

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENSINO EM CIÊNCIAS  
NATURAIS**

**MODELO ATÔMICO QUÂNTICO: UMA ALTERNATIVA  
PARA A INTRODUÇÃO NO ENSINO MÉDIO**

**JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR**

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO**

**Coorientador: Prof. Dr. MARCELO PAES DE BARROS**

Cuiabá - MT, Julho de 2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENSINO EM CIÊNCIAS  
NATURAIS**

**MODELO ATÔMICO QUÂNTICO: UMA ALTERNATIVA  
PARA INTRODUÇÃO NO ENSINO MÉDIO**

**JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR**

*Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais – Área de Concentração: Ensino de Química.*

Orientadora: **Prof<sup>fa</sup> Dr<sup>a</sup> IRAMAIA JORGE CABRAL DE PAULO**

Coorientador: **Prof. Dr. MARCELO PAES DE BARROS**

Cuiabá - MT, Julho de 2013

## DEDICATÓRIA

- A Minha mãe, se nascesse de novo e pudesse escolher, seu filho queira ser, dona Marlene, nordestina firme, meiga e formosa como um pé de morango, de quem recebi e recebo muito carinho. Agradeço a Deus todos os dias por ser seu filho;
- A meu pai, sertanejo forte e robusto, quando nasci como prova de amor me deu seu nome, uma honra pra mim. Ele foi e continua sendo meu porto seguro, contigo nunca estou sozinho, te amo pai;
- À minha orientadora, Professora Doutora Iramaia Jorge Cabral de Paulo, que muitas vezes cruzou os caminhos da minha vida, sua grande dedicação e seus incentivos, muito me motivaram tornando possível a realização desta pesquisa, auxílio fundamental e imprescindível na elaboração desta dissertação;
- Aos professores do programa que participaram da minha formação, fontes de inspiração para minha atuação profissional e acadêmica;
- As minhas irmãs, pelas palavras de apoio durante a realização do trabalho;
- Aos meus filhos Jairo Lucas e Luiz Gustavo, presentes que recebi de Deus, minhas maiores riquezas, que impulsionaram todos meus esforços profissionais e acadêmicos;
- A minha esposa amada, Elaine, pela confiança e apoio durante todo o tempo deste longo processo de estudos;
- Aos queridos amigos e colegas do mestrado que me incentivaram, suportes nos muitos momentos difíceis.

## AGRADECIMENTOS

- À minha família, em especial a minha esposa que muito me incentivou e apoiou na elaboração desta pesquisa;
- Aos meus pais, que sempre mostraram o melhor caminho e incentivaram durante minha vida;
- Aos colegas e amigos Carlos Magno, Anderson e Laura, pela amizade, incentivo e parceria em muitas das atividades nesta formação;
- Ao amigo e irmão Maurino pelas palavras de apoio e parceria sempre;
- A minha Orientadora, com sua sabedoria, motivação e exigência, sonhou junto comigo, depois mostrou o caminho, onde caminhamos juntos algumas vezes, sempre que necessário, ajuda que tornou possível a realização desse sonho;
- Aos colegas da escola Estadual Ana Isabel e Cida que abriu as portas para a execução desta pesquisa, sem este apoio não seria possível esta discussão;
- Ao Prof. Dr. Marcelo Paes de Barros pelos conselhos e orientações, ao amigo Marcelinho pela confiança e apoio nesta longa e árdua e, ao mesmo tempo, saborosa caminhada.

*"A aprendizagem é significativa quando o material a ser aprendido é potencialmente significativo para o aprendiz, ou seja, relacionável a sua estrutura de conhecimento de forma não-arbitrária e não-literal; já o aprendiz é essencial manifestar a disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua estrutura cognitiva."  
(Moreira, 2011)*

# SUMÁRIO

## Conteúdo

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	iii
ÍNDICE DE APÊNDICES .....	iv
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. PROBLEMÁTICA .....	1
1.2 JUSTIFICATIVA .....	2
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	7
2.1.1. Caracterização da aprendizagem significativa e do conceito subsunçor. ....	7
2.1.2. Condições para que ocorra aprendizagem de forma significativa. ....	8
2.1.3. Tipos de aprendizagem significativa. ....	9
2.1.4. Assimilação ou ancoragem do conhecimento. ....	9
2.1.5. A relação de interação entre o subsunçor e novo conhecimento. ....	10
2.1.6. Os aspectos das modificações ocorridas na mente do aprendiz. ....	10
2.2. MODELOS ATÔMICOS .....	11
2.2.1. O Modelo Atômico de Thomson .....	11
2.2.2. O Modelo Atômico de Rutherford.....	12
2.2.3. O Modelo Atômico de Bohr .....	15
a) A primeira característica quântica: o Quantum .....	19
b) A segunda característica quântica: o indeterminismo ou princípio da incerteza ...	20
c) A terceira característica quântica: a dualidade da matéria ou seu princípio da complementaridade.....	20
e) A Função de onda .....	21
e) A densidade de probabilidade .....	22
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>25</b>
3.1. O USO DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO .....	25
3.2. A INTRODUÇÃO DA MECÂNICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO .....	28
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
4.1. O LEVANTAMENTO NOS LIVROS.....	34
4.1.1. Livro de Química – Volume 1 .....	35
4.1.1.1. Existência de representações clássicas e/ou quânticas .....	36
4.1.2. Livro de Química – os outros volumes e o volume único.....	39

4.2	O PRODUTO ACADÊMICO .....	40
4.2.1.	A elaboração .....	40
4.2.2.	A aplicação do vídeo.....	44
4.3.	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS: ANOTAÇÕES DE AULAS E TESTES ESCRITOS .....	44
4.3.1.	O teste inicial .....	45
4.3.1.1.	A composição do teste inicial.....	45
4.3.1.2	A aplicação do teste inicial.....	45
4.3.2.	O teste final.....	46
4.3.2.1	A formação do teste final .....	46
4.3.2.2.	A aplicação do teste final.....	46
<b>5.</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
5.1.	A análise dos livros didáticos de Química .....	49
5.2.	A análise do teste inicial.....	51
5.3.	A análise do teste final.....	57
	.....	64
5.4.	A comparação entre os testes inicial e final .....	67
5.5.	O comportamento dos estudantes no período.....	67
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>68</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>80</b>
	APÊNDICE 01 .....	80
	APÊNDICE 02 .....	81
	APÊNDICE 03 .....	82
	APÊNDICE 04 .....	86

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	
O elétron movimenta-se me torno do núcleo com energia constante	41
Figura 02	
O elétron absorve energia de uma fonte externa e afasta-se do núcleo	42
Figura 03	
A dualidade da matéria e a indeterminação da trajetória de uma partícula	43
Figura 04	
Associação da equação de onda com matéria	44
Figura 05	
Representa a densidade de probabilidade	45
Figura 06	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 1)	53
Figura 07	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	54
Figura 08	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	55
Figura 09	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	56
Figura 10	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	57
Figura 11	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	58
Figura 12	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	59
Figura 13	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	60
Figura 14	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	61
Figura 15	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	62
Figura 16	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	63

Figura 17	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	64
Figura 18	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	65
Figura 19	
Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 2)	66

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 01 – Data de edição.....	35
TABELA 02 – Pertencer ao PNLD 2011 .....	36
TABELA 03 – Existência de representações clássicas e/ou quânticas .....	37

## ÍNDICE DE APÊNDICES

APÊNDICE 01 – Carta de apresentação do pesquisador	69
APÊNDICE 02 – Carta de aceite da Direção	70
APÊNDICE 03 – Teste inicial	71
APÊNDICE 04 – Teste final	75

## RESUMO

AQUINO JUNIOR, J. L. M. **Modelo atômico quântico: uma alternativa para introdução no ensino médio**. Cuiabá, 2013. 103f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Universidade Federal de Mato Grosso.

