

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**FÍSICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO EM UM CONTEXTO DE
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Antônio Carlos Paiva Rêgo

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

Orientador: José Abdalla Helayël-Neto

Rio de Janeiro,
Fevereiro de 2019

Física Quântica no Ensino Médio em um contexto de aprendizagem significativa

Orientador:

José Abdalla Helayël-Neto

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

Aprovada por:

Dr.

Dr.

Dr.

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2019

Resumo

FÍSICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO EM UM CONTEXTO DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Antônio Carlos Paiva Rêgo

Orientador: José Abdalla Helayël-Neto

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

Este trabalho tem como objetivo proporcionar uma aprendizagem significativa de Física Quântica aos alunos do Ensino Médio visto a necessidade de que é preciso buscar novos caminhos e todos os recursos existentes para proporcionar uma aprendizagem significativa. Nesse contexto, esta pesquisa parte do princípio que a Física Quântica deve ser inserida no ensino médio com o intuito de estimular a curiosidade e o senso crítico do aluno, gerando um conhecimento que o permita melhor compreender a realidade para ser capaz de intervir e participar de mudanças, fazendo-lhe assim adquirir uma aprendizagem significativa, mas sem desprezar conhecimentos anteriores trazidos pelos estudantes. Salienta-se que essa investigação culminou em um guia didático para o professor, visando facilitar a inserção dos conceitos de Física Quântica no Ensino Médio, viável à realidade do professor e do aluno. A confecção desse material teve como base os relatos de professores de Física, que através de questionários apontaram as suas dificuldades. Ao final do estudo, verificou-se que a inserção da Física Quântica é viável no Ensino Médio e que o material resultante desta pesquisa foi considerado um guia para o professor introduzir conceitos básicos com base nos subsunçores dos alunos, bem como por em prática o assunto com exercícios e em seguida contextualizar o aprendizado na realidade vivida pelo aluno, fazendo com que de fato ocorra a aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Ensino de Física. Física Quântica. Aprendizagem Significativa. Ensino Médio.

Abstract

QUANTUM PHYSICS IN MIDDLE SCHOOL IN A CONTEXT OF SIGNIFICANT LEARNING

Antônio Carlos Paiva Rêgo

Orientador: José Abdalla Helayël-Neto

Master's Dissertation submitted to the Post-Graduation Program in Physics Teaching of UNIRIO in the Course of Professional Masters of Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the degree Mestre em Ensino de Física.

This work aims to provide a significant learning of Quantum Physics to high school students since it is necessary to find new ways and resources to provide meaningful learning. In this context, this research assumes that Quantum Physics must be inserted in high school with the purpose of stimulating the curiosity and the critical sense of the student, generating a knowledge that allows him to better understand the reality to be able to intervene and participate in changes, thus making him acquire significant learning, but without disregard previous knowledge brought by students. It should be noted that this research culminated in a didactic guide for the teacher, aiming to facilitate the insertion of the concepts of Quantum Physics in High School, feasible to the reality of the teacher and the student. The preparation of this material was based on the reports of physics teachers, who through questionnaires pointed out their difficulties. At the end of the study, it was verified that the insertion of quantum physics is feasible in High School and that the material resulting from this research was considered as a guide for the teacher to introduce basic concepts based on the subscores of students, as well as to practice the subject with exercises and then contextualize the learning in the reality lived by the student, causing significant learning to occur.

Keywords: Physics Teaching. Quantum physics. Meaningful Learning. High school.

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa Conceitual para ensino de Física Quântica no Ensino Médio	41
Figura 2. Esquema sobre aprendizagem.....	42

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Percepção dos professores quanto a importância de se ensinar Física Quântica no Ensino Médio.....	52
Gráfico 2 – Distribuição dos professores quanto a experiência de abordar tópicos de Física Quântica no Ensino Médio.	57
Gráfico 3 – Distribuição dos professores quanto ao nível do Ensino Médio que abordaram tópicos de Física Quântica.....	58
Gráfico 4 – Distribuição dos professores quanto a esfera (ensino público ou privado) que abordaram tópicos de Física Quântica.	59
Gráfico 5 – Percepção dos professores quanto ao interesse dos alunos pela abordagem de tópicos de Física Quântica comparativamente aos tópicos tradicionais.	59
Gráfico 6 – Tópicos abordados pelos professores em suas experiências com Física Quântica no Ensino Médio	62
Gráfico 7 – Opinião dos professores em relação ao(s) nível (is) que o Produto Educacional se adequa.	65
Gráfico 8 – Opinião dos professores em relação à pertinência das informações-atualização dos textos em relação à Ciência contemporânea e seus problemas e relevância das informações para a vida prática do aluno.....	70
Gráfico 9 – Opinião dos professores em relação à adequação e contribuição das ilustrações para a compreensão dos textos.	72
Gráfico 10 – Avaliação dos professores em relação as atividades propostas	73

Lista de Quadros

Quadro 1 – Justificativa dos professores que julgam importante ensinar Física Quântica no Ensino Médio.....	53
Quadro 2 – Justificativa dos professores que julgam não ser importante ensinar Física Quântica no Ensino Médio	56
Quadro 3 – Dificuldades apontadas pelos professores para abordar Física Quântica no Ensino Médio	60
Quadro 4 – Justificativas dos professores em relação ao(s) nível (is) que o Produto Educacional se adéqua.	66
Quadro 5 – Opinião dos professores em relação à sequência de apresentação dos conteúdos, contribuição para a eficácia da aprendizagem e possíveis sugestões de alterações.....	67
Quadro 6 – Opinião dos professores em relação à clareza e identificação da linguagem e dos termos apresentados no Produto educacional.	69
Quadro 7 – Opinião dos professores em relação à sequência da apresentação do conteúdo e sua exploração com argumentações e raciocínio.	71
Quadro 8 – Considerações dos professores acerca de adequações nas ilustrações para proporcionar	72
Quadro 9 – Opinião dos professores acerca de como o guia didático pode auxiliá-los em suas práticas docentes, em especial na inserção da Física Quântica para alunos do Ensino Médio	74
Quadro 10 – Opinião dos professores quanto à adoção do material didático em suas aulas. ..	75

Sumário

1 Introdução	9
2 Revisão De Literatura: Contextualizando a Física Quântica e sua aplicação no Ensino Médio	12
2.1 Da Física Clássica ao surgimento da Física Quântica	12
2.2 O Currículo do Ensino Médio e o processo de ensino-aprendizagem.....	16
2.3 Os Parâmetros Curriculares Nacionais e o ensino de Física no Ensino Médio	21
2.4 A Física Quântica no Ensino Médio: Estado da Arte	29
3 Fundamentação Teórica: Aprendizagem Significativa	33
3.1 Aprendizagem significativa	33
3.2 Condições para que ocorra aprendizagem significativa	37
3.3 Aprendizagem Significativa Crítica	42
4 Metodologia	44
4.1 Tipo de pesquisa.....	44
4.2 Natureza da Pesquisa	46
4.3 Sujeitos da Pesquisa.....	47
4.4 Processo de Coleta de Dados	47
<i>4.4.1 Pré-Análise: Levantamento das dificuldades dos professores em abordar Física Quântica</i>	47
<i>4.4.2 Elaboração do Produto Educacional</i>	48
<i>4.4.3 Pós-Análise: Avaliação do Produto Educacional</i>	49
4.5 Processo de Análise dos Dados	50
5. Resultados e discussões	52
5.1 Percepção dos professores sobre dificuldades para abordagem da Física Quântica no Ensino Médio	52
5.2 Produto Educacional.....	63
5.3 Percepção dos professores sobre o produto educacional	65
6. Considerações finais	77
Referências	79
ANEXO I – QUESTIONÁRIO PRIMEIRA ETAPA DA PESQUISA	84
ANEXO II – QUESTIONÁRIO SEGUNDA ETAPA DA PESQUISA	85

Introdução

A maioria dos alunos apresenta dificuldade de aprendizagem na disciplina de Física, pois julgam difícil e longe de sua realidade. Este fato deve-se a inúmeros fatores, dentre os quais é possível destacar a maneira tradicional que essa disciplina é apresentada aos estudantes com mera aplicação de fórmulas, fatos desvinculados ou muito distantes da realidade dos alunos, sem uma visão interpretativa das aplicações da Física no cotidiano.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) defendem que os estudantes apropriem-se dos conhecimentos da Física, da Química e da Biologia e apliquem esses conhecimentos para explicar o funcionamento do mundo natural, planejar, executar e avaliar ações de intervenção na realidade natural. Sob essa perspectiva, esta pesquisa se propõe a trabalhar o ensino da Física Quântica com alunos do Ensino Médio.

A Mecânica Quântica surgiu para revolucionar este novo século. Pode-se afirmar que tudo que existe, incluindo as novas tecnologias (lasers, ressonância magnética, painéis solares, câmeras digitais e tecnologias de comunicação), traz embutido em si conceitos deste ramo da Física, por este motivo é de grande importância que seus conceitos sejam inseridos na Educação Básica (MORAIS, 2015).

Apesar da Física Quântica está associada à revolução tecnológica do século XXI e ser contemplada nas diretrizes curriculares do Ensino Médio, e em documentos curriculares oficiais constata-se que nem sempre a Física Quântica é abordada na escola básica, verificando-se um predomínio da Física Clássica, o que dificulta a contextualização do ensino com a realidade do aluno, visto que a Física Quântica tem revolucionado os tempos atuais, dominando os mais diferentes campos. Nesse sentido, pesquisadores têm procurado reverter esse quadro. Moreira e Paulo (2004) destacam que desde a década de 1990, têm ocorrido movimentos na comunidade científica que buscam a inclusão do ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Por esse motivo, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas como esta que visem constatar algumas das inúmeras dificuldades e propor estratégias de ensino para abordar esse tema no Ensino Médio.

A consciência do quanto é difícil proporcionar uma aprendizagem significativa de Física Quântica aos alunos do Ensino Médio e da necessidade de que é preciso buscar novos caminhos e todos os recursos existentes para proporcionar uma aprendizagem significativa foi o que deu origem a esse trabalho. Nesse contexto, esta pesquisa parte do princípio que a Física Quântica deve ser inserida no ensino médio com o intuito de estimular a curiosidade e

o senso crítico do aluno, gerando um conhecimento que o permita melhor compreender a realidade para ser capaz de intervir e participar de mudanças, fazendo-lhe assim adquirir uma aprendizagem significativa, mas sem desprezar conhecimentos anteriores trazidos pelos estudantes. Segundo Ausubel (1975), o conhecimento prévio é fator relevante, pois a partir dele o professor pode elaborar estratégias para chegar a uma aprendizagem significativa.

Salienta-se que essa investigação culminou em um guia didático para o professor, visando facilitar a inserção dos conceitos de Física Quântica no Ensino Médio, viável à realidade do professor e do aluno. A confecção desse material teve como base os relatos de professores de Física, que através de questionários apontaram as suas dificuldades. Adotou-se como referencial teórico as abordagens de aprendizagens significativa e significativa crítica, desenvolvidas respectivamente por Ausubel (1975) e Marcos Antônio Moreira (2010).

No guia, são propostas atividades com a finalidade de estimular uma visão crítica mediante ao conteúdo a ser aprendido, fazer com que o aprendiz construa suas próprias definições e conclusões, possibilitando desta forma ao aluno interligar o conteúdo a ser aprendido com o conhecimento já existente em sua estrutura cognitiva. Esse guia apresenta inicialmente sugestões de conteúdos que darão um embasamento antes de se introduzir os conceitos de Física Quântica. Os tópicos de Física Quântica a serem abordados são radiação do corpo negro (PLANCK, 1900), efeito fotoelétrico (EINSTEIN, 1905), Modelo Atômico de Bohr (BOHR, 1913), dualidade onda-partícula (DE BROGLIE, 1913) e o conceito de spin relacionado à Mecânica Quântica.

Após elaboração do produto educacional com tópicos de Física Quântica para o Ensino Médio, o mesmo foi apresentado a professores de Física para sua avaliação, aplicando-se um novo questionário como forma de coletar informações dos professores sobre o que poderia ser melhorado, fazendo novos ajustes ao final da análise, com vistas a adaptar o produto educacional proposto à realidade de fato do professor de Física do Ensino Médio brasileiro.

Para melhor entendimento sobre o produto educacional gerado, esta dissertação está estruturada em seis capítulos, sendo que o primeiro consiste nesta introdução, que apresenta a pesquisa realizada, apontando as diretrizes seguidas para desenvolvimento do estudo.

Por sua vez, o segundo capítulo traz uma revisão de literatura sobre a Física Quântica no Ensino Médio. O capítulo foi iniciado com uma breve retrospectiva da história da Física, partindo da Física Clássica até a Física Quântica. Ainda nesta oportunidade buscou-se contextualizar essa etapa do ensino básico, para que em seguida fosse possível enfocar o ensino de Física com alunos do Ensino Médio e, em seguida, fosse apresentado um

levantamento bibliográfico de pesquisas já realizadas sobre a Física Quântica no Ensino Médio, verificando o que diferentes autores já encontraram sobre esse assunto.

O terceiro capítulo enfoca a fundamentação teórica desta pesquisa, descrevendo os conceitos de aprendizagem significativa e significativa crítica, respectivamente propostas por Ausubel (1975) e Moreira (2010) e sobre a questão de investigação que norteou esta pesquisa. O capítulo traz ainda uma abordagem sobre o ensino de Física e a aprendizagem significativa.

O quarto capítulo apresenta o caminho metodológico percorrido para desenvolvimento desta pesquisa, descrevendo os métodos e técnicas utilizados e, ainda, como se deu desde o processo de coleta de dados, passando pelo desenvolvimento do produto e análise dos dados.

Já no quinto capítulo tem-se a análise e discussão dos resultados, sendo nesta ocasião apresentados os resultados iniciais sobre a percepção dos professores sobre a Física Quântica no Ensino Médio, o produto educacional geral e os resultados finais sobre a percepção dos professores sobre o produto gerado. O sexto capítulo, por fim, apresentou as considerações finais desta pesquisa.

2 Revisão De Literatura: Contextualizando a Física Quântica e sua aplicação no Ensino Médio

Neste capítulo apresenta-se a revisão de literatura realizada a partir do levantamento bibliográfico realizado sobre a aplicação da Física Quântica no Ensino Médio. Para tanto, inicialmente foi traçado um breve histórico da Física, passando da Clássica à Quântica, destacando esta como a predominante no século atual nos mais diferentes campos do conhecimento. Em seguida enfoca-se na contextualização do Ensino Médio para que, logo após, fosse possível trazer o ensino da Física nesta etapa da Educação Básica, considerando os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Por fim, descreve-se o que diferentes pesquisas encontraram sobre a aplicação da Física Quântica no Ensino Médio.

2.1 Da Física Clássica ao surgimento da Física Quântica

O desenvolvimento da Física é tratado nesta etapa, tendo com foco o surgimento da Física Quântica a partir do estudo da emissão luminosa e seus impactos na vida contemporânea. Inúmeros cientistas estudavam a emissão luminosa, através do aquecimento de substâncias ou corpos e conseguiram identificar que cada substância apresenta um padrão de emissão e diferente espectro de emissão ao ser aquecido.

Até o final do século XIX, a Física era dividida nas seguintes áreas: Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Óptica. Durante este século, a Mecânica explicava o movimento dos corpos terrestres e celestes, sendo possível prever a trajetória dos planetas, sendo estes fenômenos explicados por Newton por meio das suas teorias que ficaram conhecidas como as três leis de Newton. Já a Termodinâmica era capaz de explicar fenômenos térmicos que envolviam medidas de temperatura e calor, transformação de calor em trabalho mecânico, pressão que podia ser entendida como as colisões que as partículas exerciam sobre as paredes de um recipiente e a relação da temperatura com a energia cinética. A junção da Mecânica com a Termodinâmica originou a Mecânica Estatística que explicava os fenômenos térmicos do ponto de vista mecânico.

Por sua vez, o Eletromagnetismo era capaz de explicar os fenômenos elétricos e magnéticos, considerando que as cargas elétricas em movimento produziam campo magnético, enquanto as cargas em repouso produziam campo elétrico. Já a Óptica tinha como finalidade explicar fenômenos ópticos, tais como: a natureza das cores, os eclipses, a difração,

a interferência, a polarização, a refração e aplicações. Foi Maxwell quem conseguiu unificar as Leis do Eletromagnetismo e da Óptica, sintetizando-as em quatro equações capazes de explicar os fenômenos ópticos a partir da propagação das ondas eletromagnéticas.

Caruso e Oguri (2006) destacam que a evolução da Física pode ser justificada pela busca dos físicos em unificar grandes teorias, como a Mecânica com a Termodinâmica e o Eletromagnetismo com a Óptica e costumavam dizer que existia pouco a ser solucionado, na medida em que procuravam essa “Teoria de Tudo”, chegavam a novas descobertas importantes que marcavam a evolução da Física. Como problemas a serem solucionados para chegar a essa unificação das teorias cita-se a radiação do corpo negro e o efeito fotoelétrico, conceitos que estão ligados à Física Quântica, o experimento de Michelson-Morley e a precessão do periélio de mercúrio que estão relacionados à relatividade geral de Albert Einstein. Esses fatores são responsáveis pela introdução da Física Moderna.

Moura (2011) conceitua Física Moderna como o conjunto de novas descobertas que aconteceram após o início do século XX, e vieram a contribuir para o que já se sabia sobre os fatores físicos até então, ressalta-se que as descobertas e teorias de Newton continuam a valer para esse período. No caso da força eletromagnética, a sua ocorrência se dá quando corpos possuidores de carga elétrica e/ou corpos magnetizados ficam em interação. Nessa força tem-se o estudo de todas as interações que possuem algum tipo de carga elétrica ou magnética interagindo, seu estudo é realizado por uma parte da Física denominada Eletrodinâmica.

Quanto à força eletromagnética, sabe-se que a mesma é 10^{40} vezes maior que a força da gravidade. Pelo fato das duas serem forças de longo alcance, tem-se a dúvida do porque a eletromagnética não dominar as interações entre os corpos celestes. Isso não ocorre devido a neutralidade da grande parte das regiões do universo, daí não sentem a interação eletromagnética. Entretanto, não é devido à natureza de atração e repulsão da interação eletromagnética que a mesma se difere da gravitacional. Na verdade, a responsabilidade pela solidez dos corpos é da força eletromagnética, que é observada quando se empurra um objeto e quando ficamos mantidos no solo ou sentados numa cadeira sem cair. Ressalta-se, de acordo com a UFRGS (2011) que as forças eletromagnéticas podem ser atrativas ou repulsivas.

As forças fracas são as que elucidam vários processos, dentre eles o decaimento beta nuclear, o decaimento do *pion* e do *muon* e de outras partículas estranhas, ou seja, os processos de decaimento radiativo. Ressalta-se que essa força somente foi conhecida e formulada pela Física Quântica, não sendo sequer conhecida pela clássica. (UFRGS, 2011). A flavordinâmica é a nova teoria das interações fracas, e é conhecida assim devido a Teoria de Glashow-Weinberg-Salam por causa de umas das propriedades das partículas elementares.

Nessa teoria é apresentada a eletroforça, onde as interações fracas e eletromagnéticas são colocadas como manifestações diferentes de uma única força. E com a unificação entre essas duas forças tem-se a redução do número de forças existentes no universo, restando, a força gravitacional, força forte e a eletrofraca. A responsabilidade pelos fenômenos ocorridos a curta distância no interior do núcleo atômico é das forças fortes que também é associada à estabilidade nuclear, mantendo o núcleo firme, unido evitando uma repulsão por parte dos prótons que o constituem, haja vista, possuem a mesma carga elétrica que por sua vez destruiriam o próprio átomo.

A Física Quântica, de acordo com Lopes e Santos (2016), é uma área da Física que surgiu com o estudo do átomo e das partículas subatômicas, ele representa um conceito que traz a chance de compreender como funcionam as propriedades microscópicas do universo. Esse conhecimento começou a ser mais bem difundido pela comunidade científica durante a mudança dos séculos XIX para o século XX, quando ocorreu então um maior desenvolvimento sobre os conhecimentos das estruturas atômicas, gerando a descoberta de um novo universo até então desconhecido. Tal universo é regido por leis diferentes daquelas que foram apresentadas por Isaac Newton, leis essas presentes na Física Clássica. Através da Mecânica Quântica foram reveladas escalas das distâncias atômicas e subatômicas do universo.

Max Planck foi considerado como o Pai da Física Quântica na segunda metade de 1920, pois com o seu conceito de quantizar energia conseguiu trazer uma forma completamente nova e atual de entender o mundo. De acordo com Marcondes (2014), a proposta de Planck era a de que a natureza era feita por blocos e que esses blocos não seriam feitos por matéria, mas sim de energia, dessa maneira foi se falado acerca de “quantum” pela primeira vez.

O significado de “quantum”, segundo Lopes (2015), é uma unidade elementar e também indivisível, sendo ela referente a menor parte de alguma coisa, como exemplo pode ser colocada a célula no corpo humano. Para a Física Quântica o quantum é a menor quantidade de energia nos processos físicos, sendo assim tudo no planeta possui o seu quantum.

De acordo com Marcondes (2014) foi descoberto então que esses “blocos” relacionados à construção dos átomos e das outras subpartículas atômicas, não seriam de fato representados por objetos físicos. Planck é considerado o pioneiro da Física Quântica por publicar um artigo em 1901 sobre o espectro da radiação emitida por um corpo negro, propondo que osciladores harmônicos em equilíbrio com a radiação podiam tanto absorver

como emitir em quantidade limitada de acordo com cada energia, não chegando a estender a ideia de quantização para radiação eletromagnética (PIRES, 2008).

Ressalta-se que Planck não priorizava quantizar a energia, supondo que esta deveria ser dividida em um número de partes por meio da equação 1, tendo suas deduções matemáticas baseadas na teoria eletromagnética clássica (MARRINS; ROSA, 2014).

$$\epsilon = h.f$$

Onde:

h = constante de Planck = $6,63 \times 10^{-34}$ Js;

f = frequência.

Equação 1.

Lopes e Santos (2016) explicam que a Mecânica Quântica, funciona como ondas de possibilidade, já que os seus movimentos são indeterminados e a realidade das mesmas se cria através de um mecanismo que é denominado de “Efeito do Observador”. Esse efeito é tido como algo que ocorre inconscientemente, através dele é determinado que aquilo que é determinado no mundo físico irá depender do que o indivíduo acredita ser real. Tal fenômeno pode ser explicado através da teoria quântica, já que quando ocorre uma escolha, leva-se em consideração que um evento real possui um observador. Dessa maneira ocorre um colapso que é compreendido como uma passagem da condição de uma possibilidade para um estado de realidade.

É importante ressaltar que uma das principais características da Física Quântica é a dualidade onda-partícula, no qual a dualidade é a atribuição para qualquer partícula individual, aspectos ondulatórios e qualquer forma de radiação. A dualidade onda-partícula foi estabelecida para a promoção da conciliação das versões do princípio da dualidade que são versão forte, de Niels Bohr e versão fraca (MURR, 2010).

No ano de 1923, o físico americano Arthur Compton confirmou a hipótese do quantum de luz com a detecção de um fenômeno denominado efeito Compton. Em seu experimento, Compton fez um bombardeio em um alvo de grafite com raios-x, medindo a frequência da sua radiação, verificando que havia ao lado da radiação com frequência incidente, outra frequência menor. Neste caso, os raios-x também são quantizados e consistem de partículas que ao colidir com elétrons do grafite, transferem parte da sua energia. Com essa experiência, Compton recebeu o Prêmio Nobel no ano de 1927 (CHIBENI, 2016).

Cita-se ainda o francês Louis de Broglie que supôs que os únicos fenômenos que exibem uma quantificação são os ondulatórios, sendo este tema de sua tese de doutorado, cuja proposta era de que cada partícula estaria associada a uma onda de matéria, cuja frequência determinada pela energia da partícula por meio da mesma equação que Einstein usou para determinar a energia do fóton, ou seja, $E = hf$. A tese de Broglie passou pelo crivo de Einstein que apoiou consideravelmente a sua ideia. O francês defendeu sua tese em 1924 e em 1929 recebeu o Prêmio Nobel (CHIBENI, 2016).

Durante toda a década de 1920, a Física Quântica se apresentou bem sucedida, embora ainda sujeita à críticas, como a teoria de Bohr que serve somente para o átomo de hidrogênio, a ausência de uma previsão da determinação das intensidades das linhas espectrais e probabilidade das ocorrências de transições de elétrons. Com isso, houve uma necessidade de ampliar o desenvolvimento teórico para consolidar a teoria quântica, marcando a transição da antiga teoria quântica e da nova teoria quântica chamada Mecânica Quântica (GALDINO, 2016).

Einstein continuou seus experimentos e em 1935, juntou-se a Podolsky e Rosen para formular o paradoxo EPR, no qual demonstrava a precariedade da Mecânica Quântica, atribuindo à natureza uma realidade objetiva (DIONÍSIO, 2004). Atualmente a Física Quântica, tem sido muito bem aproveitada na medicina, tendo em vista que se não existisse a teoria do salto quântico, hoje seria completamente inviável a ressonância magnética, que é uma tecnologia baseada na teoria quântica (XAVIER, 2012).

