula. Cad. Cat. Ens. Fís., 316 v. 18, n. 3: p. 316-339, ago. 2001.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da Física moderna e contemporânea no ensino de Física da escola do 2º grau. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 9, n. 3, p.209-214, 1992.

WHEATON, Bruce R. The tiger and the shark. Empirical roots of wave-particle dualism. London: Cambridge University Press, 1983.