Este trabalho apresenta uma investigação sobre a viabilidade de introdução do Modelo Atômico Quântico para aprendizes do Ensino Médio, com o apoio de um produto educacional, visando promover a melhoria significativa na aprendizagem dos estudantes. O produto educacional desenvolvido é baseado em novas tecnologias de aprendizagem, que oferece uma ferramenta de vídeo especialmente produzido para auxiliar a introdução deste conhecimento em aulas de Química no Ensino Médio. Esta pesquisa baseia-se em uma revisão sistemática de trabalhos relacionados ao estudo e ensino do Modelo Atômico Quântico e Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por David Ausubel, com base nos resultados de estudo anteriores, que permitem a introdução de tais conteúdos, auxiliado pela ferramenta de tecnologia de informação e comunicação (TICs). Os resultados encontrados, após análise dos dados coletados através da aplicação de dois testes, um inicial e um final, sugere que a metodologia utilizada, pode ter favorecido a captura de significados de conceitos básicos da Mecânica Quântica, no sentido de uma aprendizagem significativa.

**Palavras-chave:** Ensino da Mecânica Quântica, Modelo Atômico Quântico, Objeto de Aprendizagem e Aprendizagem Significativa.

## ABSTRACT

AQUINO JUNIOR, J. L. M. **Modelo atômico quântico: uma alternativa para introdução no ensino médio**. Cuiabá, 2013. 103f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Universidade Federal de Mato Grosso. (Em Inglês)

This work presents an investigation into about viability for the introduction of Quantum Atomic Model for high school student, with the support of an educational product, aiming at to promote significant improvement on student learning. The educational product developed is based on new learning technologies, which provides a video tool specially produced for assisting the introduction of this knowledge in chemistry classes in high schools. This research is based on a systematic review of works related to the study and teaching of Quantum Atomic Model and meaningful learning theory, developed by David Ausubel, based on the results of previous studies, which allow the introduction of such content aided by the tool information technologies and communication. The results found, after analysis of the data collected through the application of two tests, one initial and one final allows us to infer that the methodology used provided capture meanings of basic concepts of quantum mechanics, in the sense of meaningful learning.

**Keywords:** Teaching of Quantum Mechanics, Quantum Atomic Model, Object Learning and Meaningful Learning.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. PROBLEMÁTICA

O livro didático, dentro das condições atuais de ensino, ainda é visto como a principal ferramenta de apoio e referência dos professores para o processo de ensino e aprendizagem.

Com relação ao Modelo Atômico Quântico (MAQ), os livros didáticos de Química do Ensino Médio (EM) mais conhecidos e usados no país exploram poucos elementos inerentes ao processo de entendimento dos fenômenos envolvidos para o ensino deste conteúdo. Assim, é possível inferir que esse conhecimento contemporâneo não faz parte da maior parte das ementas da disciplina de Química nas instituições de ensino de nível médio.

No entanto, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) evidenciam a importância desse e de outros temas atuais para o nível médio, não apenas no sentido de se incorporar elementos da ciência contemporânea simplesmente por conta de sua importância instrumental utilitária, mas de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada.

Alinhado com a atualização curricular sugerida nos PCNs, o conhecimento do MAQ e seus princípios são os subsunçores necessários para o entendimento de novas tecnologias, implementadas e amplamente utilizadas na sociedade contemporânea, como a transmissão e a captação de informações em tempo real, os diagnósticos e tratamentos médicos em escala microscópica, a automação industrial de alta precisão, entre outras.

Por outro lado, o MAQ, por se tratar de um conteúdo que pressupõe alto grau de abstração e conceitos prévios, exige ferramentas de ensino que facilitem para o estudante a visualização do modelo e a representação de eventos inerentes à Mecânica Quântica.

Assim, acreditando na possibilidade e na relevância da apresentação do MAQ para aprendizes no nível médio de ensino, este trabalho procurou contribuir para a linha de pesquisa de Ensino de Química apresentando uma experiência metodológica da

inserção dessa temática através de um objeto de aprendizagem, no caso um vídeo, introdutório sobre o assunto, como facilitador do processo ensino-aprendizagem.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Quais as possibilidades e importância da introdução dos conceitos sobre Modelo Atômico Quântico no Ensino Médio? Quais as possibilidades metodológicas que podem proporcionar motivação nos estudantes para a aprendizagem desse tema? É possível que os estudantes do Ensino Médio percebam os princípios que caracterizam o Modelo Atômico Quântico?

Considerando a experiência de quinze anos na docência, no ensino de Química para o Ensino Médio, na rede pública e privada, foi possível constatar a ausência, no que se refere ao ensino dos modelos atômicos, nos livros didáticos de Química, do modelo atômico mais moderno, o Modelo Quântico. Os poucos livros que abordam este tema, apresentam abordagens superficiais, sendo, portanto, obsoletos em relação a esta área de conhecimento.

Vale ressaltar que o professor de Química utiliza muito os modelos clássicos de representação do átomo, estruturando os átomos como uma esfera rígida e indivisível. Isso pode ser evidenciado quando da explicação, por exemplo, das propriedades das substâncias, o que possibilita ao aprendiz a elaboração de conceitos que contribuem para compreensão, que naquele instante e para aquele momento é suficiente. Entretanto, para outros contextos estes modelos são inadequados como, por exemplo, quando se trata do estudo dos fenômenos da radioatividade, das ligações químicas ou da reatividade química, onde o aprendiz deve ultrapassar o conhecimento clássico.

Neste sentido, torna-se pertinente, o prosseguimento no estudo dos modelos atômicos, mostrando sua evolução e indicando sugestões mais atuais que possam ser utilizados para a compreensão de fenômenos cuja abordagem mais contemporânea dispensa abordagens clássicas de modelos atômicos.

Para Bachelard (1949) em seu desenvolvimento contemporâneo, as ciências físicas e químicas podem ser caracterizadas epistemologicamente como domínios de pensamentos que rompem nitidamente com o conhecimento dito vulgar. Segundo Mortimer (2002) é importante mostrar a ciência como uma criação humana, sujeita a influência de fatores sociais, econômicos e culturais de seu tempo. Abordar, sempre que possível, fatos históricos que contribuíram para as mudanças nos paradigmas aceitos em

determinada época, trazendo o próprio discurso dos cientistas para ilustrar essas mudanças, quando isso se mostrar apropriado, também é um dos papéis da escola.

Ostermann (2000) apresenta os resultados obtidos a partir das respostas de 61 físicos, professores de Física e pesquisadores em ensino de Física sobre a inserção da Mecânica Quântica no Ensino Médio. No estudo evidencia-se o consenso para assuntos, que podem ser explorados e compartilhados no ensino de Química, com possível inclusão: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas.

Outros estudiosos do ensino de ciências, compartilham da necessidade de incluir conhecimentos atualizados na formação geral do cidadão dada a sua importância na Química e na Física, bem como em aplicações tecnológicas cada vez mais presentes nas sociedades industrializadas (GRECA, MOREIRA & HERSCOVITZ, 2001).