Salienta-se que amplos progressos foram logrados, chegando ao ponto de a Física assistir a criação da Mecânica Quântica, esta que é responsável por todo o progresso tecnológico na era atual, como exemplo, cita-se: os transistores, chips, reatores nucleares e engenharia genética.

2.2 O Currículo do Ensino Médio e o processo de ensino-aprendizagem

De acordo com o Ministério da Educação e Cultura (MEC) o Ensino Médio representa o último período da Educação Básica. Essa fase é caracterizada pela duração de três anos e geralmente frequentada por jovens de 14 a 17 anos. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996, nº 9.394, estabelece as finalidades do Ensino Médio, conforme o art. 35:

Art. 35. O Ensino Médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

- I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996).

Dessa forma, o ensino médio tem por finalidade a formação de uma pessoa para múltiplos aspectos da vida, como aprofundamento dos conhecimentos, preparação para o trabalho e cidadania, formação ética, pensamento crítico e compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos.

O Ensino Médio no Brasil está mudando. A consolidação do Estado democrático, as novas tecnologias e as mudanças na produção de bens, serviços e conhecimentos exigem que a escola possibilite aos alunos integrarem-se ao mundo contemporâneo nas dimensões fundamentais da cidadania e do trabalho. (BRASIL, 2000). Nas sociedades tradicionais, a estabilidade da organização política, produtiva e social garantia um ambiente educacional relativamente estável. Agora, a velocidade do progresso científico e tecnológico e da transformação dos processos de produção torna o conhecimento rapidamente superado, exigindo-se uma atualização contínua e colocando novas exigências para a formação do cidadão. (BRASIL, 2000).

A ideia do Ensino Médio como parte da educação básica está em consonância com esse novo contexto educacional, uma vez que, segundo a LDB, objetiva consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos na educação fundamental, desenvolver a compreensão e o domínio dos fundamentos científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna, e não apenas preparar para o vestibular. Ocorre, porém, que a educação média tem sido, historicamente, seletiva e vulnerável à desigualdade social. (DOMINGUES; TOSCHI; OLIVEIRA, 2000)

O documento da BNCC pretende contribuir para superar a fragmentação das políticas educacionais, ensejar o fortalecimento do regime de colaboração entre as três esferas de governo e ser balizadora da qualidade da educação. Assim, para além da garantia de acesso e permanência na escola, é necessário que sistemas, redes e escolas garantam um patamar comum de aprendizagens a todos os estudantes, tarefa para a qual a BNCC é instrumento fundamental. (BRASIL, 2018)

A LDB quando trata do Ensino Médio volta-se para a preparação básica para o trabalho e formação mais intensa para a cidadania, ou seja, passa a ser não só um período de transmissão de conteúdos e conhecimentos e passa a ver o aluno como cidadão inserido na

sociedade. Com isso, o art. 36 da LDB nº 9.394/96 destaca em relação ao desenvolvimento do currículo que:

Art. 36. O currículo do Ensino Médio observará (...) as seguintes diretrizes:

I - destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

II - adotará metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes;

[...]

§ 1º Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do Ensino Médio o educando demonstre:

I - domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;

II - conhecimento das formas contemporâneas de linguagem (BRASIL, 1996).

Destaca-se aqui o §1 acima citado, pois acredita-se ser fundamental que o professor se utilize de metodologias capazes de atentar o aluno para o aprendizado, inspirar seu interesse para o conteúdo que está sendo tratado na disciplina. Outro ponto do art. 36 da LDB que merece ser destacado é a ligação do ensino com a tecnologia no intuito dos alunos dominarem os princípios científicos e tecnológicos que prescindem a produção moderna.

A sanção da LDB 9.394/1996, elaborada num período em que o Brasil passava por uma intensa implantação de políticas neoliberais e forte pressão dos organismos financeiros internacionais aos países periféricos, no que se refere ao enxugamento dos gastos públicos, a referida lei acabou se transformando num arranjo neoliberal, abrindo enorme espaço para a rede privada de ensino, ao valorizar o desenvolvimento de competências relacionadas ao desenvolvimento tecnológico e ao mundo do trabalho, deixando brechas para se preservar os interesses do estado e das grandes empresas. (ABREU; MASCIA, 2018, p. 93)

No art. 22, a LDB (1996) define que a educação escolar deve estar vinculada ao mundo do trabalho e à prática social e que compete à educação básica possibilitar uma formação comum com vistas ao exercício da cidadania e ao fornecimento dos meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores. A concepção de ensino médio estabelecida na LDB traz, de forma genérica, a incorporação da ideia de uma educação tecnológica, que deveria ser capaz de relacionar teoria e prática, mundo da ciência e mundo do trabalho, enfim, algo que se assemelha a uma formação politécnica (SILVA, 2009).

Importante mencionar também as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN, 2013) para o Ensino Médio, que menciona a posição de destaque que tem essa etapa da educação básica nas discussões sobre currículo, evidenciando a necessidade de reestruturação curricular, visto

que as condições atuais não são suficientes para atender as necessidades dos estudantes, tanto em relação à formação para a cidadania quanto para o mundo do trabalho.

Nos dias atuais, a inquietação das “juventudes” que buscam a escola e o trabalho resulta mais evidente do que no passado. O aprendizado dos conhecimentos escolares tem significados diferentes conforme a realidade do estudante. Vários movimentos sinalizam no sentido de que a escola precisa ser repensada para responder aos desafios colocados pelos jovens. Para responder a esses desafios, é preciso, além da reorganização curricular e da formulação de diretrizes filosóficas e sociológicas para essa etapa de ensino, reconhecer as reais condições dos recursos humanos, materiais e financeiros das redes escolares públicas em nosso país, que ainda não atendem na sua totalidade às condições ideais. (BRASIL, 2013, p. 146)

As DCN (2013) têm como proposição principal a integração curricular em torno do eixo ciência, cultura, trabalho e tecnologia, e possuem como fundamento o princípio educativo do trabalho. Afirmam ser necessário adequar a educação às mudanças no setor produtivo e preparar os jovens para a flexibilização das relações e do mercado de trabalho; propõem que a formação leve à compreensão crítica do trabalho e da sociedade. (FERRETTI; SILVA, 2017). As DCN (2013) estabelecem sobre o percurso formativo:

A organização do percurso formativo, aberto e contextualizado, deve ser construída em função das peculiaridades do meio e das características, interesses e necessidades dos estudantes, incluindo não só os componentes curriculares centrais obrigatórios, previstos na legislação e nas normas educacionais, mas outros, também, de modo flexível e variável, conforme cada projeto escolar. XII – formas diversificadas podem ser organizadas, desde que garantida a simultaneidade entre as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura, e definidas pelo projeto político-pedagógico, atendendo necessidades, anseios e aspirações dos sujeitos e a realidade da escola e do seu meio (BRASIL, 2013, p. 6).

Observa-se os princípios da interdisciplinaridade e contextualização como forma de assegurar que não só o conhecimento científico, relacionado às disciplinas escolares, é fundamental para a produção de sujeitos competentes, mas também a produção de sentidos em e para contextos privilegiados controla as formas de operação de tais conhecimentos com os sentidos/significados adequados, supostos como ideais para a sociedade atual (COSTA; LOPES, 2018).

Assim como destacado nos documentos que perfazem as DCN (2013), na BNCC (2018) é defendida a ideia de que o conhecimento predefinido precisa ser organizado, no contexto da escola, de maneira plausível aos fins do nível médio, com vistas à superação da fragmentação dos conhecimentos. Segundo Almeida e Alviano (2016) o processo de ensino e aprendizagem de acordo com o currículo que atualmente vem tendo um maior destaque,

sobretudo pela elaboração da BNCC, deverá ser pautado em que o aluno irá aprender e quais conhecimentos ele terá acesso durante sua vida escolar no Ensino Médio.

Nesse sentido, a ideia de articulação de conhecimentos disciplinares, em uma reorganização de seu funcionamento na escola, busca aumentar a aderência da proposta à experiência curricular afirmada para o contexto escolar e, portanto, ao cumprimento do direito à educação por meio da formação das competências.

Ao focar no que tem de mais atual referente a currículo e base comum, verifica-se que após quatro anos de trabalho do Ministério da Educação (MEC), baseando-se na norma que deve orientar a Educação Básica do País, a Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio, foco deste trabalho, documento disponibilizado no site do Ministério da Educação - MEC, em abril de 2018, após audiências públicas para contribuições da sociedade e especialistas em educação, entre julho e setembro de 2018, está em fase de parecer no Conselho Nacional de Educação – CNE, na sequência sendo homologado no MEC. Já a base para a educação infantil e ensino fundamental, a homologação ocorreu por meio da Portaria nº 1.570, publicada no D.O.U. de 21/12/2017, Seção 1, Pág. 146.

É em meio a um cenário de mudanças, questionamentos, discussões, concordâncias e discordâncias que as reflexões acerca do currículo do ensino médio estão inseridas, haja vista que está no cerne dessa questão as perspectivas que o aluno terá diante do que vem a ser o verdadeiro papel dessa etapa da educação básica. Um currículo traz resultados melhores para a educação, quando ocorre a participação dos docentes e alunos em sua construção e prática.

Em um processo dinâmico, muitas vezes permeado por silenciamentos, conflitos e contradições, os contextos de influência e de produção de textos, fazem-se presentes na BNCC. Esta consideração parece de especial relevância já que os indicativos curriculares da BNCC passarão a constituir os princípios norteadores para a elaboração dos currículos em nível estadual e municipal, assim como para as aprendizagens escolares, as práticas pedagógicas, e ainda para a formação docente (BITTENCOURT, 2017).

Parte-se do entendimento de que o currículo, em todas suas dimensões e ações deve ser elaborado de forma a garantir a flexibilização, o protagonismo juvenil dos estudantes por meio de ações e atividades que contemplem, nessa perspectiva de integração curricular, a abordagem de conhecimentos, o desenvolvimento de experiências e a promoção de atitudes que se materializam na formação humana integral, gerando a reflexão crítica e a autonomia dos estudantes.

2.3 Os Parâmetros Curriculares Nacionais e o ensino de Física no Ensino Médio

O ensino de Física é tido pela maioria dos alunos como entediante e complexo, poucos são os alunos que afirmam gostar dessa disciplina, assim, é necessário perceber formas de atrair os alunos para essa disciplina tornando mais facilmente compreendida e dentro do mundo desses alunos. Os Parâmetros Curriculares Nacionais visam oferecer padrões de ensino a serem seguidos, padrões estes que são considerados como a melhor forma de transmitir conteúdo para os alunos.

O ensino/aprendizagem no ensino médio, a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nº 9.394 de 1996, definiu uma nova forma de transmitir os conteúdos e educar os alunos nesse período do colegial, deixando de ser apenas um simples estágio introdutório. De acordo com o artigo 35 da referida lei:

Art. 35. O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

- I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Assim, percebe-se que a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) não se limita apenas à transmissão de conteúdo para os alunos, mas sim, a formação do cidadão, o professor como um educador, que mais do que ensinar as teorias em sala de aula deve visar o aluno como um todo, como um cidadão de direitos em formação. Quanto ao currículo a ser praticado no Ensino Médio nas escolas, em seu artigo 36 a LDB estabelece que:

Art. 36. O currículo do ensino médio observará (...) as seguintes diretrizes:

- I - destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;
 - II - adotará metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes;
 - [...]
- § 1º Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstre:
- I - domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;
 - II - conhecimento das formas contemporâneas de linguagem;

Destaca-se aqui o §1 citado da LDB, acredita-se ser fundamental que o professor se utilize de metodologias capazes de chamar o aluno para o aprendizado, levantar seu interesse para o conteúdo que está sendo tratado, para a disciplina em questão. Disciplinas como Matemática, Física, Química, por exemplo, são consideradas complexas, e assim, acabam por afastar o aluno do estudo, sendo, portanto, fundamental o uso de metodologias de ensino que atraiam sua atenção para o aprendizado.

Outro ponto do art. 36 da LDB que merece ser destacado é a ligação do ensino com a tecnologia no intuito dos alunos dominarem os princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna. Acredita-se que este ponto pode ser remetido como importante para o ensino de Física, considerando as atividades que podem ser realizadas em laboratório, podendo proporcionar aos alunos a relação entre teoria e prática, diferente da tradicional. Todavia, seria necessário que os professores da área se valessem de outros conhecimentos, como por exemplo, como as ondas eletromagnéticas agem para o funcionamento de um computador ou de um aparelho eletrônico qualquer, enfim, outras áreas do conhecimento teriam que ser exploradas, o que talvez fuja do conhecimento dos professores da área. Vale ressaltar, contudo, que com um pensamento mais simples, relacionar a tecnologia à educação é fundamental para a melhoria do ensino, visto que por meio de vídeos, internet, jogos e outros recursos que a mídia digital disponibiliza é possível tornar o ensino mais prazeroso.

Para que as diretrizes da LDB pudessem ser implementadas foi criado os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), visando orientar escolas e professores acerca do ensino/aprendizagem em suas áreas de domínio. No caso do Ensino Médio o último PCN desenvolvido data do ano 2000, sendo elaborado com o objetivo de renovar o ensino. De acordo com o documento, o papel da educação na sociedade tecnológica é destacado:

Não se pode mais postergar a intervenção no Ensino Médio, de modo a garantir a superação de uma escola que, ao invés de se colocar como elemento central de desenvolvimento dos cidadãos, contribui para a sua exclusão. Uma escola que pretende formar por meio da imposição de modelos, de exercícios de memorização, da fragmentação do conhecimento, da ignorância dos instrumentos mais avançados de acesso ao conhecimento e da comunicação. (PCN - Parte 1, p. 12)

Todo conhecimento é socialmente comprometido e não há conhecimento que possa ser aprendido e recriado se não se parte das preocupações que as pessoas detêm. O distanciamento entre os conteúdos programáticos e a experiência dos alunos certamente responde pelo desinteresse e até mesmo pela deserção que constatamos em nossas escolas. Conhecimentos selecionados a priori tendem a se perpetuar nos rituais escolares, sem passar pela crítica e reflexão dos docentes, tornando-se, desta forma, um acervo de conhecimentos quase sempre esquecidos ou que não se consegue aplicar, por se desconhecer suas relações com o real. (PCN - Parte 1, p. 22)

Pode-se perceber nos trechos citados dos PCN que há uma posição contrária aos modelos tradicionais de ensino, propondo um ensino sintonizado com as diretrizes propostas pela LDB, dando ênfase para a necessidade de se trabalhar a interdisciplinaridade e no relacionamento entre ensino, ciência e tecnologia, tendo a competência como um dos conceitos centrais:

Não há o que justifique memorizar conhecimentos que estão sendo superados ou cujo acesso é facilitado pela moderna tecnologia. O que se deseja é que os estudantes desenvolvam competências básicas que lhes permitam desenvolver a capacidade de continuar aprendendo. (PCN – Parte 1, p. 14)

Nesse contexto, os PCN têm como principal objetivo dar diretrizes a serem seguidas pelas escolas para que seus alunos desenvolvam competências, promovendo uma visão holística do aluno enquanto cidadão e não apenas como estudante. Deve destacar os chamados PCN+ que estabelece orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, havendo uma proposta mais detalhada, com um volume para cada área do conhecimento. Focando o estudo para o volume de “Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias”, voltando o estudo para a interdisciplinaridade:

Nessa nova compreensão do ensino médio e da educação básica, a organização do aprendizado não seria conduzida de forma solitária pelo professor de cada disciplina, pois as escolhas pedagógicas feitas numa disciplina não seriam independentes do tratamento dado às demais, uma vez que é uma ação de cunho interdisciplinar que articula o trabalho das disciplinas, no sentido de promover competências. (BRASIL, PCN+ CNMT, 2002, p. 13).

Na citação, percebe-se claramente a busca pela interdisciplinaridade, pelo trabalho dos professores em conjunto, fazendo com que o aluno possa perceber a relação entre as ciências, associando-as e motivando seu aprendizado, tornando-o como algo concreto e não como um assunto restrito à sala de aula. Dando continuidade à leitura dos PCN+ encontra-se a divisão dos assuntos da disciplina de Física, com propostas de interdisciplinaridade e programação do curso ao longo dos bimestres.

Nos PCN+ tem-se a busca por um ensino de Física novo, voltado para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, capaz de compreender, intervir e participar em sua própria realidade. Retoma-se, assim, a importância de contextualizar o ensino ao cotidiano do aluno, fazendo com que compreenda o assunto com casos concretos, porém, vale destacar que o PCN+ deixam claro que não há uma “receita” única para que o ensino atinja a qualidade total, cabendo a cada professor adotar metodologias que promovam tais objetivos.

Assim, tem-se referência ao ensino de Física para a vida, sendo reforçada a importância da interdisciplinaridade e contextualização dos conteúdos para alcance das metas estabelecidas, passando a ser vista como um instrumento para compreensão do mundo.

O PCN+ propõe o currículo da disciplina de Física ser trabalhado de forma temática, assim, dividiu o ensino em seis temas, os quais:

Tema 1: Movimento, variações e conservações (unidades temáticas: fenomenologia cotidiana, variação e conservação da quantidade de movimento, energia e potência associadas aos movimentos, equilíbrios e desequilíbrios); Tema 2: Calor, ambiente e usos de energia (unidades temáticas: fontes e trocas de calor, tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores, o calor na vida e no ambiente, energia: produção para uso social); Tema 3: Som, imagem e informação (unidades temáticas: fontes sonoras, formação e detecção de imagens, gravação e reprodução de sons e imagens, transmissão de sons e imagens); Tema 4: Equipamentos elétricos e telecomunicações (unidades temáticas: aparelhos elétricos, motores elétricos, geradores, emissores e receptores); Tema 5: Matéria e radiação (unidades temáticas: matéria e suas propriedades, radiações e suas interações, energia nuclear e radioatividade, eletrônica e informática); Tema 6: Universo, Terra e Vida (unidades temáticas: Terra e sistema solar, o Universo e sua origem, compreensão humana do Universo) ((BRASIL, PCN+ CNMT, 2002, p. 19).

Conforme pode-se perceber os temas estão subdivididos, para facilitar o ensino/aprendizagem nas aulas de Física, destaca-se que apesar de os PCN proporem um ensino holístico, os cálculos matemáticos que envolvem o estudo da disciplina não ficam de fora, eles devem compor a proposta curricular em questão.

A nova base nacional comum curricular (BNCC) aponta caminhos para a inserção do ensino da Física Quântica; através dos tópicos matéria e energia, nos termos a seguir:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (BNCC, 2017 p.540).

Sobre o assunto, Moreira e Paulo (2004, p. 64):

A partir da década de 90, o estudo da inserção da Física Moderna e contemporânea no Ensino Médio passou a ter uma importância particular na comunidade de pesquisadores da área de Educação em Ciências, de maneira que nos dias atuais pode-se dizer que existe um autêntico movimento nesse sentido. Uma quantidade relativamente grande de trabalhos vêm sendo publicados por autores brasileiros e tal movimento já se faz sentir nas edições mais recentes de livros do Ensino Médio [...] (MOREIRA; PAULO, 2004, p.64).

As metodologias de aprendizagem possibilitam os alunos aprenderem determinados conceitos e fenômenos, relacionando sua estrutura cognoscitiva. Todavia, a falta de material

didático e de laboratórios adequados, na maioria das escolas, são fatores que colaboram para que os conhecimentos da Física não sejam apresentados aos alunos de forma dinâmica, fazendo com que a Física desperte pouco interesse, já que se limita a vê-la como uma ciência baseada em aplicações de fórmulas matemáticas, quando na verdade é fundamental para a compreensão da maioria dos acontecimentos diários.

Apesar da existência de livros de boa qualidade para o ensino de Física, a maioria descarta atividades laboratoriais, propondo exercícios rotineiros. Na década de 60, partidos políticos começaram a se interessar pela reformulação do livro didático no ensino de Física, com o interesse de introduzir no curso a prática da atividade laboratorial, porém o projeto não teve influência nas escolas do Brasil. (CHIQUETTO, 2011).

Um projeto nacional, o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), elaborado por professores da USP e de escolas de rede pública, baseia-se na contextualização do ensino de Física explorando os fenômenos do dia a dia, motivando os alunos cada vez mais em relacionar a Física com o cotidiano. (CHIQUETTO, 2011). Porém o projeto não teve a repercussão esperada junto aos professores do ensino médio.

Atualmente, uma ferramenta importante para essa prática é o acesso à internet e o uso de softwares didáticos do tipo *applets*, planilhas de dados, processadores gráficos, hipertextos ou simulações de experiências. Além disso, existem revistas de ensino como fonte de material para projetos experimentais no ensino da Física. Algumas características das revistas são: atualização curricular objetiva e rápida; aperfeiçoamento profissional; desenvolvimento de atividades estruturadas; desenvolvimento de atividades que envolvem simultaneamente conhecimentos interdisciplinares; aplicação em novas estratégias instrucionais; material didático de baixo custo; diversidade em estilo e método de apresentação dos conteúdos por parte dos professores; heterogeneidade da população de estudantes aos quais é dirigido o ensino. (STUDART, 2005).

Também apresentam vantagens quando comparados a outros materiais didáticos: objetividade nas dificuldades conceituais e de raciocínio dos estudantes; corroboram para a construção do conhecimento pedagógico do conteúdo; discutem o conhecimento do conteúdo específico atual; apresentam novos esquemas para melhorar a maneira de apresentar novos tópicos; apresentam avaliações de softwares, livros, produtos e outros materiais instrucionais; sugerem demonstrações e outros modos de tornar ideias abstratas mais claras e concretas; discutem novas metodologias testadas no campo de pesquisa em ensino de Física; contêm críticas a abordagens vagas ou mesmo erradas; introduzem novas deduções de resultados

conhecidos; descrevem experimentos de laboratórios; apresentam solução de problemas desafiadores (STUDART, 2005).

O uso do laboratório didático no ensino de física é indispensável, contudo é necessário saber a que fins este ensino se destina, para que o uso do laboratório didático não seja mais uma tentativa de ensino frustrada como outros que já ocorreram no ensino de Física. Paulo Freire (1971) desenvolveu uma proposta de educação dialógica e libertadora contrária à proposta de “educação bancária”, caracterizada por ações de depósito, transferência, transmissão de valores e conhecimentos, onde a relação educador/educando se resume em “narrador” e “dissertador”. Segundo Freire (1971, p. 27):

Este é um modo estático, verbalizado de entender o conhecimento que desconhece a confrontação com o mundo, com a fonte verdadeira do conhecimento, nas suas fases e nos diferentes níveis, não só entre os homens, mas também entre os seres vivos em geral.

A proposta de Paulo Freire tem no “Diálogo” o elemento efetivo e norteador da relação educador-educando. Em “Extensão ou Comunicação” Freire (1971, p. 27) faz uma reflexão de modo filosófico em torno do conhecimento:

Exige uma presença curiosa do sujeito com face do mundo. Requer sua ação transformadora sobre a realidade. Demanda uma busca constante. Implica em invenção e em reinvenção. Reclama a reflexão crítica de cada um sobre o ato mesmo de conhecer, pelo qual se reconhece conhecendo e a reconhecer-se assim percebe o “como” de seu conhecer e os condicionantes a que está submetido seu ato.

A educação dissertadora identificada por Paulo Freire minimiza a participação do educando. Tendo como característica principal a sua sonoridade, onde a educação se torna um ato de depositar em que os educandos são depositários e o educador o “depositante”. A educação baseada no diálogo educador-educando, fornece subsídios para a concepção de um discurso horizontal, levando a formação do homem dialógico de Freire.

A experimentação é um elemento de intercessão, capaz de permitir que o diálogo horizontal possa se manifestar entre os alunos e os elementos que se relacionam ao Ensino de Ciências. Bachelard (1996) aproxima-se do pressuposto de Paulo Freire quando apresenta a execução do processo de construção do conhecimento científico. Os conceitos de Ruptura e Obstáculo Epistemológico são elementos recorrentes da epistemologia Bachelardiana, caracterizada como uma propriedade de pensamento que promove uma ruptura com o conhecimento comum. Segundo o autor:

A ciência, tanto por sua necessidade de coroamento como por princípio, opõe-se absolutamente à opinião. Se, em determinada questão, ela legitima a opinião, é por motivos diversos daqueles que dão origem à opinião; de modo que a opinião está, de direito, sempre errada. A opinião pensa mal; não pensa: traduz necessidades em conhecimentos. Ao designar os objetos pela utilidade, ela se impede de conhecê-los. Não se pode basear nada na opinião: antes de tudo, é preciso destruí-la. Ela é o primeiro obstáculo a ser superado (BACHELARD, 1996, p. 14).

Entretanto o educador não deve somente expor os seus conhecimentos aos alunos e esperar que estes absorvam com facilidade e, sim, desenvolver metodologias que os motivem em seu aprendizado, levantando seu interesse acerca do conteúdo transmitido. O aluno na prática da Física, aprende a utilizar esquemas e servir-se de relações matemáticas. Através dos trabalhos de experimento, o aluno aprende que para se desvendar um fenômeno é necessário se ter uma teoria, para que então possa relacioná-la com a prática. Cabe destacar que a Física se conecta às experiências e que para se fazer Física é preciso laboratório, então para aprender Física ele também é necessário, como afirma Brodin (1978, p. 10): “Laboratório é o elo que falta entre o mundo abstrato dos pensamentos e ideias e o mundo concreto das realidades físicas. O papel do laboratório é, portanto, o de conectar os dois mundos, o da teoria e o da prática”.

O emprego da experimentação é fundamental para o ensino, uma vez que é também uma extensão dessa própria ciência, por ser uma técnica capaz de proporcionar ao aluno eficiência na construção e aprendizagem de conceitos, representando um papel relevante no processo de produção de novos conhecimentos. A experimentação sempre teve um papel importante no processo de desenvolvimento da Física, porém além do seu caráter experimental, essa evolução está vinculada aos avanços significativos no campo teórico.

Para George Snyders (1988), é possível identificar dois instantes que contribuem para o desenvolvimento do ensino: a ruptura e a continuidade. Segundo o autor:

O aluno considera muito frequentemente pelo menos no início que a experiência está apenas destinada a reafirmar suas concepções ou a persuadir os outros. Quando a experiência contradiz a evidência do que se acreditava, ele resiste tão obstinadamente à recolocação de questão que prefere criticar os instrumentos, o modo pelo qual foram utilizados: mediu-se mal ou mediu-se de alturas de quedas muito baixas, etc. (SNYDERS, 1988, p. 102).

Assim a utilização do método experimental é de grande importância para a promoção da ruptura e continuidade. Pesquisas mostram que a área do ensino de Física está voltada apenas para os conteúdos específicos da disciplina, devendo o conteúdo difundir-se para inclusão de novas tecnologias no ensino, com associação entre diferentes teorias de aprendizagem e o ensino experimental do ensino de Física.

O processo ensino aprendizagem de Física tem promovido discussões entre pesquisadores que focam seus estudos nas dificuldades relacionadas ao ensino desta ciência. A questão se dá não pela falta de importância da disciplina, mas pela maneira que é abordada pelos professores, onde sua ação pedagógica é voltada para atividades com apresentação de conceitos, fórmulas, distanciando a realidade do educando.

O ensino experimental é necessário para o processo evolutivo da Física. Porém somente a prática não funciona para esta ciência visto que o desenvolvimento teórico tem assumido papel importante nas descobertas e pesquisas a partir do século XIX. Snyders (1988, p. 99), caracteriza a experimentação como um elemento na convergência entre as práticas e o pensamento teórico, segundo o autor:

Alegria de agir sobre os objetos, de experimentos, isto é, de colocar suas ideias à prova de fatos, aperceberem-se de seus erros e ter confiança que se pode retificá-los: os fenômenos familiares colocam-se em ordem, as noções integram-se, ligam-se em conjuntos estruturados, ao mesmo tempo em que se vai à uma convergência entre as práticas e o pensamento teórico: esse sentimento de unidade conduz o indivíduo a satisfação, enquanto que a distorção, a fragmentação suscitam ao contrário dor, até mesmo culpabilidade.

As leis e teorias representam as atividades experimentais como uma dimensão da própria ciência, ou apresentada em um modelo caricatural conhecido como método científico. Entretanto as atividades experimentais juntamente à história da ciência são capazes de levantar questões que evidenciem o papel da experimentação. Em um artigo, Silveira (2002) mostra a proposta indutiva de “Descobrir a lei a partir de resultados experimentais”.

No século XX, (...), vários epistemológicos e historiadores da ciência e cientistas negaram que o conhecimento científico possa ser derivado apenas de observações. Einstein reconheceu em suas notas autobiográficas, que na formulação da teoria da Relatividade andou por caminhos muito distantes daqueles apontados pelos empiristas. (SILVEIRA, 2002, p. 13)

O educador deve ter cautela ao empregar a experimentação sob o risco de contribuir para formação de modelos que culminarão em um aprendizado errado e ineficiente. O uso do laboratório didático no ensino de Física é imprescindível para os professores que não usufruem do uso de atividades experimentais no processo ensino-aprendizagem de Física. Pinho Alves (2000, p. 175) explica porque existem dificuldades na introdução do laboratório na prática em questão: “A aceitação tácita do laboratório didático no ensino de Física é quase um dogma, pois dificilmente encontramos um professor de Física que negue a necessidade do laboratório”. O autor comenta que a dissensão entre a importância dada pelos educadores e a

pouca realização destas atividades no campo pedagógico, são fatores preponderantes para que seja regularizado seu uso.

2.4 A Física Quântica no Ensino Médio: Estado da Arte

O ensino de Física no Ensino Médio tem chamado atenção de inúmeros estudiosos da área, sobretudo pela inserção de temáticas voltadas para a Física Moderna e Contemporânea (FMC). Como exemplo, tem-se as argumentações de Machado e Nardi (2007) que acreditam que a formação cidadã deve clarear o entendimento acerca das tecnologias utilizadas no cotidiano e devem ser abordadas com o intuito de trazer a familiarização com a informática, o uso de laser, de GPS e outras tecnologias.

Na mesma linha de pensamento estão Oliveira et al. (2007) que afirmam que o ensino de Física para o Ensino Médio ficou a mercê da evolução tecnológica se distanciando do contexto em que estão inseridos os alunos e ressaltam que não há possibilidade de em pleno século XXI ainda se lecionar a Física Clássica que foi lecionada no século XIX.

Para Webber (2006), a pura instrução passiva no ensino médio principalmente no que se diz respeito à Física gera uma crise pelo fato de simplesmente o conteúdo ser repassado de maneira simplória e direta, por meio de fórmulas, exemplos e definições. Ressalta-se que esta forma de lecionar é comumente praticada nas ciências exatas, o que leva geralmente a desmotivação por parte do educando. Para a autora, a disciplina de Física é naturalmente considerada de difícil assimilação pelos alunos do Ensino Médio sendo inclusive citada como matéria complicada pelos alunos que passam normalmente de ano até mesmo com certa facilidade. Webber (2006, p. 6) em relação à aprendizagem de Física na atualidade destaca que:

É preciso resgatar urgentemente o interesse dos alunos em aprender física, e, para tal, devemos considerar alguns aspectos importantes que fazem parte de suas vidas. Nesse sentido, não podemos deixar de mencionar a influência das novas tecnologias relacionadas à informática (internet, vídeos *games*, *applets*, *softwares* etc.) e relacionadas aos aparatos tecnológicos (máquinas, processos industriais e outras atividades profissionais), que merecem atenção especial por fazerem parte da área de Ciências da Natureza nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e por fazerem parte do cotidiano da maioria dos alunos. Isso, por sua vez, passa a influenciá-los de maneira significativa no modo como percebem o mundo que os rodeia, levando à compreensão e/ou ao manuseio de técnicas, relacionando teoria com prática, tentando entender a preparação para o trabalho - da qual tratam a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional/1996 e as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (WEBBER, 2006, p. 6).

Desse modo, a contextualização do ensino de Física à realidade do aluno é uma das formas de estimular o processo de ensino e aprendizagem da Física no Ensino Médio, destacando-se que a Física Quântica está presente nas mais diferentes esferas da atual sociedade, apresentando-se em todos os aspectos do seu cotidiano.

Na pesquisa realizada por Almeida (2018) foi apresentado um livro contendo textos didáticos de caráter teórico com tópicos de Física Quântica a serem introduzidos no Ensino Médio com auxílio de simulações computacionais. O autor propôs a aplicação de conteúdos desde a quantização de energia de Planck até o modelo atômico da Mecânica Quântica. Para verificar a viabilidade do material proposto, Almeida (2018) o aplicou com uma turma do Ensino Médio verificando em seus resultados que a simulação computacional é capaz de contribuir para ensino da Física Quântica nessa etapa do ensino básico, sendo capaz de promover uma aprendizagem significativa nos alunos, salientando seu sucesso ao conseguir uma participação ativa dos alunos.

Por sua vez, Chaves (2010) propôs a inserção da Mecânica Quântica no Ensino Médio por intermédio de um curso de capacitação de professores em atividade. O autor criou uma proposta educacional visando a aprendizagem significativa desses alunos e após aplicação do curso e da proposta em sala de aula realizou uma pesquisa de opinião e uma entrevista semiestruturada com vistas a perceber os resultados trazidos pela sua proposta, confirmando o resultado positivo em aprendizagem significativa e apontando os professores que participaram da capacitação como multiplicadores desta forma de aprendizagem.

Nesse mesmo sentido, Miranda (2016) também propõe a inserção de conteúdos da Física Quântica no Ensino Médio tendo como base os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa de Ausubel. A autora utilizou-se de recursos tecnológicos como slides, animações passivas e interativas, bem como atividades participativas e aulas expositivas dialogadas, buscando relacionar seus conteúdos com outras áreas do conhecimento. Em seus resultados a autora identificou aumento significativo das médias dos alunos do grupo experimental, relacionando esses resultados à metodologia utilizada, já que utilizou-se do conhecimento prévio dos alunos.

Faz-se importante destacar que, apesar dos resultados das pesquisas apresentarem resultados positivos em relação à inserção da Física Quântica no Ensino Médio é necessário entender que esta não é uma tarefa fácil, podendo-se dizer, inclusive, que apresenta-se como um desafio para os professores da área, principalmente quando o assunto volta-se para uma aprendizagem significativa. Lino e Fusinato (2011), buscando driblar esses desafios, desenvolveram uma pesquisa visando verificar se o ensino de Física Moderna e

Contemporânea no Ensino Médio pode ser potencialmente significativo quando inserido de forma conjunta com o ensino de Física Clássica. Durante as aulas de processos de transferência de calor com alunos do 2º ano do Ensino Médio foi abordado o problema da radiação de corpo negro, inserindo conceitos de Física Quântica, como a quantização de energia. Em seus resultados os autores verificaram a influência do conhecimento prévio, verificando potencial de abordagem da Física Moderna a partir das limitações da Física Clássica como forma de obter aprendizagem significativa. De acordo com os autores, muitos alunos que participaram de sua pesquisa sofreram obliteração de seus subsunçores e os mapas conceituais demonstraram hierarquias altamente organizadas das estruturas cognitivas dos alunos, que são indícios de aprendizagem significativa. Sobre essa obliteração dos subsunçores, os autores explicam que:

A obliteração do conceito é importante na perspectiva da aprendizagem significativa, pois quando este assimila novos conceitos, estes novos deixam resíduos no subsunçor, modificam os significados do subsunçor, ou ainda, deixam os subsunçores com mais significados. Quando o indivíduo tem o esquecimento destes conceitos mais específicos, que foram incorporados pelo subsunçor, a lembrança ou a reaprendizagem é facilitada pelos resíduos deixados (LINO; FUSIATO, 2011, p. 98).

Dessa forma, pode-se dizer que a aprendizagem significativa da Física Quântica pode ser facilitada quando o material e a forma de abordagem com os alunos valorizam seus conhecimentos prévios.

Com fins de inserir tópicos de Física Quântica no Ensino Médio, Campos e Veiga (2009) realizaram um estudo fundamentado na aprendizagem significativa de David Ausubel em uma escola pública de São Paulo, a partir de um material elaborado pelos próprios autores em CD-ROM, com recursos de multimídia para despertar a curiosidade e o interesse dos alunos. Os autores avaliaram o conhecimento de professores de Física e dos alunos que receberam o conteúdo, verificando em seus resultados que a capacitação adequada dos professores em relação aos tópicos de Física Quântica é, provavelmente, o principal entrave para inserção desse conteúdo no Ensino Médio, visto que o seu conhecimento influencia diretamente no desempenho apresentado pelos alunos.

Enfocando na aprendizagem de alunos do Ensino Médio, Paulo e Moreira (2004) contaram com duas escolas particulares da cidade de Cuiabá para analisar a construção de alguns importantes conceitos quânticos na mente dos aprendizes. O estudo foi realizado com cerca de 100 alunos divididos nas duas escolas, sendo ministrados conteúdos sobre os conceitos fundamentais da MQ na Interpretação de Copenhagen (não determinismo e

complementaridade), sendo que, numa das escolas, isso ocorreu após o ensino do tópico de “ondulatória”, na perspectiva do ensino da Física Clássica, e na outra, antes do ensino deste tópico. O intuito era de analisar sobre a influência do conhecimento prévio na construção da aprendizagem desses alunos. Os resultados demonstraram que os alunos apresentaram dificuldades semelhantes às apresentadas na aprendizagem dos conceitos de Física Clássica, identificando-se que a construção de seu conhecimento ocorre a partir da estruturação de conceitos importantes, além disso, destacaram que após a aplicação da metodologia didática, os alunos parecem adquirir consciência de que a ciência não é constituída por verdades absolutas. Quanto à diferença de abordagem dos tópicos de Física Quântica nas duas escolas, os autores não identificaram influência na aprendizagem dos alunos, salientando que a fazer relação entre o conteúdo e o cotidiano dos alunos pareceu ser bem mais influente do que seu conhecimento prévio.

3 Fundamentação Teórica: Aprendizagem Significativa

Neste capítulo apresenta-se a fundamentação teórica do estudo realizado, a aprendizagem significativa, acreditando-se que este é o melhor caminho para inserção da Física Quântica no Ensino Médio. Na primeira seção apresenta-se a concepção de aprendizagem significativa proposta por Ausubel, destacando os tipos de aprendizagem significativa e as condições para que ela ocorra. Enquanto a segunda seção faz uma abordagem sobre as condições para que ocorra uma aprendizagem significativa de acordo com a perspectiva de Ausubel. Por fim, na terceira seção, expomos a perspectiva de aprendizagem significativa crítica adotada por Moreira.

3.1 Aprendizagem significativa

Nesta seção, apresentamos um posicionamento teórico a partir de um diálogo apoiado nas ideias do grande estudioso da Psicologia da Educação David Ausubel sobre aprendizagem. David Paul Ausubel, pesquisador nascido nos Estados Unidos em 1918 e falecido em 2008, afirmava que quanto mais sabemos, mais aprendemos. Para ele, aprender significativamente é ampliar e constituir novas ideias de forma que estimulem outros conhecimentos relacionados. (MOREIRA, 2010).

Ausubel (1982) chama de aprendizagem significativa, aquela que o aluno recebe o conteúdo que deve aprender de forma inacabada tendo os alunos de descobri-los antes de assimilá-los. A teoria de Ausubel voltada para o contexto escolar considera a história do sujeito e ressalta o papel dos docentes na proposição de situações que favoreçam a aprendizagem. Porém, conforme Ausubel (1982), para que a aprendizagem significativa aconteça, o conteúdo a ser ensinado deve ser potencialmente revelador e o estudante precisa estar disposto a relacionar o material de maneira consistente e não arbitrária.

De acordo com a teoria de Ausubel (1982), a aprendizagem consiste basicamente nos conceitos relativos à estrutura cognitiva, aprendizagem, aprendizagem significativa, aprendizagem mecânica, aprendizagem por descoberta e por recepção.

A estrutura cognitiva, conforme Ausubel (1982) é muito organizada, pois várias ideias se encadeiam conforme a relação existente entre elas e de uma forma hierárquica. Assim, o cérebro recebe as mensagens e este as armazena em cada área particular, daí vão se

relacionando progressivamente constituindo-se em novos aprendizados formando a interação do indivíduo com o objetivo.

Moreira (2010) explica que na visão de Ausubel, a aprendizagem é a estrutura cognitiva numa forma mais ampla, que ocorre através da incorporação de novas ideias a ela. Esta aprendizagem dependendo do tipo de relacionamento que se tem entre as ideias já existentes nesta estrutura e as novas que se estão internalizando, pode ocorrer um aprendizado que varia do mecânico ao significativo. A aprendizagem significativa ocorre quando as novas ideias vão se relacionando de forma não arbitrária e substantiva com as ideias já existentes, conforme disserta Aragão (1982, p. 21):

Não arbitrariedade entende-se que existe uma relação lógica e explícita entre a nova ideia e alguma(s) outra(s) já existente(s) na estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, por exemplo, entender o conceito do termômetro só será de fato significativo para o indivíduo, se de alguma forma houver uma clara relação entre este e o conceito de temperatura. Além de não arbitrária, para ser significativa, a aprendizagem precisa ser também substantiva, ou seja, uma vez aprendido determinado conteúdo desta forma, o indivíduo conseguirá explicá-lo com as suas próprias palavras. Assim, um mesmo conceito pode ser expresso em linguagem sinônima e transmitir o mesmo significado.

Para Ausubel (1982), as ideias aprendidas de forma significativa é muito mais viável para o ensino acadêmico, pois estas serão armazenadas por muito tempo e ainda serão estáveis, permitindo que o aprendiz faça uso delas de uma outra forma. A aprendizagem mecânica não existe uma lógica e clara relação das novas ideias como as já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, são decoradas. Assim estas ideias são armazenadas de forma arbitrária sem que permaneça por muito tempo.

Segundo Ausubel (1982), a aprendizagem pode ocorrer: por descoberta e por recepção. A aprendizagem por descoberta acontece quando é apresentado um problema ou questionamento a ser solucionado pelo aprendiz, esse tipo de aprendizagem motiva o aluno a construir suas próprias definições, fazendo com que, o novo conhecimento se interligue aos subsunçores de maneira significativa. Na descoberta o aluno deve descobrir algum princípio, relação, lei, como pode acontecer na solução de um problema, mas que acontece de forma isolada, sozinho.

Na recepção o aluno já recebe todas as informações e consiste basicamente na tarefa do aluno em trabalhar, ou seja, estudar o material fornecido, para que possa daí relacioná-lo a ideias importantes disponíveis em sua estrutura cognitiva. A aprendizagem por recepção é apresentada em sua forma final, isto é, através de: aulas expositivas, utilização de simuladores, uso do livro didático e outros. É importante salientar que a aprendizagem por

recepção não se compara a aprendizagem tradicional, pois nesse tipo de aprendizagem são apresentadas metodologias diferenciadas, com o intuito de fazer com que o aprendiz adquira mecanismos para interligar de maneira relevante o conhecimento recebido de maneira significativa aos subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito (AUSUBEL, 1976).

A aprendizagem significativa é o aspecto central da teoria Ausebeliana que consiste na interação de uma nova ideia de maneira relevante com os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, isto é, o novo material (conteúdo) se apoia sobre um conteúdo assimilado (apreendido) anteriormente. É importante destacar “[...] que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária [...]” (MOREIRA, 2010, p. 2).

Para Ausubel (1982), uma visão contrária à aprendizagem significativa é a aprendizagem mecânica que acontece quando o novo conhecimento não interage de maneira significativa com a estrutura cognitiva do aprendiz. Podemos citar como exemplo, a memorização de fórmulas com o objetivo de fazer uma determinada avaliação. Essas fórmulas não possuindo uma interligação com o universo do aluno, com subsunçores já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, se tornará uma aprendizagem mecânica, no entanto, esse tipo de aprendizagem é de importância relevante quando o aprendiz se depara com uma área de conhecimento totalmente desconhecida por ele.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel utiliza-se de alguns termos peculiares, como: estrutura cognitiva, subsunçores e conhecimento prévio. Dentro desta teoria estruturas cognitivas são entendidas como estruturas de neurônios que formam o sistema nervoso, essas estruturas possuem variadas funções, como: processar e organizar ideias, auxiliar na resolução de problemas, do tipo percorrer uma trajetória do ponto A para um ponto B no menor espaço e tempo possível e identificar novos conceito e ideia e relacioná-los (MOREIRA, 2010).

Subsunçor é conceito ausebeliano relevante no sentido de permitir ao sujeito compreender algo que antes poderia não fazer muito sentido, pelo fato ter sido fruto de uma aprendizagem mecânica. Subsunçor é uma noção, ideia ou conhecimento anterior já existente na estrutura cognitiva do aluno, que serve de ponto de ancoragem para uma nova informação que associada à informação anterior, permite ao indivíduo atribuição de significados para esta informação, constituindo assim uma evolução da aprendizagem desse indivíduo (MOREIRA, 2010).

O conhecimento prévio é um subsunçor já preexistente na estrutura cognitiva do sujeito aprendiz. Esta variável é a mais enfocada na teoria Ausubeliana, sendo o ponto de partida no processo da aprendizagem significativa. No entanto, o conhecimento prévio nem sempre pode ser entendido como instrumento facilitador da aprendizagem. Por vezes, ele pode funcionar como obstáculo epistemológico, como aponta Moreira (2010, p. 7):

[...] dizer que o conhecimento prévio que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos não significa dizer que é sempre uma variável facilitadora. Normalmente sim, mas pode, em alguns casos, ser bloqueadora.

Portanto, cabe ao professor entender o que os alunos trazem consigo de conhecimento e saber valorizá-los de forma a contribuir sua aprendizagem e, sempre que necessário, desconstruir conhecimentos que podem agir como bloqueadores. Vale ressaltar que dentro da teoria de Ausubel a aprendizagem significativa ocorre de três tipos e formas. Os tipos de aprendizagem significativa são: representacional, conceitual e proposicional.

A aprendizagem significativa representacional ocorre quando o indivíduo associa um símbolo a um objeto/evento, porém esta associação não é desvinculada de significados como na aprendizagem mecânica. Podemos citar como exemplo: a associação do símbolo Δ ao evento variação. Por sua vez, a aprendizagem significativa conceitual é o nível mais elevado da aprendizagem representacional onde o aprendiz adquire a capacidade de interpretar de maneira mais “precisa” o significado de um símbolo sem depender de um referencial concreto do evento/objeto para compreendê-lo. Usando o contexto do exemplo anterior, o mesmo consegue estabelecer em sua mente a associação do símbolo Δ (delta) a ideia de quantidade variacional. Enquanto a aprendizagem significativa proposicional é a aprendizagem que se constrói a partir das aprendizagens representacional e conceitual. O aluno consegue expressar o significado daquilo estudado através de enunciações (MOREIRA, 2010).

De acordo com David Ausubel (1976) existe um conjunto de ideias na estrutura cognitiva do aprendiz e as estas outras novas podem ser articuladas de forma não arbitrária e substantiva. Assim conforme o autor, esta relação de ideias pode acontecer por subordinação, superordenação e por combinatória.

Aprendizagem por subordinação acontece quando a nova ideia é um exemplo, uma especificação de algo que já se sabe. Por Superordenação ocorre quando a nova ideia que se aprende é mais geral do que uma ou um conjunto de ideias que já se sabe. A aprendizagem combinatória ocorre quando a nova ideia hierarquicamente no mesmo patamar, ou seja, nem

acima nem abaixo da ideia já existente na estrutura cognitiva à qual ela se relacionou de forma não arbitrária e lógica. (AUSUBEL, 1976).

Melhor detalhando, pode-se dizer que a aprendizagem significativa subordinada consiste na ancoragem do novo conhecimento a ser aprendido com o subsunçor específico já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, fazendo com que essa nova ideia adquira significado. Podemos citar como exemplo: o aprendiz possui na sua estrutura cognitiva o conceito de onda, quando lhe é apresentada a ideia de fenômenos ondulatórios (Interferência construtiva e destrutiva), este novo conceito vai ancorar-se a um determinado subsunçor, adquirindo significado.

A aprendizagem significativa superordenada acontece quando a nova ideia se sobrepõe ao conhecimento prévio já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Podemos citar como exemplo a evolução dos modelos atômicos, já que na Física Moderna verifica-se uma posição atualizada sobre o assunto, que desconstrói percepções anteriores trazidas pela Física Clássica.

Na aprendizagem combinatória a nova ideia vai interagir com os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, atribuindo significado, entretanto de maneira complementar. Cita-se como exemplo o caso de um aprendiz sabe que a sigla Km/h está relacionada à velocidade, no entanto pode-se explorar o conceito de espaço e tempo, com isso o aprendiz pode construir sua própria definição de velocidade de maneira mais sólida.

Nesse contexto, conforme verifica-se a aprendizagem significativa pode ocorrer de diferentes formas, todavia, para que ela de fato ocorra cabe ao professor valorizar o conhecimento prévio do aluno, bem como trazer formas de abordagem que relacione o conteúdo ao cotidiano do aluno e, ainda, que lhe possibilite fazer suas próprias descobertas, valendo lembrar que existem fatores que condicionam a ocorrência de aprendizagem significativa, conforme aborda-se no tópico a seguir.

3.2 Condições para que ocorra aprendizagem significativa

A aprendizagem está correlacionada a fatores e estes são relativos a cada indivíduo particularmente, que são os chamados fatores internos, os quais dividem-se em duas classes: fatores cognitivos e fatores afetivo-sociais. Em relação aos fatores cognitivos, estes são formados pela existência de ideias, as quais podem se conectar por subordinação, superordenação ou de forma combinatória. Os fatores afetivo-sociais refere-se a disposição do

aluno para a aprendizagem significativa, que para internalizar as ideias existe deste vontade de fazê-lo, pois trata-se de um processo ativo. (AUSUBEL, 1976).