Lobato & Greca (2005), por exemplo, enfatizam que o debate sobre o ensino de Teoria Quântica já é de relevância mundial. Assim, esta introdução ao mundo quântico, possivelmente promoverá uma alteração no conhecimento prévio, o subsunção, do aprendiz, dando-lhe melhores condições para entender mais e melhor os fenômenos não explicados pelos modelos clássicos e ao mesmo tempo ligar este conhecimento específico ao seu cotidiano.

Outro fator importante é a falsa ideia de que o modelo atômico de Bohr é aceito e usado no mundo científico como o mais atual. Pelo contrário, este modelo deve ser abordado como um modelo precursor da Teoria Quântica e que representa a transição da Física Clássica para a Física Quântica. Além disso, para que haja uma melhor compreensão de fenômenos associados à reatividade química ou às ligações químicas, faz-se necessário a utilização de alguns conceitos encontrados na Mecânica Quântica, que por sua vez fazem parte do Modelo Atômico Contemporâneo.

Considera-se também que a continuação do conteúdo até chegar a abordagem do conhecimento quântico e conseqüentemente a de um modelo atômico mais moderno, delineado pelo uso de representações mais atuais dos átomos e moléculas, poderá ajudar o estudante do Ensino Médio a compreender melhor o processo de construção do conhecimento científico.

Mostrar ao estudante a não existência de uma verdade absoluta na ciência, assim como na vida, facilita muito o entendimento dos fenômenos científicos atuais, trata-se

de uma abordagem que já deveria constar nos livros didáticos, recurso ainda mais utilizado por alunos e professores em situação formal de ensino.

Souza Filho & Grandini (2004) ao escreverem sobre o livro didático indicam que este é um dos instrumentos didático-pedagógicos mais utilizados no processo ensino-aprendizagem, orientando as atividades a serem desenvolvidas e facilitando a aprendizagem de conceitos, sendo o meio mais disponível e utilizado para realizar o diálogo entre professor e estudante. Os livros didáticos, por sua vez, devem estar alinhados aos PCN e PCN+, e com flexibilidade para previsão sobre as possíveis direções esperadas no ensino, em especial neste caso, no ensino de Química, principalmente no que se refere a atualização curricular, indicando requisitos mínimos para uma abordagem da temática científica mais uniforme pelo país.

Em 2011 os professores da rede pública escolheram os livros didáticos de alguns componentes curriculares e entre estes os dos componentes curriculares, Química e Física, sendo objeto de estudo nesta pesquisa os livros didáticos de Química, pré-selecionados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) que serão utilizados em 2012, 2013 e 2014.

Embora o livro didático seja o material instrucional mais usado pelos professores e estudantes acredita-se, em conformidade com Pierry Lévy (1990), que o uso de tecnologias de informação poderá auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, ou seja, utilizando o recurso áudio visual típico de simulação, o aprendiz apreende ideias e conceitos e progressivamente avança no sentido da aprendizagem significativa.

Assim, as tecnologias de informação e comunicação (TICs) assumiram papel preponderante na sociedade contemporânea, a ponto de se tornarem imprescindíveis no cotidiano. Logo, seu uso em situações de ensino-aprendizagem além de tornar as aulas mais interessantes, podem aproximar estudantes e mestres facilitando a interação e a troca de significados sobre a temática abordada, facilitando a aprendizagem significativa.

Alinhado com a facilitação do ensino nota-se também, um aumento nas possibilidades de utilização de TICs como consequência da diminuição dos custos de aquisição e o rápido surgimento de novas tecnologias, fazendo com que aquelas que já estão com uma base de aceitação tendam a ter uma diminuição de custos para sua aquisição.

Desta forma, o uso das TICs aparece como uma boa estratégia alternativa para o ensino das Ciências Naturais, pois os Estados e as escolas não precisam ter grandes

gastos com montagem e manutenção de laboratórios específicos para atividades experimentais nem com contratação de mão de obra especializada para este tipo de ambiente.

Sabe-se que o risco de acidente em um laboratório convencional são muitos e que a substituição de aulas práticas por TICs, em sala de aula, diminui esse risco, evitando dispêndio de recursos com o descarte e/ou tratamento de resíduos. Tudo isto ainda pode ser alinhado com o fato de que se pode utilizar um mesmo espaço para o ensino de todos os componentes curriculares, para os cursos de formação e capacitação dos professores e para a comunidade escolar.

No estado de Mato Grosso estes equipamentos foram e estão sendo adquiridos, sendo seus recursos, de acordo com Araujo (2005), potenciais facilitadores dinâmicos de ensino e aprendizagem.

Outro fator está relacionado com a dificuldade em realizar experimentos simples, em salas de aulas do Ensino Médio, que apresentem os efeitos quânticos.

Desta maneira este trabalho procura contribuir para um ensino de Química, mais alinhado aos PCNs, no que tange a uma atualização curricular e com a realidade da sociedade, no que se refere ao uso das TICs, para isto, acredita-se, então, no desenvolvimento de uma conjuntura nos componentes curriculares de forma a interligar e conduzir de maneira organizada o aprendizado desejado.

Assim o objetivo geral deste trabalho foi contribuir com uma abordagem inovadora que viabilize a inserção do Modelo Atômico Quântico no ensino de nível médio dos componentes curriculares, Química, a partir da elaboração e disponibilização de um vídeo didático, testado em situação de ensino-aprendizagem.

Na busca de atingir este objetivo geral, dividiu-se o desenvolvimento desta pesquisa em partes indispensáveis que se complementam, assim são apresentados os seguintes objetivos específicos:

- a) Verificar a possibilidade de se incluir o Modelo Atômico Quântico nos planejamentos de ensino de Química para o Ensino Médio;
- b) Desenvolver atividades privilegiando algumas características da teoria quântica, pertinentes ao modelo atômico moderno;
- c) Utilizar as TICs para elaborar um material potencialmente significativo, na forma de vídeo, para o ensino aprendizagem do Modelo Atômico Quântico;
- d) Aplicar e avaliar o objeto de aprendizagem, para facilitar a aprendizagem significativa do Modelo Atômico Quântico.

Em sintonia com estes objetivos foram elaborados seis capítulos, iniciando pelo capítulo introdutório. O segundo capítulo faz alusão ao referencial teórico deste trabalho, onde é apresentada uma discussão sobre as principais teorias envolvidas nesta pesquisa, a teoria de aprendizagem significativa e o estudo dos modelos atômicos.

No terceiro capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre os temas: A introdução do Modelo Atômico Quântico no Ensino Médio e a possibilidade do uso das tecnologias de comunicação e informação como ferramenta auxiliar da aprendizagem de um conteúdo.

O capítulo quatro apresenta o roteiro metodológico. No capítulo cinco são apresentados os resultados obtidos e no capítulo seis, que também é o último, estão as considerações finais sobre este estudo.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

O norte-americano David P. Ausubel, elaborou na década de 60, uma teoria de aprendizagem com origem cognitivista e voltada para aplicação em sala de aula. Sabe-se que os cognitivistas acreditam que existe na mente do indivíduo uma estrutura que organiza e processa a integração do conhecimento, denominada estrutura cognitiva. Na sua teoria Ausubel sistematizou como se processa a aprendizagem na mente de um aprendiz.

Objetivando-se uma explicação teórica de como acontece o armazenamento organizado das informações e seu processamento na mente de um estudante durante a aprendizagem nas salas de aulas no ensino formal, Ausubel formulou a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

#### **2.1.1. Caracterização da aprendizagem significativa e do conceito subsunçor.**

Moreira (2011) expressa que a aprendizagem significativa ocorre quando um conhecimento novo interage com uma informação encontrada na estrutura cognitiva do aprendiz. Essa informação denominada por Ausubel de subsunçor, ancora o novo conhecimento, que a modifica, tornando a mais relevante.