Em relação aos fatores externos para aprendizagem significativa, referem-se aos fatores que os professores têm acesso e são capazes de manipular à vontade, de forma a oferecer as melhores condições possíveis para que o aluno possa aprender com qualidade. Fatores externos são assim denominados por pertencerem às condições que não dependem do aluno, são condições exteriores, como a aula, material didático, etc., que caracterizam o ambiente escolar ao qual faz parte. (AUSUBEL, 1976).

Vale salientar que conforme a teoria de Ausubel, todo material didático, ou institucional, somente traz resultados positivos, se o aluno também tiver condições internas, ou seja, tenha vontade de aprender, assimilar e expor ideias. Para Ausubel (1976), se o aluno confeccionasse o material para estudo, facilitaria o processo de aprendizagem significativa. Resumindo a teoria de Ausubel, Pelizzari et al. (2002, p. 37) afirmam que:

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

Assim, a teoria significativa de Ausubel, o aluno possui uma cultura adquirida dos pais, que são passadas de geração em geração. A educação no falar, no vestir, o hábito pela leitura, o convívio social e econômico, uma melhor escola, um corpo docente de profissionais mais qualificados e o material didático estruturado prendendo-os de forma participativa aos estudos, entre outros fatores, caracterizam como facilitadores para que estes adquiram conhecimentos e os memorize de forma que a partir destes, possam assimilar ou criar outros e até de repassar o assunto para outros usando outras palavras, da forma que captou e aprendeu tendo o mesmo significado e, até mesmo, acrescentando um novo conhecimento ao que previamente fora adquirido. Na teoria significativa, a própria expressão se explica, o aluno significa algo importante. Ele participa, interage, é ativo. Moreira (2010, p. 153) afirma:

A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Assim, o conhecimento novo que se alcança relaciona-se com o conhecimento prévio que o indivíduo possui. A aprendizagem significativa acontece quando a nova informação baseia-se em conceitos relevantes que já existem na estrutura cognitiva do aluno. Originado de um conceito geral (já incorporado pelo aluno), o conhecimento pode ser formado para ligá-lo com novos conceitos para facilitar a percepção de informações novas e que fornece um real significado ao conhecimento obtido.

Nesse caso, o professor precisa estimular o aluno a aprender, possibilitando diálogo em sala de aula, adaptando os novos conteúdos à altura do crescimento do aluno, ao mesmo tempo em que gera uma postura auxiliadora contribuindo para que o aluno aprenda. Na visão de Ausubel (1982), para que a aprendizagem significativa ocorra o conteúdo a ser apresentado deve relacionar-se de maneira expressiva interligada ao conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa pressupõe que:

- a) o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, ou seja, relacionável a sua estrutura de conhecimento de forma não arbitrária e não literal (substantiva);
- b) o aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o novo material substantivo e não arbitrário a sua estrutura cognitiva (MOREIRA; MASINI, 2006, p. 23).

O item (a) expõe que o material deve apresentar pontos que possam ancorar-se aos subsunçores já existentes em sua estrutura cognitiva. Já o item (b) mostra que o tipo de aprendizagem depende da intenção do aprendiz, isto é, pode ser mecânica ou significativa e que independe de quão seja potencialmente significativo o material.

Para que se evidencie a ocorrência da aprendizagem de uma maneira significativa o novo conhecimento adquirido pelo aprendiz deve apresentar-se claro, preciso, diferenciado e transferível, no entanto, para testar se esse conhecimento foi aprendido de maneira significativa, deve-se ficar atento, pois não basta pedir para que o aprendiz faça uma exposição sobre determinado assunto, deve-se propor situações problemas novos onde exigira um conhecimento mais aprofundado.

Conforme Ausubel (1982), a aprendizagem pode acontecer de maneira mais eficaz através de processos de sequenciação do conteúdo de ensino, tais como, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva consiste em expor inicialmente uma visão geral do conteúdo e depois aprofundar o conteúdo de maneira gradativa. Através da progressividade busca-se apresentar os conteúdos de forma mais eficiente para o aprendiz. Este modo de se proceder baseia-se nas seguintes hipóteses:

- a) é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar a um todo a partir de suas partes diferenciadas;
- b) organização do conteúdo de uma certa disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas estão no topo da estrutura e progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (MOREIRA; MASINI, 2006, p. 29).

Por exemplo, antes de iniciar os estudos de Física Quântica é importante reservar uma parte da aula para expor como a evolução deste conceito contribuiu na evolução de nossa sociedade, como modificaram maneiras de pensar, de que maneira influenciam no avanço tecnológico. Mediante uma exposição geral de determinado assunto o aprendiz terá maior facilidade em aprender conceitos mais específicos. Este processo está ligado à aprendizagem subordinada. A reconciliação integrativa consiste na reestruturação cognitiva do aprendiz a partir do relacionamento de ideias novas com as já existentes em sua estrutura cognitiva, isto é, quando o aprendiz ao se deparar com um conteúdo novo o confronta com ideia(s) já existente(s) na estrutura cognitiva. Essa nova ideia relaciona-se com algum subsunçor, para que apresente relevância. Este processo está associado a aprendizagens super ordenada e combinatória.

Para Ausubel (1982), os processos de aprendizagens devem ser acompanhados de organizadores prévios que são conteúdos apresentados de maneira introdutória anteriormente (antecipadamente) ao conteúdo mais inclusivo. Esses conteúdos são a ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele deve saber. Os organizadores prévios se dividem em: organizador explicativo e organizador comparativo.

O organizador explicativo deve ser utilizado quando o aprendiz se depara com um conteúdo novo, não familiar, e tem como objetivo fornecer novos subsunçores, com isso aproximar a nova ideia aos conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva. Pode-se citar como exemplo a aprendizagem superordenada.

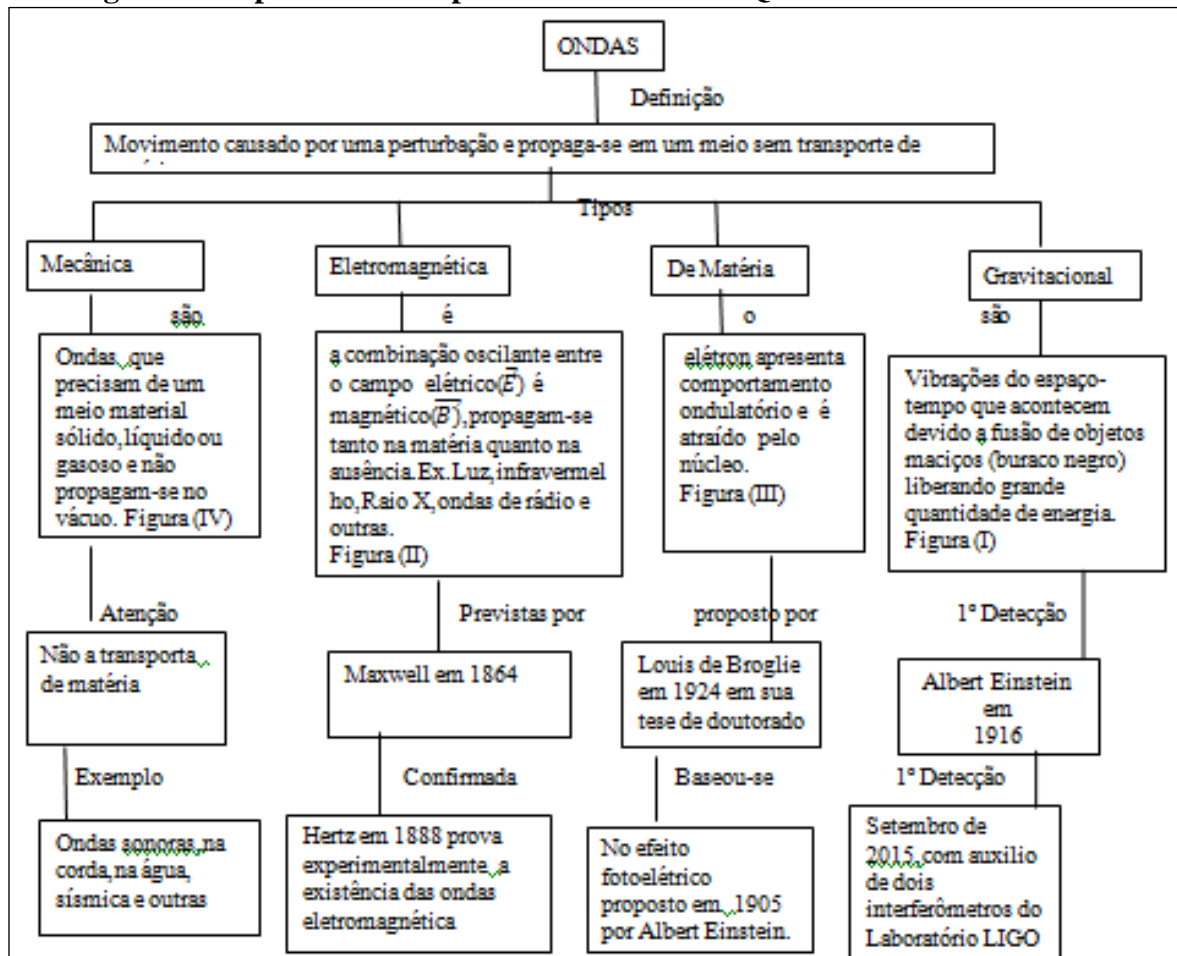
O organizador comparativo é utilizado quando o aprendiz apresenta na sua estrutura cognitiva familiarização com o conteúdo a ser abordado, onde esse organizador terá a função de trabalhar a partir de diferença e semelhanças. Pode-se citar como exemplo a aprendizagem combinatória e a subordinada

Segundo Ausubel (1982), o desenvolvimento dos conteúdos deve ser iniciado a partir do conceito mais geral e conseqüentemente abordar os menos inclusivos, baseando-se no princípio da diferenciação progressiva, no entanto também deve-se levar em consideração a reconciliação integrativa que consiste em explorar relações entre conceito e proposições, buscando diferenças e similaridades. Como ferramenta para possibilitar esse desenvolvimento tem-se os Mapas Conceituais.

Pode-se dizer que os Mapas Conceituais foram criados como uma ferramenta de suporte para a aprendizagem significativa. De acordo com Novak (1981), tratam-se de ferramentas pedagógicas que têm como objetivos organizar e representar conhecimento a partir da descrição e comunicação de conceitos, representando suas relações significativas.

Conceituando Mapas Conceituais, Moreira e Buchweitz (1993, p. 13) afirmam que são “diagramas hierárquicos indicando os conceitos e as relações entre esses conceitos”. Esses mapas são construídos a partir de conceitos-chave que se interligam e possibilitam a visualização do conteúdo como um todo, possibilitar estabelecer aprendizagens interrelacionadas. Para que se tenha uma melhor noção sobre os mapas conceituais, a Figura 1 apresenta um modelo que pode ser utilizado no Ensino Médio:

Figura 1. Mapa Conceitual para ensino de Física Quântica no Ensino Médio



Fonte: Elaborado pelo autor.

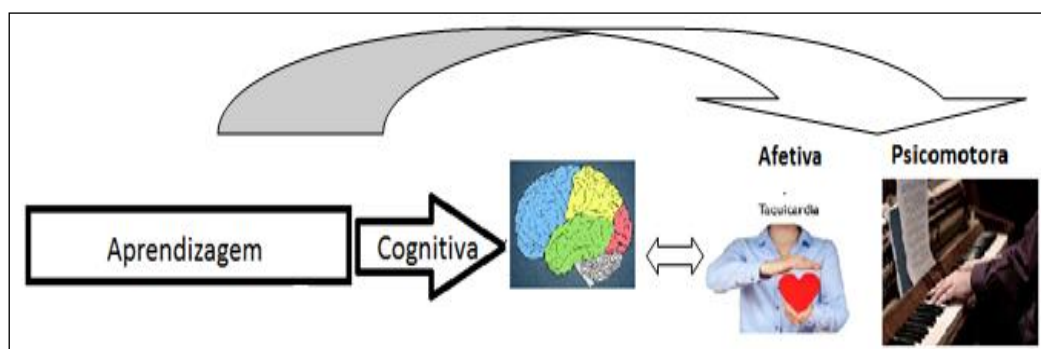
Assim, como se pode verificar, o mapa conceitual objetiva dar essa visão completa de como os conceitos se relacionam, de como o conteúdo está estruturado. Partindo da concepção de Ausubel (1982), Moreira (2010) elaborou sua teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, que também fundamenta este estudo, descrita no tópico a seguir.

3.3 Aprendizagem Significativa Crítica

Nesta são expostas as ideias do professor Marcos Antônio Moreira relacionadas à aprendizagem, em especial, à aprendizagem significativa crítica. Buscou-se relatar de que maneira a aprendizagem significativa de Ausubel (1982) e a aprendizagem crítica de Moreira (2010) se encaixam nos estudos de Física Quântica.

Segundo Moreira (2010) pode-se distinguir três tipos de aprendizagem, a *afetiva*, *psicomotora* e *cognitiva*. A Aprendizagem Afetiva (AA) está relacionada aos sentimentos de prazer e dor, satisfação e descontentamento, alegria e tristeza e à ansiedade, já a Aprendizagem Psicomotora (AP) está relacionada a respostas musculares adquiridas mediante treino e prática, tais como, tocar piano, esse tipo de aprendizagem está relacionado a Aprendizagem Cognitiva (AC), pois, para aprender a tocar piano é necessário o conhecimento de partituras, de notas musicais e ter noção de tempo. Assim, pode-se dizer que a AC consiste no armazenamento organizado de informações. A Figura 2 ilustra um esquema sobre como ocorre a aprendizagem, considerando essas informações:

Figura 2. Esquema sobre aprendizagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa última é mais enfatizada por Ausubel (1982) em sua teoria. Um fator que merece destaque nesse tipo de aprendizagem é o conhecimento que o aluno já possui, porém para Ausubel (1982), a aprendizagem cognitiva não deve ser pensada apenas como influência direta de novos conhecimentos sobre os anteriores, como bem explica Moreira (2010, p. 152): “[...] mas abrange modificações relevantes nos atributos da estrutura cognitiva pela influência pelo novo material”.

Segundo Ausubel (1982), o fator mais relevante na aprendizagem significativa é o conhecimento prévio, pois a partir dele o professor pode elaborar estratégias de abordagem do

conteúdo. O conhecimento prévio, também chamado de subsunçor, é uma ideia já existente na estrutura cognitiva do aluno, que serve de ponto de ancoragem para uma nova informação, permitindo ao indivíduo atribuição de significado.

Pode-se citar como um importante subsunçor na aprendizagem de Física Quântica, a ondulatória (ondas eletromagnéticas) que servirá de âncora quanto for introduzido o conceito de radiação do corpo negro. Com o intuito de fazer com que o aprendiz construa seu próprio conhecimento, pode-se aplicar a metodologia investigativa (aprendizagem por descoberta) proposta por Ausubel (1982), desta forma permitindo ao aluno conseguir identificar a ruptura entre a Física Clássica e a Física Moderna. A evolução atômica é um exemplo disso quando relacionada com o movimento dos elétrons e o questionamento se a luz é onda ou partícula ou se é ambos.

Na concepção de Moreira (2010), o aprendiz deve ser crítico e capaz de responder questionamentos com outra pergunta. O autor se baseia em Postman e Weingartner (1969) para introduzir o conceito de Aprendizagem Significativa Crítica, estes expõem alguns conceitos fora de foco que consiste em: verdade absoluta e imutável, certeza (existe sempre uma e somente uma resposta certa), entidade isolada, estados e “coisas” fixas, causalidade simples e que o conhecimento é transmitido por uma autoridade superior e deve ser aceita sem questionamento. Estes conceitos estão ligados à Física Clássica presentes até o final do século XIX, que expõe que existe pouco a ser resolvido. Os problemas a serem solucionados era a radiação do corpo negro e o efeito fotoelétrico que estão ligados à Física Quântica, o experimento de Michelson-Morley e a precessão do periélio de mercúrio que estão relacionados à relatividade geral de Albert Einstein. Com a Física Moderna foi possível observar que os questionamentos sobre algo que é considerado como uma verdade absoluta pode trazer uma revolução sobre o que já se conhece.

Moreira (2010) expõe princípios que vão gerar uma Aprendizagem Significativa Crítica e que estão fortemente ligados à introdução de conceitos de Física Moderna, como: Princípio do conhecimento prévio, da interação social, da não centralidade do didático, do aprendiz como preceptor/representador, da consciência semântica, da aprendizagem pelo erro, da desaprendizagem, da incerteza do conhecimento, da não utilização do quadro de giz e do abandono da narrativa.

As aplicações desses princípios colaboram para que os alunos alcancem uma aprendizagem mais significativa, uma vez que por meio dos conhecimentos adquiridos de maneira mais relevante da Física Quântica, o aprendiz terá uma visão real das aplicações no seu cotidiano, com isso participar ativamente de suas mudanças.

4 Metodologia

Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados durante este estudo, descrevendo o caminho percorrido para o desenvolvimento da pesquisa, considerando o processo de coleta de dados sobre as dificuldades dos professores em abordar Física Quântica com alunos do Ensino Médio. O processo de elaboração do produto educacional e a avaliação feita pelos professores em relação ao produto educacional gerado neste estudo. Descreve-se, também, o processo de análise e discussão dos resultados.

4.1 Tipo de pesquisa

Pesquisar significa, de forma bem simples, procurar respostas para indagações propostas. Minayo (1993, p. 23), vendo por um prisma mais filosófico, considera a pesquisa como “atividade básica das ciências na sua indagação e descoberta da realidade. É uma atitude e uma prática teórica de constante busca que define um processo intrinsecamente inacabado e permanente. É uma atividade de aproximação sucessiva da realidade que nunca se esgota, fazendo uma combinação particular entre teoria e dados”.

Demo (1996, p.34) insere a pesquisa como atividade cotidiana considerando-a como uma atitude, um “questionamento sistemático crítico e criativo, mais a intervenção competente na realidade, ou o diálogo crítico permanente com a realidade em sentido teórico e prático”. Para Gil (1999, p.42), a pesquisa tem um caráter pragmático, é um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”. Dessa forma, pode-se dizer que trata-se de realizar um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos. A pesquisa é realizada quando se tem um problema e não se tem informações para solucioná-lo.

A pesquisa classifica-se como uma pesquisa de campo de abordagem descritiva e exploratória. De acordo com Gil (2008), a exploratória possui como objetivo a familiarização do pesquisador com um assunto ainda pouco conhecido. O autor destaca que assim como qualquer pesquisa, se faz necessário anteriormente um estudo bibliográfico sobre o assunto tratado, mesmo que se tenham poucas referências disponíveis, tendo como intuito verificar em que posicionamento o tema tratado estava, explorando os resultados que já foram verificados.

A partir da exploração do tema abordado descreve-se o que foi observado na pesquisa, fator que a caracteriza como descritiva. Conforme define Gil (2008), esse tipo de pesquisa é responsável pela descrição de uma população, de um fenômeno ou de uma experiência.

A pesquisa de campo realizada caracterizou-se como uma etnográfica, isso porque, para construção do produto educacional com tópicos de Física Quântica para o Ensino Médio foi necessário se valer do conhecimento adquirido ao longo dos anos, bem como das experiências vividas em sala de aula enquanto professor de Física do Ensino Médio, essa observação de longo tempo também trouxe subsídio para o desenvolvimento desta pesquisa. A pesquisa etnográfica, de acordo com Erickson (2001) abrange a observação e a participação por um longo período no cenário de estudo, com o intuito de familiarizar pesquisador ao cotidiano local dos participantes, assim, poderá compreender e interpretar a maneira própria com que as pessoas veem a si mesmas, suas experiências e o ambiente que as rodeiam. Dessa forma, a escolha pela pesquisa etnográfica se deu pelo fato do tema desta dissertação exigir um contato com a realidade, o que é permitido por este tipo de pesquisa, onde o pesquisador necessita ter contato com o objeto pesquisado, interagindo com a realidade, construindo seus conhecimentos, interpretando e compreendendo o seu objeto de pesquisa.

A pesquisa etnográfica consiste na prática das observações sistematizadas de campo, relatos, entrevistas e outros tipos de procedimentos, utilizando-se muito de narração, descrição, interpretação e compreensão, sendo estes processos aplicados à análise do objeto de estudo com vistas a conduzir suas investigações. Este tipo de pesquisa busca explorar a capacidade que cada ator social possui de aprender novas culturas, sendo bastante utilizada nas ciências sociais, especialmente, na Antropologia, sendo, atualmente, ampliada para as diversas áreas do conhecimento, sendo a educação uma delas.

De acordo com Hammersley (1990 apud FINO, 2003 p. 4) adota-se a pesquisa etnográfica especialmente quando:

- O comportamento das pessoas é estudado no seu contexto habitual
- Os dados são recolhidos através de fontes diversas, sendo a observação, a aplicação de questionários e a conversação informal importantes;
- Se estuda apenas um grupo restrito de pessoas;
- A análise dos dados envolve interpretação de significado e assume uma forma descritiva e interpretativa, tendo a (pouca) quantificação e análise estatística incluída, um papel meramente acessório.

Nesse sentido, é possível dizer que a pesquisa proposta neste estudo enquadra-se nesse tipo de abordagem metodológica. Contou-se com esse contato com a realidade tanto por parte deste pesquisador, quanto pelos participantes da pesquisa que também são professores de Física atuantes com alunos do Ensino Médio.

4.2 Natureza da Pesquisa

Essa pesquisa assume natureza qualitativa, pois se propõe a identificar aspectos relevantes ao ensino e aprendizagem de Física Quântica no ensino médio, tais como, motivação e dificuldade do professor ao ensinar esse tema. Neste trabalho, segue-se a proposta da abordagem qualitativa que se preocupa com o comportamento dos acontecimentos, analisando os porquês de determinado problema, com a finalidade de analisar e descobrir os fatos. De acordo com Richardson (1999, p. 30) “os estudos que empregam uma metodologia qualitativa podem descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos vividos por grupos sociais”.

A pesquisa qualitativa tem sido bastante utilizada nas pesquisas da área educacional, esta que possui um campo vasto de pesquisas teóricas, o que pode ajudar ao pesquisador a compreender a realidade. A pesquisa qualitativa etnográfica tem se mostrado bastante promissora na área, haja vista que é baseada na observação das ações humanas e sua interpretação sob o ponto de vista das pessoas que praticam a ação. De acordo com André (1995, p. 17) a pesquisa qualitativa

Se contrapõe ao esquema quantitativista de pesquisa (que divide a realidade em unidades passíveis de mensuração, estudando-as isoladamente), defendendo uma visão holística dos fenômenos, isto é, que leve em conta todos os componentes de uma situação em suas interações e influências recíprocas.

Assim, a pesquisa qualitativa se preocupa com a observação do fenômeno a ser estudado, buscando entendê-lo em profundidade, por meio de descrições, interpretações e comparações, o que justifica a escolha por esta abordagem, já que para o desenvolvimento deste projeto foi necessário estabelecer uma relação entre o pesquisador e o fenômeno estudado.

4.3 Sujeitos da Pesquisa

Os professores de Física atuantes no Ensino Médio de escolas públicas e privadas brasileiras. Na primeira etapa de pesquisa participaram um total de 50 professores e na segunda etapa de pesquisa participaram 20 professores no total.

4.4 Processo de Coleta de Dados

O processo de coleta de dados desta pesquisa foi realizado em duas etapas, sendo que na primeira etapa foi realizado um levantamento das dificuldades dos professores em abordar Física Quântica. Enquanto na segunda etapa da coleta de dados foi realizada uma avaliação do Produto Educacional por professores de Física do Ensino Médio a partir de um questionário estruturado.

4.4.1 Pré-Análise: Levantamento das dificuldades dos professores em abordar Física Quântica

Inicialmente, foram aplicados questionários para professores com o intuito de investigar as dificuldades que eles apresentam para trabalhar a temática em questão. O questionário aplicado nesta etapa foi composto por duas questões, sendo que a segunda questão trouxe cinco itens voltados para os professores que tivessem respondido positivamente na primeira questão.

Conforme narrado por Marconi e Lakatos (2006) quanto à escolha do tipo de questão utilizou-se a classificação proposta na literatura estudada. Segundo esta classificação, as perguntas podem ser: abertas, fechadas (dicotômicas), fechadas (tricotômicas) ou de múltipla escolha. Neste estudo optou-se por questões dicotômicas, verificando-se questões abertas e fechadas para análise das dificuldades dos professores em abordar Física Quântica.

As vantagens desse tipo de perguntas são a coleta de uma quantidade maior de dados, não é influenciada por respostas predeterminadas e são de fácil elaboração. Elas têm as seguintes desvantagens: são de difícil tabulação e análise e podem surgir dificuldades de entendimento como, por exemplo, letra ilegível, erro de redação, etc. A partir das

dificuldades levantadas foi elaborado um guia didático que possa atender as suas necessidades.

4.4.2 Elaboração do Produto Educacional

O guia didático é confeccionado no formato de uma sequência didática (SD), apontando conhecimentos prévios e motivações para que professores e alunos utilizem esse material. Neste item destaca-se a importância de uma boa elaboração de sequência didática para aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem. No caso deste estudo, tem-se a busca de trazer tópicos de Física Quântica para aplicação no Ensino Médio, sendo este elaborado com base nos resultados encontrados na pré-análise.

Zabala (1998) destaca que uma sequência didática compreende os princípios e métodos utilizados pelos professores para permitir a aprendizagem dos alunos. Essas estratégias são determinadas em parte no assunto a ser ensinado e em parte pela natureza do aprendiz. Complementando, Bronckart (2003) afirma que para que um método de ensino particular seja apropriado e eficiente, ele deve estar em relação com a característica do aprendiz e com o tipo de aprendizagem que é suposto produzir.

Por essa razão, compreende-se que sugestões para projetar e selecionar os métodos de ensino devem levar em conta não só a natureza do assunto, mas também a forma como os alunos aprendem e o contexto em que vivem, buscando demonstrar a utilidade dos conteúdos em seu cotidiano. Na escola de hoje, a tendência é que os docentes busquem incentivar a criatividade de seus alunos.

Conforme Cristóvão (2002) é um fato conhecido que o avanço humano vem através do raciocínio e que esse raciocínio e pensamento original aumentem a criatividade. Por isso, as abordagens para o ensino podem ser amplamente classificadas como centradas nos professores e centradas no aluno. Na abordagem centrada no professor para a aprendizagem, os professores são a principal figura da autoridade neste modelo.

Como lembra Cristóvão (2007) os alunos são vistos como "vasos vazios" cujo principal papel é receber passivamente informações (através de palestras e instruções diretas) com o objetivo final de testes e avaliações. Assim, é o papel principal dos professores transmitir o conhecimento e a informação aos seus alunos. Ou seja, o papel principal do professor é capacitar e facilitar a aprendizagem dos alunos e a compreensão geral do material.

Todavia, ao contrário desse papel predominante do professor e dessa concepção de alunos como “vasos vazios”, neste estudo pretende-se considerar que alunos de Ensino Médio já trazem consigo uma bagagem teórica e de vivência em seu meio social que precisam ser consideradas, demonstrando que o conteúdo a ser aprendido não é apenas um conjunto de símbolos matemáticos que em nada contribuirão para suas vidas, afastando-se do tradicional modelo de ensino com conceitos distorcidos, linguagem de difícil entendimento, poucas contextualizações e muitos exercícios repetitivos, o que torna inadequado o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático dos alunos.

Faz-se importante mencionar que a aprendizagem do aluno é medida através de formas de avaliação formal e informal, incluindo projetos grupais, carteiras de estudantes e participação em classe. Ensino e avaliações estão conectados; a aprendizagem do aluno é medida continuamente durante a instrução do professor (BERNARDI, 2009). Por essa razão, os métodos de ensino comumente utilizados podem incluir participação em turma, demonstração, recitação, memorização ou combinações destes. Um dos principais meios de se obter todas essas características no processo de ensino, segundo Cristovão (2007) está em uma sequência didática adequada ao tipo de aula e seus respectivos alunos.

Diante disso, a sequência didática proposta nesta pesquisa busca uma aprendizagem significativa dos alunos, buscando o seu interesse na aprendizagem dos tópicos de Física Quântica, partindo do pressuposto que, para tanto, eles precisam conhecer a importância e a aplicação desse conteúdo no mundo real, deixando que eles percebam que mais do que um conteúdo de teórico vazio, se configuram como um dos mais importantes campos da atualidade, estando inserido, por exemplo, nas tecnologias que envolvem seu dia a dia.

4.4.3 Pós-Análise: Avaliação do Produto Educacional

A avaliação do guia didático foi feito através de um questionário aplicado aos Professores de Física do Ensino Médio que assumiram uma postura de avaliadores. O produto educacional foi apresentado aos professores que passaram um período médio de uma semana para sua avaliação, em seguida, precisaram responder a um questionário de nove questões dicotômicas. A análise foi relacionada à viabilidade, qualidade, pontos fortes e fragilidades do produto educacional apresentado e, conseqüentemente, darem o seu parecer.

4.5 Processo de Análise dos Dados

A análise dos dados coletados durante este estudo considerou a técnica da Engenharia Didática. De acordo com Artigue (1988), o termo engenharia didática é empregado para o trabalho didático comparável ao do engenheiro que se apoia em seus conhecimentos científicos para realizar um projeto preciso, contudo encontra-se obrigado a utilizar objetos mais complexos do que os empíricos da ciência, enfrentando na prática problemas que a ciência não quer ou ainda não tomou para si.

Artigue (1988) destaca características gerais da engenharia didática. Primeiramente a caracteriza por um esquema baseado na concepção, na realização, na observação e na análise de sequência de ensino. A engenharia didática pode ser distinguida em micro-engenharia e em macro-engenharia. A micro-engenharia tem em vista o estudo de determinado assunto levando em consideração a complexidade dos acontecimentos de sala de aula. A macro-engenharia compõe a complexidade da micro-engenharia com os acontecimentos relacionados ao ensino/aprendizagem, tornando-se assim mais difícil de ser realizada.

Outra característica citada pela autora são as pesquisas baseadas nas experimentações em sala de aula, pelo registro em que se situa e pelo método de validação que lhe são associados, sendo a realização desta metodologia em quatro fases: análises preliminares; concepção e análise a priori; experimentação; análise *posteriori* e validação.

A primeira fase trata-se das análises preliminares que é feita através de considerações acerca do quadro teórico didático e dos conhecimentos didáticos já adquiridos sobre o tema em questão. Essas análises são feitas principalmente para fundamentar o entendimento de engenharia, sendo aprofundadas no decorrer do trabalho e podem acontecer ou não, dependendo do objetivo da pesquisa, este que também determinará a profundidade dessa análise. Na segunda fase, a concepção e análise a priori, o pesquisador se baseia nas análises preliminares para delimitar o número de variáveis relacionadas ao sistema sobre o qual o ensino pode atuar, as chamadas variáveis de comando (ARTIGUE, 1988).

Tendo em vista facilitar a análise de uma engenharia, a autora distingue dois tipos de variáveis de comando:

Macro – didáticas ou globais: relativas à organização global da engenharia; Micro – didáticas ou locais: relativas à organização de uma sessão ou de uma fase, umas e outras, podendo ser variáveis de ordem geral ou variáveis dependentes do conteúdo didático visado pelo ensino. (ARTIGUE, 1988, p. 288)

A validação, mencionada anteriormente, na engenharia didática, constitui uma originalidade da engenharia didática, pois é fundamentalmente interna, instaurada a partir dessa fase. A autora ressalta que:

O objetivo da análise a priori é determinar no que as escolhas feitas, permitem controlar os comportamentos dos alunos e o significado de cada um desses comportamentos. Para isso ela vai se basear em hipóteses e são essas hipóteses cuja validação estará, em princípio indiretamente em jogo, na confrontação entre análise a priori e a análise a posteriori a ser operada na quarta fase (ARTIGUE, 1988, p. 293).

A análise a priori suporta uma parte descritiva e outra previsível, de acordo com Artigues (1988), trata-se de uma análise focada na situação didática que se quis estabelecer. Após essa fase inicia-se a análise a posteriori, esta que incide na última fase e se baseia nos dados recolhidos pela experimentação. Ainda nessa fase é realizado o tratamento dos dados relacionados à análise posteriori. A validação das hipóteses levantadas no início da engenharia resulta do confronto entre as análises a priori e posteriori.

Com a transcrição dessas fases que esquematizam a engenharia didática, a autora deixa transparecer os novos caminhos abertos por essa metodologia às práticas educativas em sala de aula, tendo a própria prática de ensino como objeto de investigação, deixando-a sujeita a modificações na medida em que são observados os resultados.

Pode-se dizer que trata-se de uma metodologia de pesquisa que tem como objetivo analisar as situações didáticas e caracteriza-se por sua forma peculiar de organização dos procedimentos metodológicos do estudo em educação matemática que considera a dimensão teórica e a experimental.

Assim, fica evidente a relevância da engenharia didática como uma metodologia facilitadora e adequada para organizar a pesquisa no contexto da didática, vale ressaltar a contribuição dessa proposta metodológica na formação do professor, assim como para a produção do conhecimento do mesmo, em razão da reflexão e das dificuldades e dos empecilhos enfrentados.

5. Resultados e discussões

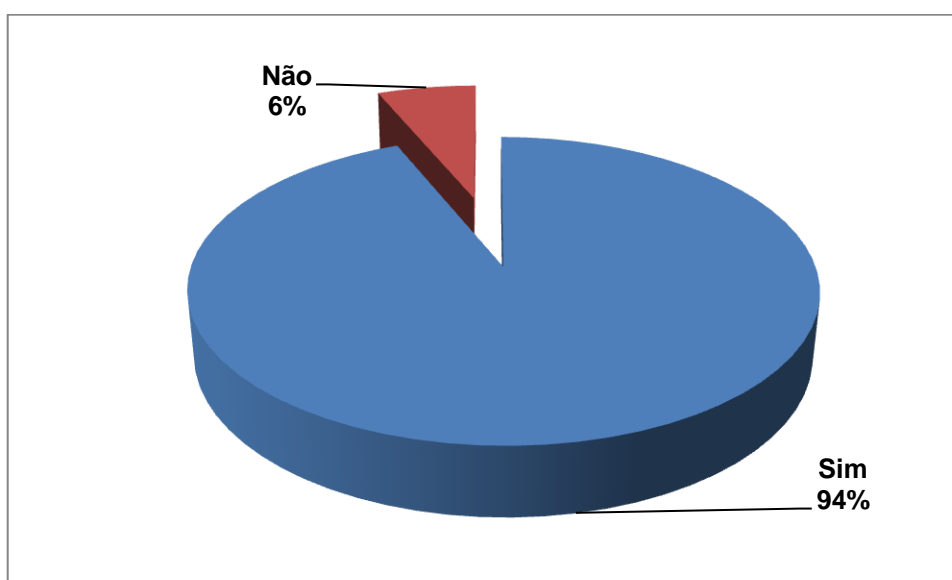
O presente capítulo traz os resultados encontrados durante a pesquisa realizada, procedendo-se com as discussões sobre os mesmos, com vistas a encontrar o melhor caminho para a promoção de uma aprendizagem significativa da Física Quântica com alunos do Ensino Médio.

5.1 Percepção dos professores sobre dificuldades para abordagem da Física Quântica no Ensino Médio

A primeira etapa da pesquisa consistiu na aplicação de questionários a professores de Física, onde se objetivou analisar alguns pontos no processo de se introduzir conceitos de Física Quântica para alunos do Ensino Médio. Este primeiro momento contou com a participação de 50 professores, onde apresentaremos as primeiras considerações.

O primeiro questionamento consiste em saber se o professor julga importante ensinar Física Quântica no Ensino Médio. O resultado é apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Percepção dos professores quanto a importância de se ensinar Física Quântica no Ensino Médio.



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Com relação a percepção dos professores quanto a importância do ensino de Física Quântica no Ensino Médio, a maioria dos participantes da pesquisa afirmam que é importante

lecionar Física Quântica no Ensino Médio, 94% (47) dos entrevistados são a favor do ensino da disciplina neste período da educação básica, somente 6% (3) professores não são a favor.

De acordo com Goswami (2015) grandes avanços tecnológicos como os supercondutores, os lasers, os transistores, dentre outros são oriundos da Física Quântica, contudo, mesmo a tecnologia fazendo parte da realidade dos alunos, não se consegue arrancar a significação matemática sem que seja relacionado a experimentos, assim, por vezes deve-se a não inclusão desta área da Física.

Diante da percepção dos professores neste quesito, buscou-se também uma justificativa para suas opiniões, os professores que julgam importante ensinar Física Quântica no ensino médio se justificaram e suas respostas estão aludidas no Quadro 1.

Quadro 1 – Justificativa dos professores que julgam importante ensinar Física Quântica no Ensino Médio

P1	A FMC é a prova de superação de desafios usando a ciência, o espírito questionador, além de dar impacto no desenvolvimento das tecnologias atuais.
P2	Pois, leva o aluno a uma nova visão da Física, saindo da Física Clássica no sentido da Física Contemporânea.
P3	Porque a Física Quântica Proporciona o avanço de novos horizontes para a evolução da tecnologia.
P4	Desde que seja algo bem mais teórico, sem a roupagem matemática do Ensino Superior. Considero uma das partes mais interessantes da Física.
P6	O ensino de Física Quântica é importante para o Ensino Médio, pois o professor aproximará dos alunos assuntos que fazem parte da Física desde o século passado. São assuntos importantes que fazem parte do mundo moderno. Estima-se que boa parte do PIB mundial está relacionado com Física Quântica.
P7	Para a pergunta importante digo sim, agora se é possível, aí já é outro nível. O aluno do ensino médio deveria sim ter contato com a quântica para obter uma nova visão em relação a Física no cotidiano. “importantíssimo”.
P8	Por se tratar de uma área de extrema importância na Física é indispensável o ensino de alguns tópicos de Física Quântica no ensino médio para ampliar o horizonte de ideias dos alunos.
P9	Pois vivemos em mundo que a Física Quântica está em evidência.
P10	Devido a “quebra” com a Física Clássica que os alunos veem em todo ensino médio, mostrando ao aluno uma nova visão de mundo.
P11	Para interagir, porque está presente em todos os meios em que vivemos. Conhecimento nunca é demais.
P12	Porque está mais próximo das linhas de pesquisa em Física. É importante ressaltar a aplicação do ensino de maneira mais teórica e simplificada.
P13	A Física Quântica está presente na tecnologia nos equipamentos, no nosso dia a dia e representa a grande explicação para os fenômenos em escala atômica que refletem no mundo macroscópico.

P14	Para uma melhor compreensão do mundo moderno.
P16	Para entender o mundo tecnológico em que vivemos.
P17	Desenvolvimento científico e desmistificar os mitos da física quântica no cultural da sociedade
P18	Para que o aluno consiga relacionar as inovações tecnológicas principalmente na área de eletrônica e afins, com os princípios físicos que permitiram essas inovações. Temas como quântica e relatividade despertam grande interesse nos alunos.
P19	Pois além de fazer parte do conhecimento conquistado pela ciência ela pode ser usada para promover o estudo da ciência.
P20	Porque trata da Física mais recente e atual.
P21	Por mais simples que seja a abordagem, é de suma importância que o aluno tenha noção de todo o conteúdo físico. Os conceitos e a obtenção deles na época, a parte histórica e a atualidade podem ser discutidos em sala de aula.
P22	É importante para que o aluno tenha alguma ideia a respeito de determinados temas que volta e meia são abordados pela mídia.
P23	Para inserir os alunos nas pesquisas e discussões mais recentes.
P24	É importante desenvolver no aluno capacidade de desenvolver coisas novas
P25	Pois a aplicabilidade da Física Quântica está mais próxima da realidade dos alunos
P26	Para que o aprendiz tenha noções básicas do mundo ao seu redor. Tenha uma visão interpretativa do desenvolvimento tecnológico.
P27	Porque os conceitos de Física Quântica estão presentes no dia a dia dos alunos do ensino médio através da mídia eletrônica e televisiva. E porque tal conteúdo pode ser introduzido de forma conceitual ancorado na cosmovisão prévia dos alunos e professores envolvidos. Tal conhecimento por parte dos alunos se faz necessário frente ao desenvolvimento natural nas áreas de conhecimento vinculado a indústria de mídia e alta tecnologia no Brasil e no exterior.
P28	Porque a MQ é a base para todas as outras áreas da Ciência e precisa ser encarada como tal pelos professores de ensino médio. Na química estuda-se átomos, vejo que na Física que deveria ser o local apropriado para se estudar isso, porém com o nível adequado.
P29	Os conceitos de Física Quântica são modernos e ajudam na construção dos conhecimentos necessários para o entendimento de tecnologias usadas na vida moderna.
P30	A Física Quântica faz parte dos conhecimentos da humanidade presentes na ciência e tecnologia do século XXI. A Física Quântica está em toda parte, sendo assim, um cidadão deve ter conhecimento básico da mesma.
P31	A Física Quântica traz no seu âmago uma nova, linda e nada intuitiva noção da realidade. É interessante que os pupilos já desde o ensino médio tenham contato com essa nova realidade. A grande dificuldade, em minha opinião, reside em preparar os alunos para essa realidade completamente diferente em relação com a que estão acostumados (ex: dualidade onda-partícula, entrelaçamento de partículas, etc). Os alunos em geral já demonstram certa resistência no tocante ao interesse pela física clássica. Neste sentido, acredito que a física quântica pode desenvolver grande curiosidade e conseqüentemente gerar o interesse também pela física clássica. Portanto, em minha opinião o grande desafio está em utilizar de forma eficaz

	esta possibilidade de atrair os pupilos.
P32	É importante ensinar Física Quântica porquê os próprios alunos gostam de falar da física moderna e o interesse é muito maior na parte teórica da mesma (qualitativa).
P33	Os alunos devem ter visão geral dos processos físicos no mundo quântico.
P34	Entendo que não é concebível os estudantes do Ensino Médio não terem acesso nas escolas, uma física que teve início a mais de 100 anos. Uma física que está presente nas tecnologias usadas no dia a dia dos estudantes. Entendo que no mínimo o estudo da física quântica tem que ser introduzido no ensino médio com o objetivo de aumentar a cultura científica dos jovens.
P35	Sim, é importante, muito do desenvolvimento da nossa sociedade atual se deve a mecânica quântica, a revolução que os dispositivos semicondutores trouxeram é um forte exemplo disso. Se queremos uma educação científica cada vez mais integrada e contextualizada é importante ensinarmos esses conceitos, em uma linguagem acessível ao público alvo.
P36	Sim. Pois os alunos tem a oportunidade de aproximação com os conceitos que são muito falados hoje em questões científicas e de novas tecnologias.
P37	Sim. É importante para o aluno ter uma visão da evolução tecnológica no cotidiano.
P38	Trata-se da física de nossos dias
P39	Porque a física precisa ser atualizada. Estamos no século XXI e quase totalidade da física abordada não passa do século XIX. A exposição de questões que o estudante se depara em sua grande parte está relacionado a física contemporânea. Acredito que a lista acima embora importante não seja suficiente para lidar com as questões contemporâneas. Fora o aspecto prático da física enquanto ciência, também acho que exista o aspecto da física enquanto conhecimento humano, atrelado ao século XXI, que apenas a física contemporânea é capaz de tratar adequadamente.
P40	Os alunos devem ter visão geral dos processos físicos no mundo quântico.
P41	Entender a matéria em toda sua plenitude e intimidade.
P42	Trata-se da física de nossos dias
P43	Em branco
P44	Em branco
P45	Aproxima o aprendiz da realidade e novas tecnologias
P46	Os alunos tem que ter uma visão geral do mundo que os cerca
P48	Em branco
P49	É o que temos de mais recente em pesquisas físicas e é bem interessante, porém o número de aulas não nos permite chegar a este conteúdo.
P50	É importante para conscientizá-los sobre os impactos do desenvolvimento tecnológico, criar novas possibilidades científicas tecnológicas em busca de melhores condições para o avanço da ciência.

Fonte: Dados primários da pesquisa (2019).

Observou-se que os professores a favor do Ensino de Física Quântica no Ensino Médio em sua maior parte justifica sua opinião pelo fato do assunto pertencer ao contexto da realidade do aluno, do dia a dia, das tecnologias, das descobertas, enfim, acreditam que a Física Quântica é a explicação de fenômenos que fazem parte da vivência, sobretudo em relação as tecnologias utilizadas.

Verifica-se ainda diante das justificativas dos professores que a inserção desse conteúdo para alunos do ensino médio e o fato de ser interligada a revolução tecnológica atual pode servir como papel motivador no processo de ensino e aprendizagem.

O professor P31 acredita “[...] que a Física Quântica pode desenvolver grande curiosidade e conseqüentemente gerar o interesse tanto pela Física Quântica como pela Física Clássica. Portanto, em minha opinião o grande desafio está em utilizar de forma eficaz esta possibilidade de atrair os pupilos.”

De acordo com Almeida (2018) em seu estudo realizado no ensino médio foi observado uma aprendizagem significativa nos alunos com a aplicação de atividades relacionadas à quantização de energia até o modelo atômico da Mecânica Quântica por meio de simulação com uso de computadores, contribuindo para o ensino da Física Quântica e garantindo efetiva participação dos alunos.

Com relação aos professores que não julgam importante o ensino de Física Quântica no Ensino Médio que foram apenas 6% (3) do total de participantes da pesquisa, o Quadro 2 apresenta suas justificativas.

Quadro 2 – Justificativa dos professores que julgam não ser importante ensinar Física Quântica no Ensino Médio

P5	Os alunos tem muita dificuldade e resistência em aprender a mecânica clássica imagina a Quântica.
P15	Porque o tempo para ensinar Física Quântica não é suficiente
P47	A Mecânica Quântica é ainda um assunto bastante controverso, mesmo entre físicos especialistas. Seu algoritmo de cálculo é consensual, mas seus fundamentos ainda são assuntos de grandes debates. Acho perigoso trazer este assunto para o ensino médio, onde os algoritmos de cálculo ainda não podem ser compreendidos, e interpretações exóticas podem aparecer. Talvez a única possibilidade seja apenas descrever os fenômenos quânticos tais como eles se apresentam nos experimentos, sem direcionamentos para qualquer uma das diferentes interpretações destes fenômenos. Sob este ponto de vista, apresentar o problema do corpo negro, o efeito fotoelétrico, os fenômenos de interferência quântica, os níveis quantizados de energia dos átomos, pode ser feito, mas os modelos descritivos destes fenômenos creio que não, pois pode levar a impressões errôneas sobre estes próprios fenômenos.

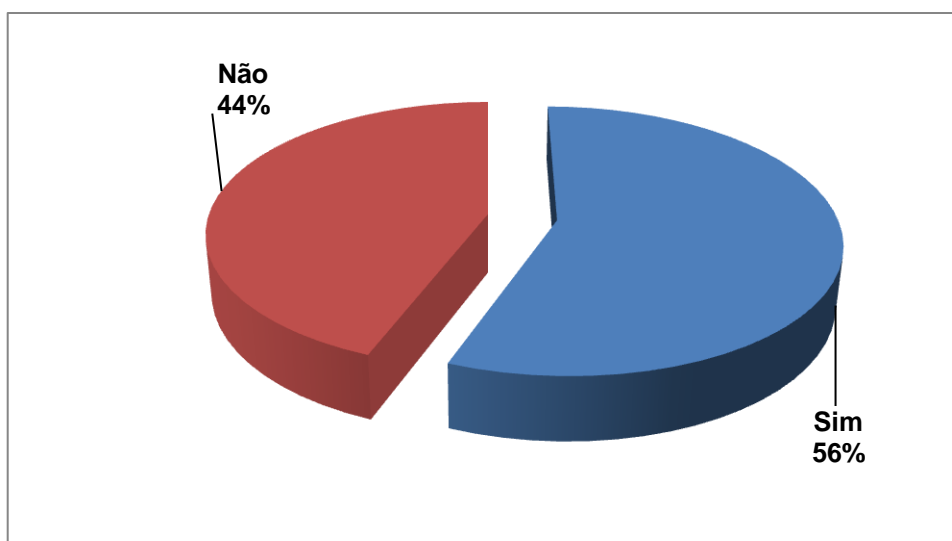
Fonte: Dados primários da pesquisa (2019).

Os professores que se opuseram a inserção desse conteúdo expõem alguns obstáculos para a abordagem do assunto, tais como a falta de tempo e a abstração matemática como fator relevante para essa dificuldade.

O professor P47 destaca ainda que a Física Quântica é um tema muito polêmico gerando bastante discussão inclusive entre físicos especialistas e mesmo com seu algoritmo de cálculo sendo de opiniões uniformes e consensuais a sua base ainda demanda de amplas alterações. Desta forma, o participante da pesquisa julga que é muito arriscado inserir este assunto no ensino médio, pois os algoritmos de cálculos neste período ainda não podem ser entendidos e interpretações avançadas provavelmente devem surgir.

Na sequência da pesquisa verificou-se junto aos professores se os mesmos já tiveram a experiência de abordar tópicos de Física Quântica no Ensino Médio. O resultado é apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Distribuição dos professores quanto a experiência de abordar tópicos de Física Quântica no Ensino Médio.



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Em relação aos participantes da pesquisa quanto a experiência de abordar tópicos de Física Quântica no Ensino Médio, percebeu-se que os professores estão divididos, precisamente 56% (28) já tiveram experiência com o tema e chegaram a abordar alguns tópicos com seus alunos, em contrapartida 44% (22) professores ainda não tiveram esta experiência.