Moreira (2011), corroborando com Da Silva Neto (2006), afirma que o essencial da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) elaborada por Ausubel está na organização do conhecimento em conglomerados hierarquizados na estrutura cognitiva do aprendiz denominados de conhecimentos prévios ou subsunçores. Segundo esse autor, Ausubel indica que a aprendizagem será significativa sempre que este conhecimento que se encontra organizado na mente do aprendiz interagir com uma nova informação passando por mudanças que o deixa mais relevante.

Da Silva Neto (2006), concorda com Araujo (2005) ao destacar a TAS de Ausubel como um processo de interação entre a estrutura cognitiva do aprendiz,

chamada por Ausubel de subsunçor, e a nova informação ofertada. Para ocorrer à aprendizagem o subsunçor deve ser modificado, ficando mais evoluído, inclusivo, com maior possibilidade de se relacionar com outras informações, localizando-se de forma organizada na estrutura cognitiva do estudante.

Damáσιο, Pacheco & Martins (2009) se referem a TAS como sendo uma teoria cognitivista/construtivista, para os autores os conhecimentos adquiridos por um aprendiz, estão organizados e localizados em uma complexa estrutura cognitiva e a aprendizagem significativa ocorre sempre que o conhecimento armazenado na estrutura cognitiva interagir com uma nova informação, a partir de então, esta nova informação se ancora ao conhecimento prévio do aprendiz, modificando a estrutura cognitiva do indivíduo.

Segundo Moreira (2011) Ausubel deixa clara a preferência por uma aprendizagem significativa ao invés de uma aprendizagem mecânica, porém este aponta para não existência de uma separação entre estas duas formas de aprender, sinalizando que em alguns casos a aprendizagem mecânica se faz necessária para a construção dos subsunçores, que à medida que ficam mais abrangentes e elaborados, são usados pelo aprendiz como ancoras de novos conhecimentos. A seguir são apresentadas as condições para que ocorra a aprendizagem significativa.

### **2.1.2. Condições para que ocorra aprendizagem de forma significativa.**

Com a TAS Ausubel também comenta sobre as condições para que ocorra a aprendizagem, neste sentido, Trindade (2011) indica as condições necessárias para a ocorrência da aprendizagem significativa:

- a) Uso de material que se relacione com a estrutura cognitiva do estudante;
- b) Disposição do aprendiz para interagir com o novo material de forma substantiva e não arbitrária.

Com isto o autor considera que para ocorrer a aprendizagem significativa o material deve ser potencialmente significativo, mas este fator isolado não é suficiente para que ocorra a aprendizagem, ao contrário este deve estar associado à vontade do aprendiz de aprender.

Sob a óptica de Moreira (2011) algumas condições devem ser levadas em conta para que haja a ocorrência da aprendizagem significativa, condições que relacionam-se

com o material usado para aprendizagem e com a vontade do aprendiz, como indicado abaixo:

- a) O material deve ser relacionável ao subsunçor do aprendiz e o processo tem que ocorrer de forma não arbitrária e não literal;
- b) O aprendiz deve apresentar uma vontade de interagir de forma substantiva e não arbitrária com o novo material, o qual deve apresentar potencialidade significativa.

### **2.1.3. Tipos de aprendizagem significativa.**

Segundo Moreira (2011) Ausubel diferencia três tipos de aprendizagem significativa:

- a) Aprendizagem representacional: é o tipo mais simples de aprendizagem significativa, do qual os outros tipos dependem. Relaciona-se com a atribuição de significados individuais, palavras, a certos símbolos, sejam objetos, eventos ou conceitos;
- b) Aprendizagem de conceitos: é um caso particular de aprendizagem representacional, generaliza ou categoriza os conceitos e as ideias, estabelecendo igual valor entre o conceito e a palavra que o representa;
- c) Aprendizagem proposicional: relaciona-se com o aprender do significado das ideias sob a forma de proposição, ultrapassa o significado das palavras e dos conceitos.

### **2.1.4. Assimilação ou ancoragem do conhecimento.**

Na visão de Moreira (2011) esta parte teórica tenta explicar como ocorre a aprendizagem e a retenção do conhecimento, sugerido como no esquema abaixo:

$$\mathbf{a + A \rightarrow a'A'}$$

Onde:

a é o novo conhecimento;

A é o subsunçor;

a'A' é o subsunçor modificado.

Observa-se que tanto a nova informação quanto os subsunçores são modificados no processo, deste ponto em diante pode-se observar estágios distintos na aprendizagem:

- a) Não dissociação do subsunçor: fato que ocorre progressivamente com o decorrer do tempo e enquanto o processo de assimilação continua, assim depois de certo tempo a dissociabilidade será nula, com redução de  $a^2A'$  a somente  $A'$  (assimilação obliteradora);
- b) Dissociabilidade do subsunçor: ocorre em um determinado tempo, neste período o subsunçor ainda está dissociável, com favorecimento para a retenção de  $a'$ ;
- c) Tendência reducionista: é uma procura natural da estrutura cognitiva por simplificações, esta busca ideias, conceitos e proposições gerais e estáveis em desfavor de novas ideias.

### **2.1.5. A relação de interação entre o subsunçor e novo conhecimento.**

Moreira (2011) acredita que ao comparar a nova informação e os conhecimentos prévios, os subsunçores, pode acontecer da nova informação adquirir significado por meio de relação com o subsunçor, neste caso a aprendizagem é subordinada. Ainda nesta linha a nova informação pode ser mais abrangente do que as ideias e conceitos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, neste caso o encontrado na mente do aprendiz será colocado como pontos mais específicos da nova ideia chamada de superordenada. Temos ainda a possibilidade do novo conhecimento se apresentar muito abrangente e relevante não podendo ser assimilado ou não podendo assimilar a estrutura cognitiva, neste caso a aprendizagem é chamada de combinatória. Esta formará e se tornará mais um compartimento de conhecimentos prévios na estrutura cognitiva do aprendiz.

### **2.1.6. Os aspectos das modificações ocorridas na mente do aprendiz.**

Segundo Ausubel (2003) podemos elencar alguns aspectos no processo de aprendizagem significativa, o primeiro, chamado de diferenciação progressiva, é o produto de uma sequência de assimilação dos novos conhecimentos e está alinhado a aprendizagem subordinada. O segundo, denominado de reconciliação integrativa, está alinhado com a aprendizagem superordenada ou combinatória, refere-se à recombinação que ocorre entre significados previamente existentes na mente do indivíduo.

De Paulo (2006) afirma que é possível usar a TAS como ancoradouro para ensinar a Mecânica Quântica (MQ) no Ensino Médio. A autora deixa claro que embora

o aprendiz inicie com conhecimentos e com uma linguagem clássica, o subunçor, a medida em este se “aprofunda na teoria quântica ocorre a possibilidade de domínio de um novo grupo de conhecimentos, vindo com uma nova sequência de raciocínio, ocorrendo desta maneira uma ampliação do seu conhecimento conceitual” (DE PAULO, 2006, p.86).

Neste sentido esta parte da pesquisa objetiva a ratificação da afirmativa de De Paulo (2006 p.86) usando-se “a sistematização elaborada pela Teoria da Aprendizagem Significativa para introduzir o ensino do modelo atômico quântico no Nível Médio”.