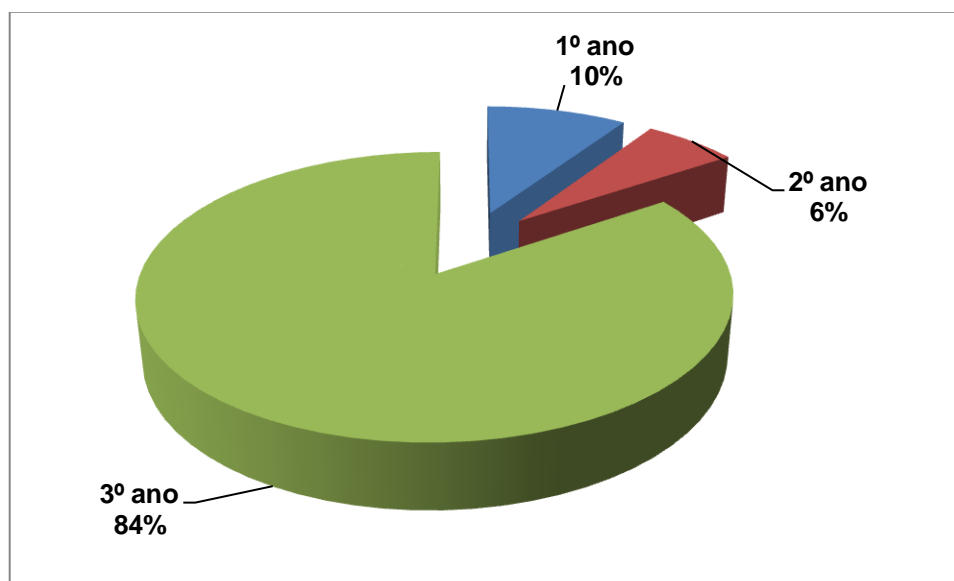
Rezende (2016, p. 189) destaca em relação à abordagem de Física Quântica por meio de leituras introdutórias da ciência dos próprios cientistas em sala de aula que está prática faz com que:

[...] o estudante, ao se relacionar com a ciência na escola, fica muitas vezes limitado a poucas possibilidades e que são fortemente sedimentadas. Temos notado, como no caso da física, que essa relação fica restrita à resolução exaustiva de exercícios puramente em linguagem matemática, e sequer ultrapassando a física clássica. Nessas relações estanques, também já é fixado tacitamente de antemão o que não é o papel da escola em certos âmbitos, como por exemplo, a leitura no ensino das chamadas ciências naturais. Portanto, quando nos preocupamos com a diversificação de linguagens para o desenvolvimento de conhecimentos escolares, inclusive no ensino de física, reafirmamos o intuito fundamental de promoção da cultura da sociedade em suas mais variadas formas, incluindo a científica, no tocante a esta importante instituição que é a escola.

Desta forma, verifica-se que por mais simplória que seja a abordagem, ela terá relevância e desempenhará um papel de importância para o assunto, sobretudo quando o caso é introduzi-lo.

Quanto aos professores que abordaram tópicos de Física Quântica no Ensino Médio, foi perguntado em que nível (série) fez a abordagem do assunto. Diante disso, tem-se o resultado apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Distribuição dos professores quanto ao nível do Ensino Médio que abordaram tópicos de Física Quântica.

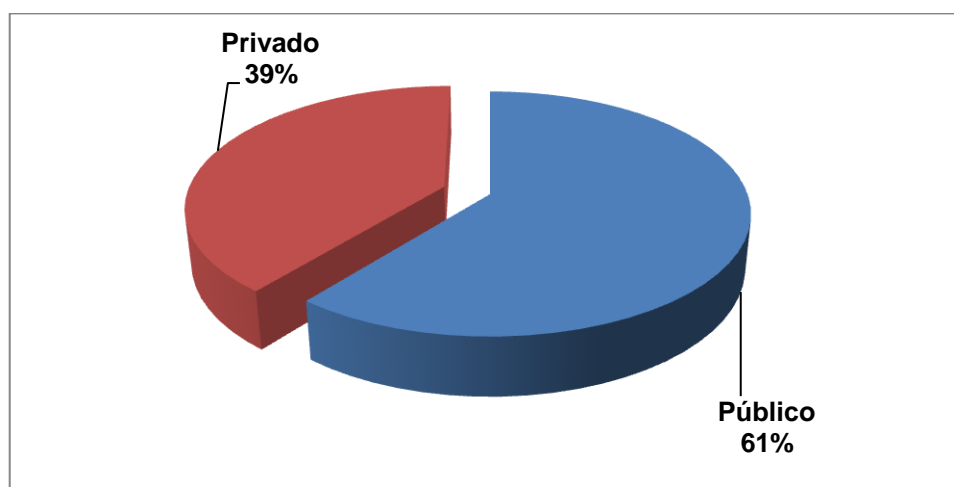


Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Com relação ao nível que os professores abordaram assuntos de Física Quântica no Ensino Médio a maioria deles, 84% (27) realizou a abordagem do assunto no 3º ano, 10% (3) fizeram explanações da Física Quântica logo no 1º ano e somente 6% (2) professores tiveram a experiência no 2º ano.

Outro ponto averiguado foi em que escola a abordagem foi feita, se foi realizada na escola pública ou na escola da rede privada. O resultado está no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Distribuição dos professores quanto a esfera (ensino público ou privado) que abordaram tópicos de Física Quântica.

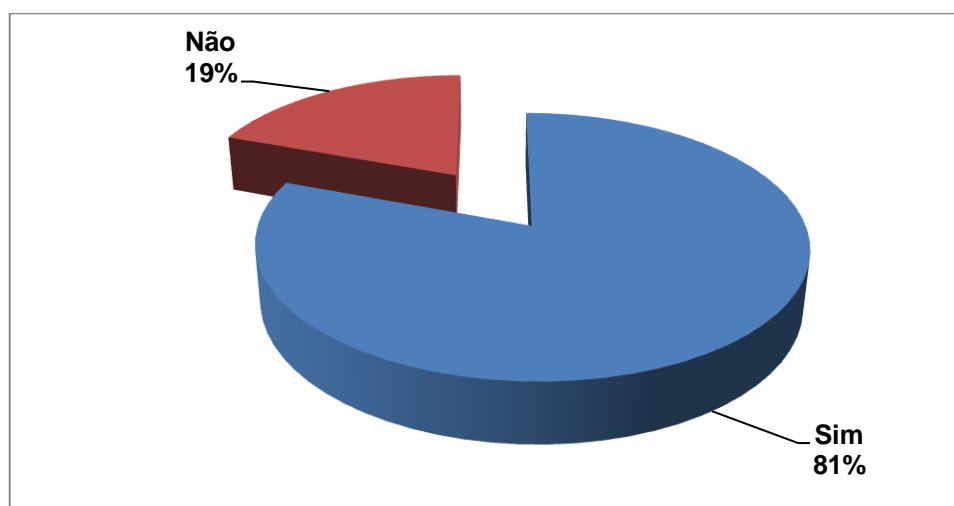


Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Quanto ao tipo de escola que abordaram tópicos de Física Quântica, 61% (17) dos professores lecionaram em escola pública e 39% (11) professores na rede privada de ensino. Percebe-se que pelo número de participantes da pesquisa, há um certo equilíbrio neste quesito.

Um fator importante que foi averiguado com a pesquisa foi a percepção dos professores diante da abordagem da Física Quântica em relação aos assuntos de física tradicionais. Foi perguntado aos participantes da pesquisa se foi observado maior interesse comparativamente aos tópicos tradicionais. O resultado é apresentado no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Percepção dos professores quanto ao interesse dos alunos pela abordagem de tópicos de Física Quântica comparativamente aos tópicos tradicionais.



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Com a abordagem de Física Quântica em sala, 81% (25) professores perceberam que os alunos demonstraram mais interesse pelo assunto em relação aos abordados corriqueiramente e somente 19% (6) não tiveram esta percepção.

Lima e Ricardo (2015) realizaram estudo inserindo de maneira atrativa e leve a Física Quântica no Ensino Médio e destacaram acerca da experiência que tiveram em sala de aula alertando:

[...] conseguimos despertar um interesse maior pela física por parte dos alunos e novas pesquisas se fazem necessárias para que novos recursos metodológicos que articulem a física com a literatura possam ser mais frequentes nos demais conteúdos de física de EM, inclusive na física clássica. Pesquisas teóricas também são necessárias e urgentes, para se estudar o real papel que a leitura pode desempenhar em relação ao desenvolvimento da abstração científica (LIMA E RICARDO, 2015, p. 7)

Assim, percebe-se que uma abordagem diferenciada da Física Quântica inclusive pode ser instrumento e ponte para se atrair o aluno para a Física Clássica, acabando com o estigma que a disciplina tem perante a maioria dos alunos do Ensino Médio.

Os professores também responderam sobre as dificuldades para abordar Física Quântica no Ensino Médio. O resultado é apresentado com o discurso dos participantes da pesquisa reproduzidos integralmente no Quadro 3.

Quadro 3 – Dificuldades apontadas pelos professores para abordar Física Quântica no Ensino Médio

P1	Principalmente materiais por parte dos alunos: rigor matemático.
P2	Cálculos com graus acima do que os alunos podem realizar. Abstração complexa por conta do aluno.
P3	Atividades experimentais.
P4	O não conhecimento do cálculo diferencial e integral.
P5	Só foi abordada a parte teórica de forma superficial, mas os alunos não manifestam interesse em continuar com o assunto.
P6	Falta de material apropriado, livros textos deficientes, tempo destinado a essas aulas geralmente não são suficientes, falta de cobrança do tema nos exames vestibulares e principalmente no ENEM.
P7	Base Curricular. “Tempo” é difícil introduzir os temas dentro do prazo em uma escola pública.
P10	Carga horária da disciplina de Física no Ensino Médio.
P11	Os alunos veem com a cultura que Física é muito difícil, portanto acredito que se for introduzida a partir do 9º ano teria um bom desempenho.
P13	Acredito que a grande dificuldade está na falta de divulgação da Física Moderna.
P14	Ausência de experimentos
P16	Uma abordagem abstrata seria comum neste tema, isso dificulta o entendimento.

P17	Tempo é o mais interessante em abordar tópicos que caem em concurso.
P18	Carga horária.
P19	Não ser ou fazer parte do dia a dia deles diretamente.
P21	A falta de maturidade e conhecimentos prévios dos alunos por serem do 1º ano do ensino médio.
P22	Falta de base por parte dos alunos para a melhor compreensão do fenômeno
P23	O contato que eles tiveram com o átomo através da química e o fato de não estudarem as citações.
P24	Interesse do aluno e algebrismo matemático
P25	O cronograma a ser seguido nas escolas
P26	Carga horária, falta de interesse dos alunos, falta de preparo do professor na Universidade para abordar esses temas de maneira clara e que mostre para o aluno sua aplicabilidade.
P27	Creio que a maior dificuldade esteja na formação de professores, pois estes devem dominar o tema para que de forma natural consigam buscar formas de ancorar tais conceitos a vivência comum dos alunos. Se o professor não se sente confortável em lecionar tais assuntos não terá a percepção necessária para ancorar tais conceitos ao campo conceitual de cada aluno envolvido.
P28	A complexidade do assunto em nível conceitual e a matemática também é complexa.
P39	Embora alguns alunos estejam muito mais interessados nesse conhecimento, há um problema de ordem prática fundamental, pois em geral são conhecimentos muito pouco cobrados no ENEM e vestibulares locais. Mesmo a nossa instituição sendo técnica, nossos estudantes tem grande índice de aprovação e estão focados nesse resultado. Por esta razão, eles demandam mais tempo na física clássica, conteúdo tradicional desses exames.
P41	Abstração
P45	A abstenção e a pouca carga horária.
P46	Recursos na escola e livros com uma linguagem acessível.
P49	No único ano que consegui trabalhar apresentei como forma de trabalho através de perguntas.
P50	Não houve dificuldades.

Fonte: Dados primários da pesquisa (2019).

Dificuldades em abordar tópicos inerentes a Física Quântica foram apontados pelos professores e o que se percebe é que os problemas encontrados são das mais diversas circunstâncias. Destacam-se pontos difíceis como: abstração, dificuldade e complexidade nos cálculos matemáticos, pouca carga horária, formação dos professores, ausência de experimentos, dentre outros.

O fato de não ser um assunto cobrado pelos exames para vestibular como o ENEM também foi citado como uma barreira para introduzir o assunto em sala. O professor P27 destaca que os professores não possuem formação adequada para transmitir o assunto de maneira coesa e natural, contextualizando a temática ao ponto de trazer para a vivência do

aluno e completa que o professor não se sentindo a vontade para explicar um assunto ele não terá automaticamente a destreza de inserir aquele assunto no cotidiano do aluno.

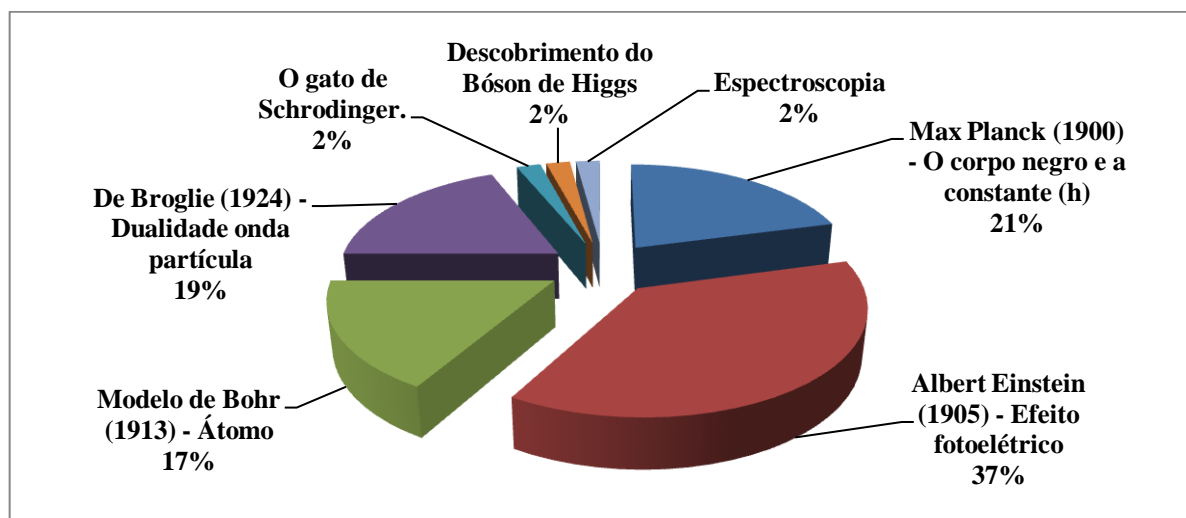
Pagliari e Almeida (2015, p. 1) ressaltam acerca da necessidade de contextualização do processo de ensino e aprendizagem de Física Quântica no Ensino Médio:

[...] quando consideramos o ensino de física em sala de aula, compreendemos que a ênfase dada à linguagem formal durante as aulas, com ênfase na linguagem matemática, parece ser considerada suficiente para que o aluno aprenda. Porém, ao resolver exercícios envolvendo a temática do capítulo do livro ou apostila, poucas oportunidades são dadas ao estudante para que ele se posicione enquanto membro participativo do meio em que está inserido, relacionando o tema estudado com a cultura da sociedade em que vive.

Percebe-se que os autores corroboram com o resultado da pesquisa realizada neste estudo acerca das abordagens de Física Quântica em sala de aula no Ensino Médio, haja vista que entre as justificativas para inserção do assunto prevaleceu entre as mais citadas o fato do assunto fazer parte do cotidiano dos alunos, sobretudo da tecnologia que avança e invade a rotina, e entre as dificuldades a contextualização e aproximação do tema com a vivência também foi mencionado pelos professores, ratificando a importância de contextualizar a Física Quântica no dia a dia dos alunos.

Encerrando esta primeira etapa da pesquisa, os professores a seguinte pergunta: Em sua experiência com Física Quântica no Ensino Médio, que tópicos foram abordados? Os assuntos mais relevantes estão representados no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Tópicos abordados pelos professores em suas experiências com Física Quântica no Ensino Médio



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Entre os assuntos mais abordados da Física Quântica no Ensino Médio está o efeito fotoelétrico de Einstein (1905) com 37% (8) dos professores afirmando ter explorado o assunto em sala, em seguida os assuntos mais abordados entre os participantes da pesquisa em sala de aula foram o corpo negro e a constante (h) de Planck (1900) com 21% (10) e a dualidade onda partícula de De Broglie (1924) com 19% (9) dos professores utilizando o tópico, com 17% (8) das abordagens aparece o Modelo atômico de Bohr (1913) e o gato de Schrodinger, Descobrimto do Bóson de Higgs e a Espectroscopia surgem todos com 2% (1) entre os tópicos abordados.

Vale ressaltar que o resultado colhido nesta etapa da pesquisa serve como subsidio para o Produto Educacional a ser desenvolvido neste estudo. Serão consideradas todas as evidências e questionamentos percebidos com o resultado, a fim de desenvolver um material fidedigno e compatível com os anseios dos professores, facilitando o suporte ao processo de ensino e aprendizagem da Física Quântica no Ensino Médio.

4.2 Produto Educacional

O Produto Educacional consiste num guia didático para o professor trabalhar o estudo da Física Quântica com alunos do Ensino Médio, tendo como finalidade auxiliá-lo em sua prática docente, fornecendo-lhe ferramentas que servirão como suporte para introduzir esse novo conteúdo. Essas ferramentas são compostas de sugestão de vídeos, experimentos com material concreto de baixo custo, laboratório virtual e outros.

O material foi produzido com base nos anseios e dificuldades que os professores participantes da primeira etapa da pesquisa deste estudo demonstraram. Percebeu-se com o resultado que os professores possuem dificuldades em relação ao encaixe do assunto em sala devido a carga horária, ausência de subsunçores, falta de material para aplicação do tema, dentre outros. Assim, diante desta percepção buscou-se inserir da forma mais prática e contextualizada a Física Quântica.

O Produto Educacional é voltado para o desenvolvimento da aprendizagem significativa, partindo da abordagem diagnóstica do conhecimento prévio do aluno e após a introdução desses subsunçores o guia didático traz os estudos sobre a Física Quântica a partir das contribuições de Planck, efeito fotoelétrico, dualidade onda-partícula, evolução dos

modelos atômicos, átomo de Bohr e a quantização dos níveis de energia, contribuições de Schrodinger e Heisenberg e introdução ao conceito de spin relacionado à mecânica quântica.

O guia foi produzido com base no conhecimento prévio dos alunos acerca do conceito de onda, dentre os quais vale destacar: conceitos de cinemática como posição, velocidade e momento; natureza (mecânica ou eletromagnética); velocidade e comprimento de onda e frequência; fenômeno ondulatório (Interferência) e medidas precisas e indeterminação.

Estes conceitos e noções atuarão como subsunçores que servirão de âncora para introduzir os conceitos introdutórios de Física Quântica, visto que serão importantíssimos para entender o experimento da dupla fenda e para compreensão dos conceitos de determinismo e incerteza ligados ao comportamento de dualidade (onda – partícula), podendo-se dizer que serão o marco necessário para sair da Física clássica para adentrar ao “universo” da Física Quântica.

Após a introdução desses subsunçores, o guia propõe estudos sobre a Física Quântica a partir das contribuições de Planck, efeito fotoelétrico, dualidade onda-partícula, evolução dos modelos atômicos, átomo de Bohr e a quantização dos níveis de energia, contribuições de Schrodinger e Heisenberg e introdução ao conceito de spin relacionado à mecânica quântica.

A lógica proposta no Produto Educacional tem uma sequência que se inicia com os subsunçores, logo em seguida é feita a abordagem do tópico de Física Quântica com base no conhecimento já adquirido pelo aluno, após o entendimento, a assimilação do assunto se dá quando é colocada em prática todo o aprendizado por meio de experimentos simples, recursos tecnológicos (simuladores) e outros recursos.

Diante disso, a aprendizagem passa a ser significativa, seja pela descoberta onde o aluno produz seu próprio entendimento e tira suas próprias conclusões acerca do problema que é levantado. Ou seja, a assimilação se dá por meio do entrelace dos subsunçores que o aluno monta no processo de descoberta.

Outro meio de se obter aprendizagem significativa é pela recepção, onde o aluno recebe todas as informações e lapida, trabalha e monta o material fornecido conforme o que tem disponível em sua estrutura cognitiva. É nesta modalidade onde o aluno vai expor o que aprendeu significativamente por meio de simuladores, seminários e aulas expositivas.

O conteúdo do Produto Educacional inicia-se com a proposta de abordagem acerca dos significados da palavra onda e os acontecimentos importantes relacionados a ondas gravitacionais, ondas na Geofísica com investida em terremotos, tsunamis e ondas de Spin, os aspectos gerais como os elementos que compõem a onda, sua classificação em mecânicas e eletromagnéticas e os fenômenos ondulatórios.

Após a abordagem do tópico de onda e passado aos alunos o conhecimento prévio necessário para a introdução a Física Quântica, são propostos tópicos sobre Max Planck (1900), o corpo negro e a constante (h), Albert Einstein (1905): efeito fotoelétrico, a contribuição de Heinrich Hertz e voltando a Einstein: função trabalho (w) e a solução para o efeito fotoelétrico.

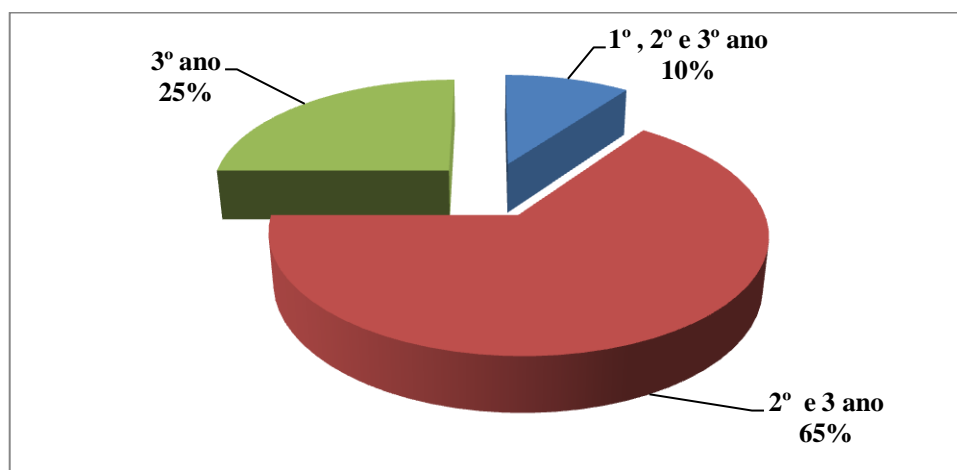
Diante do Guia Didático finalizado, o mesmo foi apresentado a professores de Física do Ensino Médio para apreciação e viabilidade de uso efetivo para introdução do tema para os alunos de 1º, 2º e 3º ano. No tópico seguinte é apresentado o resultado da percepção dos professores sobre o produto educacional.

5.3 Percepção dos professores sobre o produto educacional

Após a finalização do Produto Educacional o Guia para os professores foi submetido a uma análise de qualidade e viabilidade para aplicação do conteúdo constante no material sobre Física Quântica nas turmas do Ensino Médio. A segunda etapa da pesquisa contou com a participação de vinte professores de Física do Ensino Médio que responderam questionário com nove questões. Destaca-se que esta etapa da pesquisa consistiu na adequação do Produto Educacional conforme as considerações dos professores. Ressalta-se que todas as ponderações foram bem vindas e criteriosamente analisadas para inclusão ou não na versão fina do material didático.

Inicialmente a pesquisa buscou averiguar para qual nível do Ensino Médio o material está adequado e obteve o resultado apresentado no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Opinião dos professores em relação ao(s) nível (is) que o Produto Educacional se adéqua.



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Com relação ao nível que o material didático se adéqua, 65% (13) dos professores afirmam que o material didático está adequado para alunos do 2º e 3º anos do Ensino Médio, 25% (5) professores acreditam ser possível adequar o guia didático somente ao 3º ano e 10% (2) julgam que o material se adéqua aos três níveis do Ensino Médio.

Observou-se também as justificativas dadas pelos professores ao informar qual nível ou níveis o Produto Educacional se adequaria. Assim, tem-se na íntegra as respostas dadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Justificativas dos professores em relação ao(s) nível (is) que o Produto Educacional se adéqua.