## **2.2. MODELOS ATÔMICOS**

Os modelos atômicos são ferramentas indispensáveis para construção do conhecimento em Química, sua elaboração busca representar a realidade microscópica da estrutura da matéria, auxiliando no entendimento do mundo e do universo em que vivemos, possuem caráter provisório e historicamente vão sendo reelaborados ou até mesmo substituídos por outros com maior capacidade para esclarecer ou descrever fenômenos.

### **2.2.1. O Modelo Atômico de Thomson**

Para J. J. Thomson (Figueiredo, 2008, p.72) “o átomo é uma esfera de carga positiva onde os elétrons de carga negativa estão distribuídos uniformemente, estes poderiam se mover em anéis concêntricos, ocorrendo formação de ângulos iguais com eixo de rotação”.

De acordo com Lopes & Martins (2009) Thomson foi uma das personalidades mais importantes no processo de estruturação da teoria atômica no final do século XIX e início do século XX. Thomson indicou que o átomo seria uma esfera homogeneamente eletrificada, onde corpúsculos estariam em uma sequência de anéis paralelos, onde os mais internos deveriam possuir menores quantidades de corpúsculos, que girariam nas órbitas onde estão localizados, em alta velocidade.

Segundo Nussenzveig (1998) Thomson além de saber que o átomo deveria ser eletricamente neutro, também sabia que a massa do elétron era muito menor que a do átomo,. Para ele o átomo seria uma nuvem de carga positiva, estando os elétrons dentro dessa nuvem positiva.

Mahan & Myers (1995, p.269) acrescentam que “Thomson identificou o raio aproximado do átomo que seria da ordem de  $10^{-8}$  cm”.

Para Tipler & Mosca (2006, p.63) o átomo de Thomson seria “um fluido com a maior parte da massa do átomo e com carga positiva, onde estariam imersos os elétrons, formando-se um sistema eletricamente neutro”.

Segundo Caruso & Oguri (2006, p.351) Thomson descreve o átomo como sendo “uma esfera com distribuição homogênea de cargas positivas, no seu interior estariam distribuídos uniformemente e em anéis concêntricos os elétrons”. Para Lopes (2009) a descrição do átomo de Thomson considera “uma esfera de carga positiva e uniforme, e dentro desta esfera há um número de corpúsculos dispostos em uma serie de anéis paralelos”.

Tasca (2006) aponta para uma grande modificação da concepção de átomo, após a identificação do elétron por Thomson. Segundo este autor o átomo sugerido por Thomson seria representado por uma bolha de metal gelatinoso com carga positiva, onde haveria elétrons suspensos, de forma que um átomo deveria ter uma quantidade suficiente de partes positivas para cancelar as partes negativas.

Para Alves et al. (2010) Thomson foi quem primeiro afirmou que o átomo seria formado por partes, em seu modelo o elétron, partícula carregada negativamente, estaria distribuído uniformemente em uma massa de carga positiva.

Todos os recortes de relatos apresentados apontam para uma representação microscópica de um átomo divisível, formado por partes com cargas elétricas opostas que se neutralizam. No próximo item são apresentadas as principais características do Modelo Atômico de Rutherford, que representa um avanço ao indicar pela primeira vez a existência de regiões distintas nos átomos.

### **2.2.2. O Modelo Atômico de Rutherford**

Para Basso (2004) o modelo atômico proposto por Rutherford apresenta partículas que se repelem com grande intensidade, localizadas na região central, chamada hoje de núcleo, e outra, formada principalmente de espaços vazios que envolvem a região central e que é constituída por pequenas partículas negativas distribuídas em órbitas, os elétrons, produzindo-se um átomo neutro. Analisando-se este modelo e seguindo a teoria eletromagnética clássica é fácil inferir que o elétron se

movimentaria em espiral até colidir com o núcleo, sendo este um questionamento do Modelo de Rutherford.

Para Nussenzveig (1998) o átomo de Rutherford, apresenta uma minúscula região central, sendo maciça e de carga positiva, este não menciona ou caracteriza a outra região.

Caruso & Oguri (2006) apresentaram o átomo de Rutherford com um núcleo central, envolto por uma distribuição homogênea de partículas carregadas negativamente.

E. Rutherford (Figueiredo, 2008, p.73) “publicou um artigo indicando que a matéria causava um espalhamento de partículas  $\alpha$  e  $\beta$ , estas mudanças de trajetória poderiam ser de até  $180^\circ$ , fato que desqualifica o modelo atômico proposto por Thomson”. Segundo o autor, Rutherford ainda indica que o átomo deveria ter uma pequena região central que concentra praticamente toda a sua massa, não argumentando sobre a localização dos elétrons.

Rutherford (1911), ao comparar a teoria de Thomson com os resultados experimentais, sugere que o átomo consista de uma região central, com toda a carga concentrada neste ponto, e de que as grandes deflexões das partículas individuais  $\alpha$  e  $\beta$  ocorreram principalmente devido a passagem destas através do intenso campo central. O efeito da carga igual e oposta, suposta uniformemente distribuída através da esfera atômica deve muito pouco comparado com o efeito da carga central uma vez que a massa, o momento e energia cinética da partícula  $\alpha$  é muito maior quando comparado com os valores correspondentes de um elétron em movimento rápido (RUTHERFORD, 1911, p.687).

Segundo Rocha & Filho (1999) a experiência de Rutherford do bombardeamento de diferentes espécies de átomos com partículas alfa leva a descoberta dos núcleos atômicos com raios que variam entre  $10^{-12}$  a  $10^{-13}$  cm, originando o modelo atômico “sistema solar”, que apresenta um núcleo positivo, envolvido por elétrons planetários.

De acordo com Mahan & Myers (1995, p.269) o experimento de Rutherford foi muito importante para o desenvolvimento da teoria da estrutura do átomo, pois “o espalhamento de partículas  $\alpha$  por folhas de metal, talvez seja o experimento isolado que mais tenha influenciado o desenvolvimento da teoria da estrutura atômica”. Estes autores descrevem que após análise do experimento, Rutherford aponta que o átomo deveria ser altamente desuniforme com relação à distribuição de sua massa e da

densidade de carga, contrariando assim previsão de Thomson, estando a carga positiva reunida em uma pequena, mas pesada região do átomo, o núcleo.

Tipler & Mosca (2006) descreveram as conclusões de Rutherford sobre a estrutura atômica após experimento com as partículas  $\alpha$ . Segundo os autores para Rutherford era necessário que a carga positiva e a maior parte da massa atômica estivessem reunidas em um pequeno local, denominado, núcleo.

Lopes (2009) escreveu que Rutherford inicialmente descreveu o átomo com uma carga central reunida em um ponto, envolvida por uma distribuição homogênea de cargas elétricas opostas de mesmo valor e de forma esférica.

Para Eichler & Del Pino (2000), Rutherford, em 1911, baseado em dados experimentais elaborou a construção do modelo atômico nucleado, neste as cargas positivas e praticamente toda a massa estavam reunidas em uma região que por simetria, foi indicada em posição central dentro de um átomo, chamado de núcleo.

Tasca (2006) relatou que as experiências de Rutherford indicaram que a massa de um átomo encontra-se em uma parte minúscula em relação ao seu tamanho, evidenciando-se que o modelo atômico de Thomson seria, portanto, inadequado. O autor ainda apontou que o átomo de Rutherford apresentaria duas regiões, uma seria um espaço com pequena densidade e proporcionalmente grande, onde estariam os elétrons, a outra seria uma região concentrada, proporcionalmente pequena e com praticamente toda a massa do átomo.

Segundo Alves, Alanis & Costa (2010), após experiências com espalhamento das partículas alfa, Rutherford inferiu que os desvios observados não apresentavam compatibilidade com o modelo atômico em vigor, deduzindo que partículas positivas estavam reunidas num local central do átomo, chamado núcleo, onde também estava quase que toda sua massa, em torno dessa região no centro do átomo, estavam os elétrons que giravam num grande vazio. Para os autores esse modelo foi criticado por não apresentar estabilidade, já que um elétron movimentando-se em torno do centro deveria de acordo com o eletromagnetismo clássico perder energia e colapsar com o núcleo.

Assim, observa-se um consenso de que a representação do Modelo Atômico de Rutherford deve apresentar duas regiões: uma central, com grande densidade e de carga elétrica positiva, sendo esta região denominada de núcleo, outra periférica, que envolve a região central, chamada de eletrosfera, esta região apresenta baixa densidade e possui carga elétrica negativa.

O próximo item apresenta o Modelo Atômico de Bohr, que é o primeiro a inserir características da Teoria Quântica, objeto de estudo desta pesquisa.

### 2.2.3. O Modelo Atômico de Bohr

De acordo com Basso (2004) em 1913 o modelo atômico de Bohr foi proposto com a intenção de corrigir o colapso que aconteceria com o átomo de Rutherford, tendo como pilar a quantização da energia e a combinação dos trabalhos de Einstein, Planck e Rutherford. Assim Bohr elabora cinco postulados:

- a) Ao contrário do que se admite na eletrodinâmica clássica, a energia irradiada não é absorvida ou emitida de forma contínua, ocorrendo somente no momento da transição de um estado estacionário para outro;
- b) As leis da mecânica clássica governam o equilíbrio dinâmico dos estados estacionários, não se observando essas leis em transições entre os estados estacionários;
- c) Durante a transição entre dois estados estacionários em um sistema, observa-se a emissão de radiação homogênea, onde a relação entre a frequência  $\nu$  e a quantidade total de energia  $E$  é dada por  $E = h \cdot \nu$ , sendo  $h$  a constante de Planck;
- d) Os desiguais estados estacionários de um sistema simples, como o de um elétron movimentando-se em torno de um núcleo positivo, é determinado pela condição de que o momento angular do elétron é um múltiplo inteiro de  $h/2\pi$ ;
- e) O estado “contínuo” de um sistema atômico, isto é, a forma na qual a energia emitida é máxima, é determinado pelo estado onde o momento angular de cada elétron em torno do centro de sua órbita seja igual a  $h/2\pi$ .

Para Rocha & Filho (1999) ao analisar o modelo atômico de Rutherford, Bohr rapidamente entendeu que, se o elétron ocupasse qualquer região em torno do núcleo ocorreria o não desejado colapso em espiral com o núcleo, então, em 1913, Bohr idealizou seu átomo com elétrons confinados a certas regiões discretas pautando-se nos postulados:

- a) O elétron gira em torno do próton em regiões circulares e com momento angular não arbitrário;
- b) O elétron ao movimentar-se em regiões permitidas não emite luz, já quando o movimento ocorresse com transição entre regiões permitidas, a diferença de energia entre estas, seria emitida na forma de luz.

Para Silveira & Peduzzi (2006) a construção revolucionária do modelo atômico de Bohr esta alicerçada em duas condições:

- a) No conceito de estado estacionário, dirigido pelas leis da Mecânica Quântica;
- b) No postulado da quantização do momento angular.

Segundo os autores estas novas condições tornariam o átomo de Rutherford estável.

De acordo com Krane, Halliday & Resnick (1996) Bohr propôs um modelo atômico onde os elétrons circulam em torno do núcleo, como os planetas em torno do sol, e ao perceber-se que a Física Clássica chegou a um beco sem saída lançou dois postulados:

- a) O postulado dos estados estacionários, no qual ocorreu à suposição de que dentro de uma determinada região atômica o átomo de hidrogênio poderia ficar um longo tempo sem emitir radiação.
- b) O postulado da frequência, onde supõe que a absorção ou emissão de radiação ocorreria quando o átomo mudasse de um estado estacionário para o outro.

Para Mahan & Myers (1995) Bohr para explicar frequências emitidas nas linhas espectrais desenvolveu um modelo para o átomo de hidrogênio pautado nos seguintes postulados:

- a) O elétron possui energia fixa e definida, diretamente relacionada ao estado estacionário em que se encontra no átomo;
- b) Um elétron num estado estacionário não emite luz, porém ao transitar de um estado de maior energia para um o outro de menor energia ocorrerá a emissão de um quantum de radiação;
- c) Nos estados estacionários o elétron movimenta-se formando uma orbita circular em torno do núcleo;
- d) Os estados estacionários permitidos são aqueles para os quais o momento angular do elétron é quantizado em múltiplos de  $h/2\pi$ .

Ainda segundo esses autores o primeiro e o segundo postulados estão corretos, o quarto está parcialmente correto e o terceiro está totalmente errado, portanto, apenas os dois primeiros foram mantidos pela atual Teoria Quântica.

Segundo Tipler & Mosca (2006, p. 65) Bohr para contornar o problema da estabilidade atômica Bohr postulou que:

- a) Primeiro Postulado – As órbitas são estáveis: os elétrons movimentam-se em órbitas circulares, em locais chamados de estados estacionários, onde não irradia radiação;

- b) Segundo Postulado – Frequência de fótons a partir da conservação da energia: quando nas órbitas os elétrons não irradiam;
- c) Terceiro Postulado – Quantização do momento angular: um átomo irradia somente quando transita de uma órbita para outra.

Caruso & Oguri (2006), escreveram que, em 1913, Bohr postula em seu artigo da seguinte maneira:

- a) Um sistema atômico baseado no modelo de Rutherford só pode existir em determinados estados estacionários, ou órbitas, com energias definidas;
- b) A emissão, ou a absorção, de radiação eletromagnética só ocorre durante a transição entre estados estacionários.

Nussenzveig (1998), procurando explicar os resultados de Rutherford e baseando-se proposições de Planck e Einstein sobre a quantização, Bohr deduz as seguintes hipóteses:

- a) Estados estacionários – Os átomos possuem um grupo discreto de locais denominados órbitas eletrônicas, onde o elétron em movimento não perde energia;
- b) Condição de quantização – As órbitas são locais que satisfazem a condição de quantização do momento angular;
- c) Condição de frequência – Ao mudar de um local estacionário para outro a diferença de energia de um elétron é proporcional a emissão de um fóton.

Lopes (2009), detalhou em sua tese que, naquele momento, Bohr sabendo da instabilidade atômica preferiu o modelo atômico de Rutherford ao de Thomson, pois concluiu que a eletrodinâmica clássica não conseguiria descrever o comportamento dos sistemas com dimensões atômicas, sendo assim postulou:

- a) Ao contrário do que prega a eletrodinâmica clássica, a energia não é emitida ou absorvida de forma contínua, mas somente durante a mudança de estado estacionário;
- b) As leis da mecânica clássica são os pilares do conhecimento somente quando ocorre o equilíbrio dinâmico nos sistemas estacionários, não se observando a utilização destas durante as transições entre estados estacionários;
- c) Na transição de um estado estacionário para outro ocorre a emissão, ou absorção, de radiação homogênea, sendo a relação entre a frequência ( $\nu$ ) e a quantidade total de energia emitida dada por  $E = h \cdot \nu$ , onde  $h$  é a constante de Planck;
- d) Um estado no qual um elétron gira em torno do núcleo, chamado de estado estacionário, é determinado pela condição de ser igual a um múltiplo inteiro de  $h/2$  a

relação entre a energia de emissão total durante o surgimento e a frequência da revolução do elétron. Em outras palavras admitindo-se a órbita do elétron circular, supõe-se que o momento angular do elétron quando em torno do núcleo é  $h/2\pi$ ;

- e) O estado no qual a energia emitida é máxima, denominado estado permanente, é comandado pela condição do momento angular de cada elétron ser igual a  $h/2\pi$ .