P1	Por que já vivenciaram os conceitos de onda apresentados na parte 01. Também podemos citar o grau de maturidade para o entendimento da Física Quântica.
P2	Pois os conteúdos que foram expostos como essencial para o bom entendimento da FQ é colocados nas series anteriores. No 1º ano:(Cinemática) e 2º ano ondulatória.
P3	Por que o estudante do terceiro ano já estudou todos os conceitos importantes para a compreensão dos conceitos básicos de Física Quântica.
P4	Geralmente o assunto Ondas é ensinado no segundo bimestre do 2 ano.Iniciar os conceitos básicos de Física Quântica a partir do terceiro bimestre do 2 ano e aprofundar-se no 3 ano.
P5	Pois é etapa onde o estudante apresenta maior capacidade de sintetizar conceitos abstratos e complexos que é a Física Quântica.
P6	Porque apresentam conhecimento suficiente para a compreensão desse novo conhecimento.
P7	Pois o aluno do terceiro ano já tem maior vivência relacionada ao conteúdo que será pré- requisito para compreender conceitos de FQ.
P8	A partir do segundo ano é bem interessante, pois esses alunos já vivenciaram o conceito de onda, e possuem um conhecimento mínimo para compreender conceitos de Física Quântica.
P9	Ao nível do segundo e terceiro ano do ensino médio. Eles terão mais maturidade nos conceitos físicos apresentados e mediados pelo educador. Permitindo uma construção do conhecimento gradativamente.
P10	Pois já possuem conhecimento suficiente para ter contato com esse conhecimento novo e atual.
P11	Apenas no 3º ano. Os conceitos são muito abstratos para serem abordados em séries anteriores. É de grande importância para aproximar o estudante das inovações tecnológicas.
P12	O material tem uma abordagem adequada para os três níveis,no entanto deve-se ter uma abordagem diferente,no 3º ano acredito em uma maior facilidade por já possuem um conhecimento anterior e maturidade para compreender esses conceitos.
P13	Muitos conceitos discutidos envolvem eletromagnetismo, que usualmente é visto no terceiro ano do ensino médio.
P14	O nível do material está condizente com alguns dos conceitos e teorias que são abordados geralmente nestas duas séries do ensino médio.
P15	Alunos do 2º e 3º ano já possuem conhecimento e maturidade para entender conceitos complexos. Os alunos já estudaram os conceitos de velocidade, aceleração, momento e conhecimentos de ondulatória. Esses conceitos clássicos são importantíssimos para que o aluno tenha a noção dessa transposição (Física Clássica para a Quântica).
P16	Acho adequado aos 3 anos. Entendo que o aprendizado não é linear e precisamos quebrar o paradigma do pré-requisito. Já tive experiências ensinando conteúdo de Física contemporânea no primeiro ano e penso que o resultado foi positivo.
P17	Pois nesse nível o aluno já terá base de dois anos do Ensino Médio.
P18	Está adequada a todos os níveis, no entanto, com abordagens diferentes para cada nível.
P19	O conteúdo de ondas é facilmente aplicado no 2º, o de Quântica fica melhor no 3º ano pois os alunos já tem uma facilidade com a Física.
P20	O conteúdo de ondas é facilmente aplicado no 2º, o de Quântica fica melhor no 3º ano pois os alunos já tem uma facilidade com a Física.

Fonte: Dados primários da pesquisa (2019).

Verificou-se nos discursos dos professores em suas justificativas, que a maioria afirma que o material se adéqua melhor as turmas de 2º e 3º anos e a principal justificativa foi o fato de já possuírem os subsunçores necessários para a aprendizagem significativa proposta no estudo. O discurso do professor P12 ressalta que o material é adequado inclusive para os alunos do 1º ano, contudo alerta que o “[...] material tem uma abordagem adequada para os três níveis, no entanto deve-se ter uma abordagem diferente no 3º ano. Acredito em uma maior facilidade por já possuem um conhecimento anterior e maturidade para compreender esses conceitos”.

Na seqüência da pesquisa verificou-se a opinião dos professores em relação a seqüência de apresentação dos conteúdos, bem como se esta contribui para a eficácia da aprendizagem. O resultado é apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Opinião dos professores em relação à seqüência de apresentação dos conteúdos, contribuição para a eficácia da aprendizagem e possíveis sugestões de alterações.

P1	Sim. Sem alterações.
P2	Sim.
P3	Sim. A sequencia está adequada para facilitar a aprendizagem, sendo de grande importância para a prática docente do professor.
P4	Sim. Acrescentaria um número maior de experimentos com material de baixo custo. Sugestão: Identificar a constante de Planck utilizando arduino e led.
P5	Sim. A seqüência facilita para uma aprendizagem.
P6	Sim. Não.
P7	Sim. Não sugiro alterações.
P8	Contribui, Sem alterações.
P9	Sim. Sim. Experiências didáticas que preservem uma analogia aos conteúdos da física quântica sem contar somente com simulações. Experiências em sala de aula por exemplo.
P10	Sim. Sem alterações.
P11	Sim. Fazer alterações em alguns pontos: Corrigir o quadro da página 23 (Star Wars) o som não se propaga no espaço. Melhorar as marcações, identificar a função de cada quadro e figura, não compreendi a pergunta da página 48.
P12	Apresenta, pois como dito anteriormente possui uma linguagem apropriada para alunos do ensino médio.
P13	O produto pode ser visto como um material a mais, de reforço para os professores. Contudo, creio que está um pouco denso, e por vezes, sendo muito extenso. Talvez um pouco mais de objetividade poderia ajudar. Por exemplo, você fala sobre terremotos e tsunamis e também gato de Schrödinger. Percebe o que eu quero dizer com “extensão”?
P14	Creio que a seqüência está boa. Única alteração, que também não seria necessariamente um problema se não for alterada, seria usar o conceito de ondas de spin na forma de pesquisas algo assim, para debater sobre estes conceitos acho que seria bacana os alunos se apropriarem mais da teoria e exemplos sobre.
P15	Sim/Não, porque a meu ver a seqüência está adequada, a parte 01 é adequada para uma revisão com exemplos práticos e a segunda para parte de uma sequencia lógica de acontecimentos e de fácil assimilação para o aluno.
P16	Gosto muito da abordagem. Numa primeira análise não tenho sugestão. Acho-a adequada. Gosto muito de uma abordagem como a que foi proposta que escolhe um tema e o aborda em diferentes contextos. Como por exemplo, ondas desde a visão clássica como a contemporânea. Essa é a visão de ensino que acredito.

P17	Sim. Sem alterações.
P18	Sim. Sim. Sugestão: Acrescentar trechos dos artigos relacionados a cada cientista (pesquisador) para análise do educando, exemplo: Artigos originais de Einstein, De Broglie.
P19	O conteúdo de ondas gravitacionais deveria ser um dos últimos exemplos de por sua complexidade.
P20	O conteúdo de ondas gravitacionais deveria ser um dos últimos exemplos de por sua complexidade.

Fonte: Dados primários da pesquisa (2019).

Diante do resultado obtido verificou-se que 90% (18) dos professores do total de participantes da pesquisa afirmaram que a sequência está coerente, bem como contribui para a aprendizagem significativa do aluno, contudo houveram algumas sugestões bem importantes como visto nos discursos dos professores P4, P9, P11, P14 e P18 respectivamente:

Acrescentaria um número maior de experimentos com material de baixo custo. Sugestão: Identificar a constante de Planck utilizando arduino e led (P4).

Experiências didáticas que preservem uma analogia aos conteúdos da física quântica sem contar somente com simulações. Experiências em sala de aula, por exemplo (P9).

Fazer alterações em alguns pontos: Corrigir o quadro da página 23 (Star Wars) o som não se propaga no espaço. Melhorar as marcações, identificar a função de cada quadro e figura, não compreendi a pergunta da página 48 (P11).

Única alteração, que também não seria necessariamente um problema se não for alterada, seria usar o conceito de ondas de spin na forma de pesquisas algo assim, para debater sobre estes conceitos acho que seria bacana os alunos se apropriarem mais da teoria e exemplos sobre (P14)

Sugestão: Acrescentar trechos dos artigos relacionados a cada cientista (pesquisador) para análise do educando, exemplo: Artigos originais de Einstein, De Broglie (P18)

Vale destacar que as sugestões foram apreendidas e resignificadas no Produto Educacional de modo que o resultado foi um Guia Didático elaborado com a participação de um dos protagonistas do processo que é o próprio professor.

Dando sequência na pesquisa o terceiro ponto averiguado foi em relação se a linguagem e os termos apresentados estão claros e caso houvesse dúvidas, os professores poderia citar passagens ou termos que não foram compreendidos. O resultado está apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 – Opinião dos professores em relação à clareza e identificação da linguagem e dos termos apresentados no Produto educacional.

P1	Sim.
P2	O quadro 5 STAR WARS (Não compreendi, não existe emissão de som no espaço,o que você quis trabalhar com esse quadro?Falta alguma colocação. Na p.48 não ficou clara a pergunta.
P3	Sim. Em minha opinião está bem claro.
P4	Sim.
P5	Erro página 23. Não existe propagação sonora no espaço (Vácuo). Algumas marcações foram feitas de maneira manual, prejudicando a estética. Sugestão: Colocar retas ou setas
P6	Sim. Necessidade de maior detalhamento relacionado a spim do elétron relacionado a mecânica quântica.Se possível atividades práticas relacionada a esse conceito.
P7	Estão bem apresentadas. Obs.:Na figura da p.23 (filme guerra nas estrelas,Star Wars,creio que falta complementação pois no vácuo na existe propagação do som.
P8	Ficaram bem claras e objetivas, acessível.
P9	Em boa parte estão claras. Pag. 49 efeito fotoelétrico. Explicar melhor o que é quantização de energia dando um exemplo para analogia como por exemplo, a corda presa em uma parede ou outro ponto de apoio, uma experiência feito em sala filmada e mostrada em câmera lenta.
P10	Sim, Clara e acessível.
P11	Sim. Alguns tópicos devem ser corrigidos como na pergunta anterior.
P12	Estão Claros. Erro ortográfico: Fazer correção; Erro conceitual: O som não se propaga no vácuo pág.23 (Filme guerra nas estrelas); Não ficou claro a pergunta da pág.48; Falta o gabarito de todas as questões relativas a De Broglie e princípio da incerteza.
P13	Sugiro uma correção de português antes de submeter o produto/dissertação para defesa. Encontrei alguns erros e vale a pena corrigir para a versão final. Além disso, notei também alguns detalhes sobre a física propriamente dita. Passo agora a citar: a) Como podemos escutar o barulho das explosões no Star Wars? O som não se propaga no espaço sideral. b) “Delta” não é a constante de Boltzmann na página 38. c) A razão entre força elétrica e gravitacional, para um próton e um elétron, fixada a distância é da ordem de 10^{40} . E não somente 10 vezes, como vi no texto na página 41. d) No primeiro parágrafo da página 41: você quer falar sobre efeito fotoelétrico ou relatividade? Só vi a conclusão do tema no fim da página 42. Creio que houve uma certa fuga ao tema. e) Qual é a pergunta da questão II, na página 48? f) Creio que a exposição do começo sobre ondas foi longa demais para ser tão pouco utilizada ao longo do texto. g) Força centrípeta e força elétrica, no modelo de Bohr, apontam na mesma direção. Elas não podem se equilibrar. Força centrípeta é sempre uma resultante.
P14	Creio que sim, levando em conta que é um material para professores e todos devemos dominar a linguagem técnica dos livros e trabalhos científicos. Única observação “Pergunta: Por que na figura (b) a trajetória do fóton está representado com uma reta,e na figura (b) uma trajetória ondulatória?” na pág. 48.
P15	Sim, a linguagem estão bem clara e acessível ao aluno / Tive um pouco de dificuldade na parte relacionada ao princípio da incerteza de Heisenberg,a meu ver os alunos terão grande dificuldade nessa etapa.Sugestão:Se possível colocar mais exemplos práticos.
P16	Achei a linguagem bastante precisa e clara. Também em uma primeira análise não identifico alguma que mereça alterações.
P17	Sim. Estão claros.
P18	Sim.Na minha opinião o está bem claros e acessível ao estudante.
P19	O conteúdo é bem claro e não necessita de alterações.
P20	O conteúdo é bem claro e não necessita de alterações.

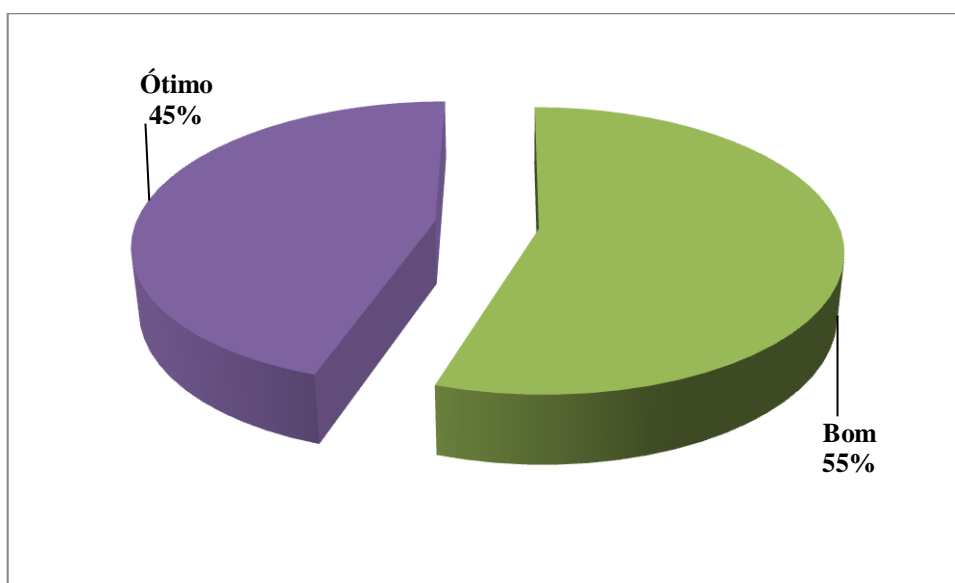
Fonte: Dados primários da pesquisa (2019).

Esta abordagem direta no intuito de identificar equívocos de digitação ou mesmo de colocações fez com que o resultado do Produto Educacional se tornasse bem coerente com as necessidades dos professores. Verificou-se que 50% (10) professores fizeram observações e

as mesmas foram acatadas na retificação do material, outros 50% (10) professores expressaram a opinião que o guia está bem claro e não fizeram ressalvas em relação a dúvidas.

Em seguida os participantes da pesquisa foram direcionados a avaliar a pertinência das informações-atualização dos textos em relação à Ciência contemporânea e seus problemas e relevância das informações para a vida prática do aluno, como referência de resposta foi sugerido os conceitos: Fraco, Regular, Bom e Ótimo. O resultado é apresentado no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Opinião dos professores em relação à pertinência das informações-atualização dos textos em relação à Ciência contemporânea e seus problemas e relevância das informações para a vida prática do aluno



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Os professores avaliaram a eficácia da relação entre a Ciência Contemporânea e seus problemas com o contexto prático da vida dos alunos e os resultados foram considerados de bom 55% (11) e ótimo 45% (9) o que consolida a proposta de aprendizagem significativa pois o material na opinião dos professores está interligando bem teoria e prática e acima de tudo contextualizando o assunto.

Também foi verificada a opinião dos professores quanto à sequência da apresentação do conteúdo e se são explorados com argumentações e raciocínio. O resultado é apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – Opinião dos professores em relação à sequência da apresentação do conteúdo e sua exploração com argumentações e raciocínio.

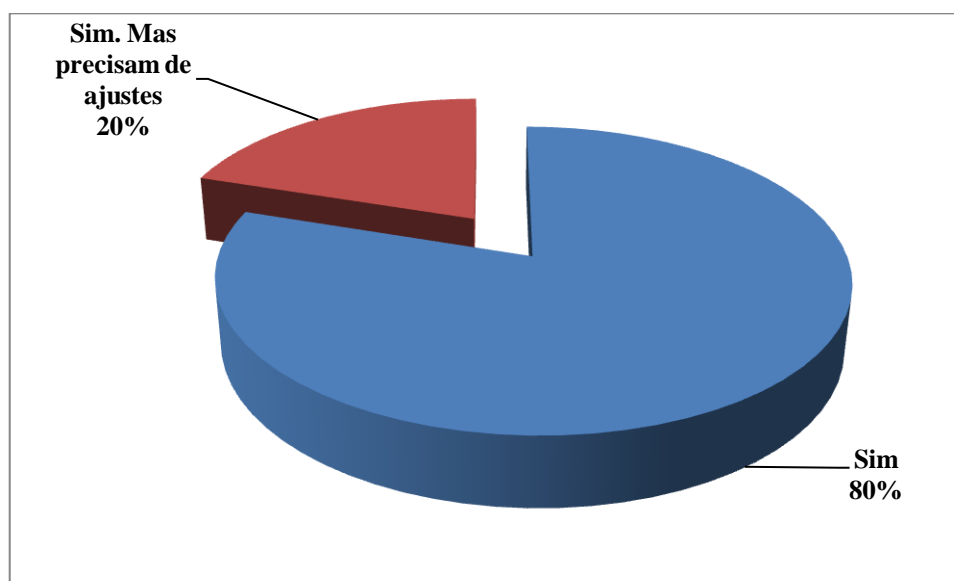
P1	Sim. Gostei muito do uso do aplicativo Phet para encontra a constante de Planck através desse aplicativo.
P2	Sim. Gostei muito da parte relacionada a solução do efeito fotoelétrico.
P3	Sim. Traz argumentos que facilitam o entendimento da dualidade onda partícula, que é algo muito complicado de entender.
P4	Sim. A sequência acontece de maneira gradual, como isso possibilita o aprendizado mais eficaz.
P5	Sim, São apresentados inúmeros exemplos que facilitam a assimilação do conteúdo,e apresenta uma boa sequência para explicar o efeito fotoelétrico com aplicação do aplicativo Phet, também ficou bem explicado o caso da dualidade onda partícula.
P6	Sim. A parte um está bem postada,bem argumentado e sequenciado. A parte relacionada a cálculos está colocada e encontra-se acessível à realidade do aluno.
P7	Sim. A sequência histórica e cronológica estão expostas de maneira acertava,proporcionando um aprendizado mais prazeroso.
P8	Sim. Ficou bem aparente a preocupação com a base do aluno exposta na primeira parte do produto,quando são expostos os inúmeros tipos e conceitos relacionados a onda.Na segunda parte o uso do aplicativo computacional é muito atrativo para o aluno,também gostaria de pontuar positivamente a sequência cronológica dos fatos, ficou muito legal.
P9	Justifique sua resposta. Sim. O desenvolvimento é bom só precisa de uns ajustes.
P10	Sim. Pois a sequência preocupa-se com o conhecimento prévio do aluno.
P11	Sim. O uso de conhecimentos e novas tecnologias são de grande importância para o aprendizado.
P12	Sim. Apresenta uma sequência lógica para que o aluno aprenda de maneira mais atraente.
P13	Sim. Mas como mencionei antes, o texto está um pouco extenso e por vezes, perdemos conexão entre algumas partes.
P14	O uso de imagens familiares e quando isso não é possível de experimentos virtuais ajuda ao aluno a se agregar mais valor aquela ideia e guarda-la com mais facilidade, a ideia da acomodação e subsunçores bem usada.
P15	Sim/ São apresentados fatos curiosos e atuais, além de sugerir experimentos com material de baixo custo e laboratório virtual bem colocado, que são importantíssimos para atrair o interesse do aluno.
P16	Sim. Como respondido anteriormente gosto de abordagens que vão dos conteúdos tradicionais e chegam à física contemporânea.
P17	Sim.
P18	Sim. A sequência está postado de maneira lógica,a parte relacionada aos cálculos está bem colocado para entender o princípio Físicos envolvidos.
P19	Sim. São dados bastante exemplos e todo o conteúdo é bem explicado.
P20	Sim. São dados bastante exemplos e todo o conteúdo é bem explicado.

Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Com relação à sequência da apresentação do conteúdo e sua exploração com argumentações e raciocínio os professores foram unânimes em afirmar que o encadeamento do assunto está organizado de forma coerente com argumentações e raciocínios. A principal consideração realizada pelos professores foi o fato do material possuir conteúdo base que fornece o necessário para os subsunçores dos alunos, ou seja, é realizada uma preparação que habilita o estudante a receber a Física Quântica com mais clareza.

Ainda com relação à compreensão e suporte do material os professores foram perguntados se as ilustrações são apropriadas e contribuem para a compreensão dos textos. O resultado é apresentado no Gráfico 9.

Gráfico 9 – Opinião dos professores em relação à adequação e contribuição das ilustrações para a compreensão dos textos.



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Verificou-se que a maior parte dos professores com 80% (16) do total afirmaram que as ilustrações são apropriadas e contribuem para a compreensão dos textos e não precisam ser alteradas e somente 20% (4) dos professores fizeram considerações para ajustes nas ilustrações, destaca-se que mesmo os que fizeram ponderações, acreditam que as ilustrações contribuem, mas necessitam de pequenos ajustes para o melhor entendimento.

Quanto às considerações feitas pelos professores, as mesmas foram analisadas e proporcionaram uma visão crítica do Produto Educacional neste quesito o que gerou algumas modificações pertinentes. As ponderações dos professores estão no Quadro 8.

Quadro 8 – Considerações dos professores acerca de adequações nas ilustrações para proporcionar

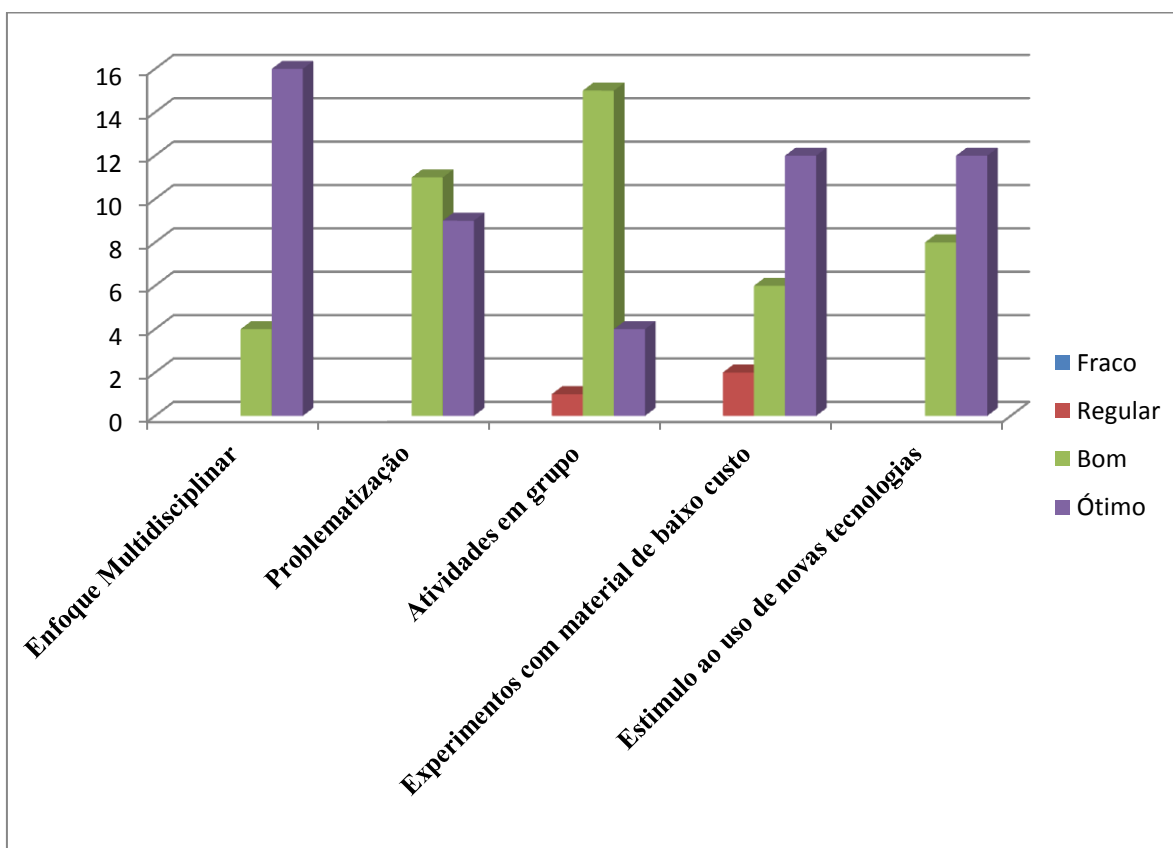
P5	Algumas figuras deveriam ter explicações mais detalhadas.
P13	Muitas das ilustrações parecem ter sido “ajustadas” por você. Em muitos lugares vi setas vermelhas desenhadas à mão livre. Elas ficam com uma estética ruim. Sugiro, por exemplo, usar um diagramador chamado Dia. Ele é livre e está disponível para o Windows. Você consegue, com isso, fazer setas vermelhas mais “retinhas”.
P14	A maioria achou muito boa, só não gostei muito das de efeito fotoelétrico.
P19	Contribui para compreensão, porém necessita de uma melhor explicação em algumas ilustrações exemplo na figura 3 o texto poderia explorar melhor a imagem.

Fonte: Dados primários da pesquisa (2018)

As considerações e sugestões que foram dadas pelos professores giraram em torno de haver a necessidade de maiores explicações, melhoria na estética das ilustrações com a sugestão de uso de diagramador e melhor detalhamento na explicação para entendimento da ilustração. Ressalta-se que as alterações pertinentes foram retificadas e o produto Educacional em sua versão final encontra-se adequado.