Segundo Tasca (2006), em 1913, Bohr conferiu as seguintes características para um elétron:

- a) Gira em torno do núcleo em órbita circular;
- b) Emite energia quando aproxima-se do núcleo;
- c) Só existe em regiões específicas, denominadas estados estacionários.

Após esta análise sobre o Modelo Atômico de Bohr, chega-se ao que denomina-se de principais características deste modelo, que são:

- a) A energia constante do elétron quando movimenta-se em um estado estacionário;
- b) A descontinuidade da energia na região denominada de eletrosfera, chamada de estado estacionário;
- c) O uso da Teoria dos Quanta de Planck;
- d) O movimento das entidades, no caso elétrons, entre os estados estacionários ocorre somente em dois casos, por ganho de energia proveniente de uma fonte externa, neste caso o elétron salta para um estado estacionário mais energético e diz-se que ele está no estado excitado, ou num segundo caso pela perda desta energia que anteriormente foi absorvida da fonte externa, neste caso o elétron volta ao estado estacionário inicial, emitindo a energia anteriormente absorvida sob a forma de luz.

No próximo item é concluído o estudo sobre os modelos atômicos, nele discorre-se de maneira sucinta sobre o Modelo Atômico Quântico com o objetivo de unir elementos que viabilizem a elaboração e o compartilhamento deste modelo, com e pelos, estudantes do Ensino Médio.

#### **2.2.4. O Modelo Atômico Quântico**

Para Silva & Cunha (2008), a Teoria Quântica é aquela que orienta as pesquisas na área de Química na atualidade, sendo, portanto, relevante e indispensável o seu estudo para a elaboração do conhecimento químico atual. Os autores defendem uma construção histórica do modelo atômico, começando desde o átomo indivisível até o

modelo atômico atual. Segundo estes o modelo quântico é de singular importância por explicar mais e melhor os dados experimentais que seus antecessores, desta feita ele possui maior importância na atualidade. Os Autores ainda apontam a falta de discussão sobre o ensino do Modelo Atômico Quântico na Química, indicando que de 2001 até 2007 apenas dois artigos foram publicados em revistas especializadas da área e que nenhum destes fazia discussão do ensino deste modelo no Ensino Médio.

Os modelos atômicos são tentativas de "ver" com os olhos da mente aquilo que os olhos físicos não são capazes. Na verdade vemos sinais da existência dos tais átomos, e a medida que a tecnologia evolui a partir dos conhecimentos construídos pela mecânica quântica reelaboramos o modelo de átomo para incorporar conceitos como o quantum ou da densidade de probabilidade, estes acompanhados dos conceitos de indeterminismo, dualidade e função de onda serão objetos de estudo desta pesquisa. Posteriormente estes conceitos serão utilizados para elaboração e caracterização do Modelo Atômico Quântico.

#### a) A primeira característica quântica: o Quantum

Segundo Silveira & Peduzzi (2006), o quantum, primeira característica de um sistema quântico foi proposta em 1900 por Planck e usada por alguns cientistas na tentativa de elaboração do modelo atômico sem muito sucesso, sendo somente reconhecida como importante quando Bohr utilizou-se desta característica para desenvolver uma teoria de explicação de um novo modelo atômico, tendo como pano de fundo o modelo atômico de Rutherford.

De acordo com Mahan & Myers (1995) o surgimento do Quantum ocorreu devido a ausência de capacidade da teoria eletromagnética de explicar de maneira relevante a natureza da radiação emitida por um corpo sólido quando aquecido. Para solucionar este problema, Planck elaborou sua hipótese quântica, o quantum, na qual um sistema mecânico não pode ter uma energia arbitrária, sendo ao contrário, permitido para ele somente valores definidos de energia.

Segundo Atkins & Jones (2006), para solucionar o problema de estudo da radiação emitida por um corpo negro, Planck, durante o desenvolvimento de sua teoria descartou a Física Clássica, pois esta não restringe a quantidade de energia que pode ser transferida de um corpo para o outro, para os autores Planck defendeu a ideia de que a troca de energia que acontece entre matéria e radiação ocorre em quanta, ou seja, em

pacotes de energia cuja quantidade corresponde a  $h \cdot \nu$ , onde  $h$  é constante equivalente a aproximadamente  $6,63 \times 10^{-34}$  Joules x segundo (J.s) e  $\nu$  é a frequência de radiação.

b) A segunda característica quântica: o indeterminismo ou princípio da incerteza

Segundo Tipler & Mosca (2006) e Caruso & Oguri (2006), enunciado por Heisenberg no ano de 1927, o Princípio da Incerteza afirma ser impossível medir de forma precisa e ao mesmo tempo a posição e o momento de uma partícula.

Isso significa que, quanto maior a indefinição do valor de momento ( $\Delta p$ ) menor é a incerteza na localização ( $\Delta x$ ) da onda-partícula, um resultado que pode ser expresso segundo a relação de incerteza:

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar/2 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde  $\hbar = h/2\pi$ , sendo  $h$  a constante de Planck.

Para Atkins & Jones (2006, p. 122) “a dualidade partícula-onda tornou impossível de se descrever a localização se o momento linear é conhecido e não se consegue especificar a trajetória da partícula”.

c) A terceira característica quântica: a dualidade da matéria ou seu princípio da complementaridade

Segundo Braga (2007, p.46-47) apesar de não existir um experimento onde os dois comportamentos se apresentam ao mesmo tempo, “a matéria possui caráter ondulatório e corpuscular, aspectos excludentes, que juntos fazem uma descrição completa da matéria”.

Mahan & Myers (1995, p. 279-280) acrescentaram que todas as partículas em movimento apresentam características ondulatórias, ou seja, “o comprimento de onda diminui de forma inversamente proporcional a massa e a velocidade de uma partícula”. Estes autores deixaram claro que as propriedades ondulatórias de uma macropartícula não podem ser observadas, pois o comprimento de onda a estas associadas é menor que as dimensões de qualquer sistema físico que venha a medi-las.

Para Nussenzveig (1998) e Tipler & Mosca (2006) as partículas atômicas e subatômicas ou os portadores de momento e energia, apesar de mostrar características de partículas e de ondas, não são nem uma nem outra nas suas formas clássicas.

## e) A Função de onda

Caruso & Oguri (2006, p.445) escreveram que “em 1925 Schrodinger, chegou a uma equação diferencial que associava as ondas de L. de Broglie com o movimento de um elétron”.

Segundo Braga (2007 p.35), usando como base as características peculiares do principio de Fermat, da óptica ondulatória e da óptica geométrica, “Schrodinger elaborou uma equação que expressa o comportamento ondulatório da matéria, nela esta implícita que toda matéria apresenta uma onda associada”.

Atkins & Jones (2006, p.123), afirmaram que Schrodinger, em sua abordagem, “substituiu a trajetória precisa de uma partícula por uma função de onda que é uma função matemática, cujos valores variam com a posição da partícula”.