Em seguida os professores avaliaram as atividades propostas considerando os quesitos: enfoque multidisciplinar; problematização; atividades em grupo; experimentos com material de baixo custo e estímulo ao uso de novas tecnologias, os quesitos foram avaliados levando-se em consideração os conceitos (F) Fraco, (R)Regular, (B)Bom e (O)Ótimo. O resultado é apresentado no Gráfico 10.

Gráfico 10 – Avaliação dos professores em relação as atividades propostas



Fonte: Dados primários da pesquisa (2019)

Percebeu-se com o resultado da pesquisa que os professores em sua maioria avaliaram os quesitos na maior parte com conceitos de bom a ótimo e somente dois quesitos, a atividade em grupo e os experimentos com material de baixo custo foram citados uma única vez como regular.

Dando sequência na pesquisa, verificaram-se junto aos professores suas opiniões sobre como o guia didático pode auxiliá-los em suas práticas docentes, em especial na inserção da Física Quântica para alunos do Ensino Médio. O resultado é apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 – Opinião dos professores acerca de como o guia didático pode auxiliá-los em suas práticas docentes, em especial na inserção da Física Quântica para alunos do Ensino Médio

P1	Auxilia na abordagem desse tema.
P2	Servirá com base para introduzir conceitos tão complexos de maneira acessível para alunos do ensino médio, com isso motivando-os a ficarem mais próximos da realidade.
P3	A parte 01 é muito interessante, pois o aluno com a base bem estruturada, apresenta um aprendizado mais eficiente e prazeroso, já a aplicação de simuladores e experiências facilita muito o entendimento.
P4	Suporte didático.
P5	Servirá como um guia de apoio, pois apresenta um material de fácil compreensão e ajudará a aplicar novas metodologias, com isso aproximar o estudante da nova realidade que é a Física Quântica.
P6	Fiquei bastante satisfeito com o uso do aplicativo para relacionar ao conceito introdutório de ondas e o efeito fotoelétrico, também gostei muito da parte relacionada ao experimento da dupla fenda (Yong).
P7	Servirá para implementação de novas metodologias, onde será um facilitador na minha prática docente.
P8	Suporte para o bom preparo de uma aula.
P9	Posso desenvolver uma sequência didática através de analogias e simulações para a construção do conhecimento do educando.
P10	Será um norteador para introduzir conceitos de Física Quântica.
P11	Como na minha prática docente no ensino médio nunca lecionei esse conteúdo, servirá de ponta pé inicial para colocar esse novo conhecimento em prática.
P12	Para o preparo de uma boa aula, utilizando uma abordagem diferente do tradicional.
P13	Ele poderá auxiliar como material de consulta. Sugiro, contudo, uma ampliação de consulta bibliográfica, exatamente por isso. Por exemplo, o Moisés, vol. 4 tem uma exposição boa sobre primórdios da física/mecânica quântica. Temos também os livros do Oswaldo Pessoa Júnior: Conceitos de Física Quântica (vols. 1 e 2). Sugiro também o livro dos professores Caruso e Oguri: Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos.
P14	Alguns conceitos e ideias são muito bons, a sequência também está boa em vários tópicos, será uma grande ajuda quando discutirmos Física Quântica.
P15	A sequência dos fatos e a metodologia sugerida servirão como suporte para minha prática docente, em especial gostei muito da parte relacionada a dualidade onda partícula ficou bem clara e interessante.
P16	Acho que é uma proposta metodológica interessante é com muito material de apoio ao professor.
P17	Pela praticidade e clareza da exposição do tema de FQ.
P18	Os tópicos estão com abordagem adequada e acessível para os alunos do nível médio, vou utilizar vários trechos desse guia em minha prática docente.
P19	Ele auxilia com diversas atividades em grupo e reúne uma boa quantidade de material de multimídia.
P20	Ele auxilia com diversas atividades em grupo e reúne uma boa quantidade de material de multimídia.

Fonte: Dados primários da pesquisa (2018)

Diante das respostas dos professores em relação a forma que o guia didático pode contribuir para a prática docente, ficou evidente que o material foi bem aceito e considerado

prático, funcionando como um manual para o professor. Vale destacar que professores que nunca lecionaram Física Quântica no Ensino Médio, mencionaram o guia como um norteador do assunto e um excelente material introdutório. Ademais, foram feitas considerações pertinentes como a do professor P13 que afirma que o Produto Educacional poderá auxiliar na consulta do conteúdo e sugere:

[...], contudo, uma ampliação de consulta bibliográfica, exatamente por isso. Por exemplo, o Moysés, vol. 4 tem uma exposição boa sobre primórdios da física/mecânica quântica. Temos também os livros do Oswaldo Pessoa Júnior: Conceitos de Física Quântica (vols. 1 e 2). Sugiro também o livro dos professores Caruso e Oguri: Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos (P13).

Com as sugestões, ajustes foram realizados no material e a proposta desta segunda etapa se consolidando, haja vista que o propósito desta avaliação era identificar eventuais equívocos e pontos a serem melhorados. Diante do que se foi percebendo a cada quesito avaliado, o guia didático foi sendo lapidado e tomando corpo e coerência.

Finalizando a pesquisa, a última questão indaga aos professores se os mesmos adotariam este material para uso em sala de aula, bem como, verificado o motivo pelos quais adotariam ou não. Contudo, foi verificado que 100% (20) dos professores afirmaram que adotariam sim o material proposto e suas motivações e considerações estão demonstradas no Quadro 10.

Quadro 10 – Opinião dos professores quanto à adoção do material didático em suas aulas.

P1	Sim, pois acredito que o material traz uma quantidade boa de dicas para utilizar em sala de aula.
P2	Sim. Pois o material facilita o professor a elaborar uma aula de qualidade, motivando o aluno a aprender nessa nova visão de mundo.
P3	Sim, pois é uma ferramenta que facilita minha prática docente, trazendo mais opções e qualidade para a aula.
P4	Sim, pois o produto apresenta um vasto material didático e maneiras de abordar essa temática de maneira mais interessante.
P5	Sim, como dito acima serve como ponte para um aprendizado mais eficiente.
P6	Sim, pois acredito que nós como professores devemos transmitir para o aluno assuntos relacionados a realidade. Esse material ajuda bastante em nossa dura tarefa de estimular o estudante a inserir conceitos atuais e mais estimulantes.
P7	Adotaria, pois apresenta diversos caminhos para facilitar o ensino de FQ, ficou muito bem estruturada.
P8	Sim. Pois apresenta um suporte bem interessante para o preparo de minhas aulas.
P9	Sim. Para o ensino de física, toda forma de ensinar que possa fazer o aluno aprender é válida. Para que ele possa aprender a aprender.
P10	Sim, como dito acima, servirá como norteador para introduzir esses conceitos importantes.
P11	Sim. Guia de apoio.
P12	Sim. Como dito anteriormente apresenta uma metodologia diferente do tradicional.
P13	Sim, como material complementar para o preparo de aulas.

P14	Sim. Como já justifiquei anteriormente, material bem estruturado ajuda a organizar e preparar uma aula boa.
P15	Sim, As sugestões de atividades e a maneira simples, mais eficiente de introduzir esse conteúdo tão complexo e difícil, facilitaram e muito o entendimento desse conteúdo tão atual e ao mesmo tempo tão desconhecido. A meu ver a Física Quântica deve ser mais explorada na educação básica, pois toda tecnologia atual envolve conceitos de Quântica.
P16	Adotaria sim. Como dito eu gosto muito dessa abordagem que trabalha algum tema ou conceito desde a forma clássica até a contemporânea.
P17	Sim. Pois tá muito bem escrito e objetivo.
P18	Sim, pois acredito esse material contribui para a inserção de maneira acessível para aluno do ensino médio, pois a Física Quântica está em todas as inovações tecnológicas atuais.
P19	Sim. O material está bem elaborado e facilita tanto o professor quanto o aluno na compreensão do conteúdo.
P20	Sim. O material está bem elaborado e facilita tanto o professor quanto o aluno na compreensão do conteúdo.

Fonte: Dados primários da pesquisa (2018)

Com a aprovação relacionada ao uso do guia em suas aulas já foi visto que todos os professores participantes da pesquisa adotariam o material e os discursos em boa parte descrevem que o material está bem elaborado e que esta iniciativa merece ser ressaltada haja vista a Física Quântica faz parte de nosso dia a dia, principalmente quando se refere a tecnologia, destaca-se o posicionamento do professor P15 afirmou que adotaria o material pelo fato das:

[...] sugestões de atividades e a maneira simples e mais eficiente de introduzir esse conteúdo tão complexo e difícil, facilitaram e muito o entendimento tão atual e ao mesmo tempo tão desconhecido. A meu ver a Física Quântica deve ser mais explorada na educação básica, pois toda tecnologia atual envolve conceitos de Quântica (P15)

Desta forma, ao final da pesquisa foi possível realizar uma análise crítica quanto às considerações dos professores em relação aos vários quesitos avaliados nesta etapa do estudo. Com isso, as ponderações acerca do conteúdo do Produto Educacional foram sendo adequadas para atender as necessidades docentes, bem como chegou mais próximo de uma viabilidade para aplicação na realidade atual dos alunos de Ensino Médio.

6. Considerações finais

A Física Quântica indiscutivelmente é um tema atual, pertence as nossas vidas, está no nosso cotidiano, faz parte das revoluções tecnológicas e por vezes é considerado um campo da Física complexo e sua abordagem até então vem sendo discutida por professores, estudiosos e alunos quanto a sua abordagem ou não na esfera do Ensino Médio.

O presente estudo teve como objetivo proporcionar uma aprendizagem significativa de Física Quântica aos alunos do Ensino Médio visto a necessidade de que é preciso buscar novos caminhos e todos os recursos existentes para proporcionar uma aprendizagem significativa.

A pesquisa partiu do princípio que a Física Quântica deve ser inserida no ensino médio com o intuito de estimular a curiosidade e o senso crítico do aluno, gerando um conhecimento que o permita melhor compreender a realidade para ser capaz de intervir e participar de mudanças, fazendo-lhe assim adquirir uma aprendizagem significativa, mas sem desprezar conhecimentos anteriores trazidos.

Desta forma, toda investigação realizada acerca da aprendizagem significativa em Física, sobretudo pela introdução da Física Quântica feita nesta pesquisa resultou em um guia didático para o professor, visando facilitar a inserção dos conceitos de Física Quântica no Ensino Médio, viável à realidade do professor e do aluno. A confecção desse material teve como base os relatos de professores de Física, que através de questionários apontaram as suas dificuldades.

Após a elaboração do guia didático, a fim de ajustá-lo a realidade dos alunos de Ensino Médio, foi realizada uma nova avaliação, desta vez do próprio produto educacional. E o que verificou-se foi que os professores realmente estavam carentes de iniciativas como esta para introduzir conceitos de Quântica para seus alunos.

Ao final do estudo, verificou-se que a inserção da física Quântica é viável no Ensino Médio e que o material resultante desta pesquisa foi considerado um guia para o professor introduzir conceitos básicos com base nos subsunçores dos alunos, bem como por em prática o assunto com exercícios e seguida contextualizar o aprendizado na realidade vivida pelo aluno, fazendo com que de fato ocorra a aprendizagem significativa.

Ademais, vale destaca a proposta que outros pesquisadores abordem o assunto em questão, com a intenção de abrir novos horizontes para a aprendizagem no ensino de Física que tradicionalmente é visto como complexo pela sociedade como um todo. Destarte, espera-

se que o produto educacional bem como os demais resultados deste estudo sirva como base para aprofundamentos posteriores nesta esfera.

Referências

- ALMEIDA, Ageu Pereira de. **Tópicos de Física Quântica no Ensino Médio utilizando simulações computacionais**. Araguaína, TO, 2018. 198 f. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) Profissional Nacional em Ensino de Física, 2018.
- ALVES, Pinho, J. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático**. Caderno Catarinense de ensino de Física, Florianópolis, v. 17, n.2, p. 174-188, 2000.
- ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia da prática escolar**. Campinas: Papirus, 1995. ANDRÉ, M. E. D. A. Estudo de caso em Pesquisa e Avaliação Educacional. Brasília: Líber Livro, 2005.
- ARTIGUE, Michèle. Ingénierie didactique. **Publications mathématiques et informatique de Rennes**, v. 1989, n. S6, p. 124-128, 1989.
- ARAGÃO, R. M. R., Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel. Tese de Doutorado, Campinas, 1976.
- AUSUBEL, D.P. **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. P 27.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3. ed., Lisboa: Edições 70, 2001.
- BASSALO, José Maria Filardo. Sobre a Lei de Rayleigh-Jeans. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 18, n. 1, março, 1996.
- BERNARDI, J. **Alunos com discalculia: o resgate da auto-estima e da auto-imagem através do lúdico**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, 2009.
- BITENCOURT, L. P.; ZART, L. L. Os educadores na educação do campo e as suas condições de trabalho docente. **Rev. Bras. Educ. Camp.**, Tocantinópolis, v. 2, n. 1, p. 252-274, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2525-4863.2017v2n1p252>
- BRASIL, Lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996 (1996). **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretária de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília : Ministério da Educação, 1999.
- _____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. Física. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRONCKART, J-P. **Atividade de linguagem, textos e discursos: por um interacionismo sociodiscursivo**. Tradução Anna Rachel Machado e Péricles Cunha. 2. ed. São Paulo: EDUC, 2003.

BRODIN, G. The role of the laboratory in the education of industrial physicists and electrical engineers. [S.I.:s.n.] 1978

CAMPOS, Carlos Alberto; DA VEIGA, Jaime Sandro. A apresentação de tópicos de Mecânica Quântica no Ensino Médio: Um considerável entrave. **Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências**. 2009.

CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. **Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

CHAVES, Glauson Francisco. **Uma proposta de inserção de conteúdos de mecânica quântica no ensino médio, por meio de um curso de capacitação para professores em atividade**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências)- Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

CHIBENI, Silvio Seno. **O surgimento da física quântica**. 2016. Disponível em: <http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/fisquantica.pdf>. Acesso: dez. 2018.

Chiquito, Adenilson J. and Lanciotti Jr., Francesco **Super-redes semicondutoras: um laboratório de Mecânica Quântica**. Rev.Bras. Ensino Fís., Dez 2004, vol.26, no.4, p.315-322.

CRISTÓVÃO, Vera Lúcia Lopes. Modelo Didático de Gênero como instrumento de formação de professores. In: Meurer, José Luiz; Motta-Roth, Désirée (orgs). **Gêneros Textuais e práticas discursivas – Subsídios para o ensino da linguagem**. Bauru, São Paulo: EDUSC, 2002.

CRISTOVÃO, Vera Lúcia Lopes et al. Elaboração De Sequências Didáticas Para O Ensino De Língua Estrangeira–Uma Produção Coletiva. **4º Simpósio Internacional de Estudos de Gêneros Textuais-SIGET, Tubarão–SC**, 2007.

COSTA,L.H.C;LOPES,A.C.. **A contextualização do conhecimento no ensino médio: tentativas de controle do outro**. Educ. Soc. vol.39 no.143 Campinas, 2018.

DIONÍSIO, Paulo Henrique. **Física Quântica: de sua pré-história à discussão sobre o seu conteúdo essencial**. Ano 2 - nº 22 – 2004.

Demo,Pedro.**Formação Permanente de formadores;educar pela pesquisa**.In:Menezes,Luiz Carlos de (org).Professor:formaçãp e profissão.Campinas SP:Autores Associados;NUPES,1996

DOMINGUES, José Juiz; TOSCHI, Nirza Seabra and OLIVEIRA, João Ferreira de. **A reforma do Ensino Médio:A nova formulação curricular e a realidade da escola pública** ; Educ. Soc. [online]. **2000**, vol.21, n.70, pp.63-79.

Disponível : http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302000000100005

EINSTEIN, Albert. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. São Paulo: Atlas, 1991.

_____. **O trem de Einstein**. São Paulo: Atlas, 2000.

ERICKSON, F. Prefácio. In: COX, M. I. P.; ASSIS-PETERSON, A. A. de (orgs). **Cenas de sala de aula**. Campinas: Mercado de Letras, 2001.

FERRETI, Celso João; SILVA, Mônica Ribeiro. **Reforma do ensino médio no contexto da medida provisória no 746/2016: estado, currículo e disputas por hegemonia**. Educ. Soc., Campinas, v. 38, nº. 139, 2017.

FINO, C.N. **A etnografia enquanto método: um modo de entender as culturas (escolares) locais**. Universidade da Madeira. Hammersley (1990 apud FINO, 2003 p. 4)

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Radioatividade e Estrutura do átomo; Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/radioatividade-estrutura-atomo.htm>>. Acesso em 25 de novembro de 2018.

FREIRE, Paulo. **Extensão ou Comunicação?** 17. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2015. 127 p.

GALDINO, L.; FERNANDES, J.C.L.: Evolução Dos Conceitos da Física Quântica: uma descrição histórica a partir da evolução da termodinâmica e do eletromagnetismo. **Augusto Guzzo Revista Acadêmica**, 2016, nº17.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991

GOSWAMI, Amit. **O universo autoconsciente: como a consciência cria o mundo material**. Aleph, 2015.

LINO, A., FISINATO, A. **A influência do conhecimento prévio no ensino de Física Moderna e Contemporânea: um relato de mudança conceitual como processo de aprendizagem significativa**, R. B. E. C. T., vol 4, n. 3, set./dez. 2011. Disponível: DOI:10.3895/S1982-873X2011000300004

LIMA, Luís Gomes; RICARDO, Elio Carlos. **A literatura como ferramenta didática no ensino de Mecânica Quântica para o Ensino Médio**. 2015.

LOPES, P. Q; SANTOS, J. M. C. G. Teoria quântica e terapia vibracional, uma nova visão a ser inserida nas práticas integrativas e complementares: uma revisão da literatura. **Rev. Saúde Quântica**, v. 5, n. 5. 2016.

MACHADO, D. I. & NARDI, R. (2006). Construção de Conceitos de Física Moderna Sobre a Natureza da Ciência com Suporte da Hipermídia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 473.

MARCONDES, M. R. **Doze anos de experiência**. Primeira edição. Curitiba, 2014.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliografia, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MIRANDA JR., Levi Pinto. **Princípio da Incerteza**. Base Tecnológica: Novas Abordagens da Administração. Disponível em: <http://gestaoell.blogspot.com/2010/03/principio-da-incerteza.html> Acesso em 25 de novembro de 2018.

MIRANDA, Eliney da Trindade. **Uma proposta para lecionar Física Quântica no ensino médio por meio de unidades de ensino potencialmente significativas**. 2016. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Belém, 2016.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Porto Alegre: Curriculum , 2010. p.27.

_____. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

_____. MASINI, E.F.S: **Aprendizagem significativa**. A teoria de Ausubel.

MOREIRA, M. A. e BUCHWEITZ, B. Novas estratégias de ensino e aprendizagem: **Os mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa, Platano, 1993.

MOURA, Cássio Stein. **Física para o Ensino Médio Gravitação, Eletromagnetismo e Física Moderna**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011.

MORAES, Na. & GUERRA, A. História e a Filosofia da Ciência: Caminhos para a Inserção de Temas de Física Moderna no Estudo de Energia na Primeira Série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, 1502.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**. São Paulo: Hucitec, 1993.

MURR, Caroline Elisa. **Física quântica e objetividade científica [dissertação]:** algumas ideias filosóficas de Erwin Schrödinger. Florianópolis, SC, 2010.

NEVES, Roberto das. **O experimento da dupla fenda e o nascimento da religião quântica**. 2013. Disponível em: http://gilghamesh.blogspot.com/2013/01/o-experimento-da-dupla-fenda-e-o_78.html Acesso em 25 de novembro de 2018.

NOVAES, Marcel; STUDART, Nelson. **Mecânica Quântica Básica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

PAGLIARINI, Cassiano Rezende; ALMEIDA, MJPM. Física quântica numa leitura de divulgação científica no início do Ensino Médio: manifestações dos estudantes. GIORDAN, M.; CUNHA, MB. **Divulgação científica na sala de aula: perspectivas e possibilidades**. Ijuí: Editora Unijuí, p. 249-284, 2015.

PAULO, Iramaia Jorge Cabral; MOREIRA, Marco Antonio. Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível medio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 2, 2004.

PELIZZARI, A.; KRIEGL M.L.; BARON, M.P.; FINCK, N.T.L.; DOROCINSKI, S.I. (2002); Metodologia do Ensino em Química II. **Textos Complementares, Aula 2, Revista PEC**, v.2, n.1, 37.

PIRES, Antonio S. T.. **Evolução das ideias da Física**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

REZENDE, Cassiano et al. Leituras por alunos do ensino médio de textos de cientistas sobre o início da física quântica. **Ciência & Educação (Bauru)**, 2016.

RICHARDSON, R. J.. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

SCHENBERG, Mário. **Pensando a física**. São Paulo: Brasiliense, 1984.

SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Física Quântica no Ensino Médio: O que Dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 28, n. 3, p. 624-652, 2011.

SNYDERS, Georges. **A alegria na escola**. São Paulo: Editora Manoele, 1988.

SILVEIRA, F. L.. **A insustentabilidade da proposta indutivista de "descobrir a lei a partir de resultados experimentais"**. Caderno catarinense de ensino de física, Florianópolis, v.19, n. especial, p. 7-27, jun. 2002.

TELICHEVESKY, L. **Uma perspectiva sociocultural para introdução de conceitos de Física Quântica no Ensino Médio**: Análise das interações discursivas em uma unidade didática centrada no uso do interferômetro virtual de Mach-Zehnder. 2015. 192p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

WEBBER, M. C. M.. **Inserção de Mecânica Quântica no Ensino Médio: uma proposta para professores**. Dissertação. UFRGS. 2006.

XAVIER, E. P. S. Saúde quântica a relação da teoria quântica com a área da saúde. **Revista saúde Quântica**. v. 1, n. 1 jan/dez 2012.

ZABALA, Antoni. **A Prática Educativa**. Como ensinar. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

ANEXO I – QUESTIONÁRIO PRIMEIRA ETAPA DA PESQUISA



Mestrando: Antônio Carlos Paiva Rêgo

Orientador: José Abdalla Helayël-Neto

Este questionário tem como objetivo analisar alguns pontos no processo de se introduzir conceitos de Física Quântica para alunos do Ensino Médio.

Tópicos de Física Quântica que se pretende abordar:

- **Max Planck (1900), o corpo negro e a constante de Planck;**
- **Albert Einstein (1905), o Efeito Fotoelétrico;**
- **Modelo Atômico de Bohr (1913), Átomo de Hidrogênio;**
- **De Broglie (1924), Dualidade onda-partícula.**

1) Na sua opinião, é importante ensinar Física Quântica no Ensino Médio? Por quê?

Sim Não

2) Você já teve experiência em abordar tópicos de Física Quântica no Ensino Médio?

Sim Não

Caso tenha respondido Sim:

a) Em qual ou quais níveis do Ensino Médio? 1º ano 2º ano 3º ano

b) Ensino público ou privado?

c) Foi observado maior interesse, comparativamente aos tópicos tradicionais?

Sim Não

d) Explícite uma ou algumas das dificuldades ao abordar este tema.

e) Em sua experiência com Física Quântica no Ensino Médio, que tópicos foram abordados?

Agradecemos a sua gentil participação.

ANEXO II – QUESTIONÁRIO SEGUNDA ETAPA DA PESQUISA



Mestrando: Antônio Carlos Paiva Rêgo

Orientador: José Abdalla Helayël-Neto

Esse questionário tem como objetivo analisar a qualidade e viabilidade do Produto Educacional, que tem como finalidade, facilitar a inserção de conceitos de Física Quântica para alunos do Ensino Médio.

1) Na sua opinião, o material está adequado a qual nível do Ensino Médio? (Pode ser marcado mais uma opção)

1º ano 2º ano 3º ano

Justifique sua resposta:

2) A sequência de apresentação dos conteúdos contribui para a eficácia da aprendizagem? Você sugeriria alterações? Quais?

3) A linguagem e os termos apresentados estão claros? Cite passagens ou termos que não ficaram claros.

4) Avalie a pertinência das informações-atualização dos textos em relação à Ciência contemporânea e seus problemas e relevância das informações para a vida prática do aluno.

()
Fraco

()
Regular

()
Bom

()
Ótimo

5) Na sua opinião, a sequência do conteúdo é apresentada com argumentações e raciocínio bem explorados? Sim ou Não.

Justifique sua resposta

6)As ilustrações são apropriadas e contribuem para a compreensão dos textos?

7)Avalie as atividades propostas, assinalando com as graduações abaixo:

(F) Fraco (R)Regular (B)Bom (O)Ótimo

	F	R	B	O
Enfoque Multidisciplinar				
Problematização				
Atividades em grupo				
Experimentos com material de baixo custo				
Estimulo ao uso de novas tecnologias				

8) De que maneira este guia didático pode auxiliá-lo em sua prática docente, em especial a inserção da Física Quântica para alunos do Ensino Médio?

9) Você adotaria este material para seu uso em sala de aula?Sim ou Não.

Justifique sua resposta

Agradecemos a sua participação