Segundo De Paulo (2006, p.92), “o físico austríaco Erwin Schrödinger desenvolveu um formalismo que se propunha a descrever a característica ondulatória da matéria”. Acreditando que as ondas associadas à matéria seriam entidades físicas reais, Schrödinger procurou estabelecer uma equação diferencial que expressasse o comportamento das ondas de matéria. Embora o processo segundo o qual a equação de Schrödinger foi deduzida não esteja claro do ponto de vista histórico, pode ter sido a partir do seguinte raciocínio:

Uma onda plana se movendo da esquerda para a direita pode ser expressa, como uma exponencial imaginária, da seguinte maneira:

$$Ae^{\pm i(kx - \omega t)} \quad \text{Equação (2)}$$

Considerando as equações fundamentais:

$$E = \hbar\omega \quad \text{Equação (3)}$$

que descreve a quantização de energia e

$$p = \hbar k \quad \text{Equação (4)}$$

que descreve a quantização do momento do elétron e ainda levando-se em conta que:

$$v = \omega/2\pi \quad \text{Equação (5)}$$

$$\lambda = 2\pi/k \quad \text{Equação (6)}$$

$$\hbar = h/2\pi \quad \text{Equação (7)}$$

A ideia de Schrödinger era introduzir o formalismo de operadores diferenciais na MQ, sendo que os operadores diferenciais que são chamados de operadores energia e momento resultam nas equações (2) e (3) e a partir da onda plana resultam:

$$E_{op} = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \quad \text{Equação (8)}$$

$$p_{op} = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x} \quad \text{Equação (9)}$$

Supondo que tais expressões seriam válidas em quaisquer circunstâncias, o próximo passo foi introduzir as expressões (4) e (5) em termos de operadores na expressão da conservação de energia total:

$$E_{tot} = E_{cin} + E_{pot} = \frac{p^2}{2m} + V \quad \text{Equação (10)}$$

Na lógica de Schrödinger se a energia total e a quantidade de movimento são operadores, elas atuam sobre uma função que representa a onda de matéria: a função de onda  $\Psi$ :

$$E_{op}\varphi = \frac{p_{op}^2\Psi}{2m} + V\Psi \quad \text{Equação (11)}$$

a qual, introduzindo as expressões dos operadores, resulta na famosa equação de Schrödinger:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \varphi = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \varphi + V\varphi \quad \text{Equação (12)}$$

Sendo essa equação a versão unidimensional da equação de Schrödinger, válida apenas quando os problemas podem ser reduzidos a uma dimensão, como é o caso de uma onda-partícula se movendo ao longo, por exemplo, do eixo x.

#### e) A densidade de probabilidade

De acordo com Tipler & Mosca (2006, p.15) “a equação de Schrodinger relata o comportamento de uma partícula isolada”. Para os autores o quadrado da função de onda dessa partícula indica a probabilidade de encontrá-la numa determinada unidade de volume.

Segundo Atkins & Jones (2006, p.123) Max Born, em 1927, introduz a proposta de interpretação física para a função de onda, sendo a densidade de probabilidade, a

probabilidade de que uma partícula esteja em um pequeno espaço em relação ao volume da região ocupada.

Embasado pelas características quânticas acima citadas, pretende-se introduzir o modelo atômico moderno, como uma forma de facilitar a compreensão de conteúdos de Química que necessitem de conhecimento prévio da Teoria Quântica ao mesmo tempo pretende-se proporcionar aos estudantes condições básicas para a compreensão de conteúdos mais relacionados a atualidades não se prendendo somente a conhecimentos obtidos antes do século XX.

Existe uma unanimidade nas pesquisas aqui mencionadas, da possibilidade de inserir a Mecânica Quântica no Ensino Médio, então, identificam-se aqui, alguns motivos que levam a acreditar e a corroborar com a necessidade e a viabilidade desta introdução.

- a) Contato – é este na maioria das vezes este o único e último contato dos alunos com a Física e a Química;
- b) História – é uma ótima oportunidade para uma abordagem da história da ciência apontando a relação entre a evolução dos modelos científicos e a evolução dos aspectos sociais da humanidade. Epistemologicamente pode-se discutir o aspecto provisório do conhecimento científico, como a ciência evoluiu, ora de maneira contínua, a partir de modelos já existentes, ora por descontinuidades, com rupturas em relação ao conhecimento anterior, com quebras de ideais, de crenças. Pode-se levar o aluno a perceber que a Ciência é uma construção humana, e que parece consensual e bem resolvido nos livros didáticos, demandou tempo e esforço para se estruturar como uma verdade científica que ainda assim é provisória;
- c) Cotidiano – o ensino assim estará alinhado com o mundo atual, com a sociedade atual, referindo-se a computadores, celulares, televisores encontrados nas nossas residências, nos nossos locais de trabalho ou diversão, em supermercados ou farmácias, enfim refere-se a aparelhos corriqueiros na atualidade;
- d) Viabilidade – muitos acreditam que é difícil introduzir a MQ no EM, devido ao elevado grau de abstração, porém as pesquisas apontam que os alunos apresentam dificuldades semelhantes durante a aprendizagem de conteúdos denominados clássicos.
- e) Aprofundamento – o conhecimento básico qualitativo, pautado em conceitos, sobre a MQ, proposto neste nível de ensino facilitaria um aprofundamento em níveis superiores.

Uma vez identificados os motivos importantes para se introduzir a MQ, surgem outros fatores que precisam ser considerados:

- a) A metodologia - Alguns autores acreditam que é preciso começar pela parte clássica da ciência, mostrando suas inadequações, identificando as possíveis soluções com a parte Quântica, enquanto outros defendem a não utilização da parte clássica, que segundo eles podem se tornar um empecilho na aprendizagem da parte quântica. Neste sentido, De Paulo (2004), indicou que independente da forma, os aprendizes conseguem atender às expectativas sobre o entendimento da MQ básica, principalmente quando este conhecimento está atrelado ao cotidiano do aprendiz;
- b) Professores - É de extrema importância a preparação dos professores em sua formação inicial e continuada, contudo, deve haver pré-disposição para que a introdução da MQ no EM seja bem sucedida, uma vez que as condições de ensino no Brasil, especialmente para abordar Química e Física, por vezes são desfavoráveis, quer pela redução da carga horária das disciplinas, quer pela falta de recursos didáticos disponíveis que poderiam motivar o aluno a desejar aprender. Não vamos entrar no mérito porque esse não é o foco, mas pelo país fora sabe-se que o espaço escolar não favorece, por vezes a aprendizagem do estudante.
- c) Materiais didáticos - Hoje no processo de ensino-aprendizagem muitos materiais didáticos podem ser facilitadores, mesmo assim na maioria das aulas ministradas são usadas, pelo professor e pelo aluno, exclusivamente o livro didático, destacando-se este como uma fundamental ferramenta do processo.

Entre os recursos que podem ser utilizados para facilitação do ensino-aprendizagem deixa-se em destaque a importante e crescente socialização dos computadores, que nos últimos anos, devido à diminuição do preço, aumentaram em quantidade nos lares e escolas brasileiras, esta ferramenta pode ser uma grande aliada do processo de ensino-aprendizagem nas nossas escolas. Assim esta pesquisa visa fazer uma introdução do Modelo Atômico Quântico, descrevendo as seguintes características desta Teoria: Teoria dos Quanta, Dualidade da Matéria, O indeterminismo, A Função de Onda e a Densidade de Probabilidade, trabalhadas a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa, tendo como veículo facilitador as tecnologias da informação e comunicação.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. O USO DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO**

Levando-se em consideração que o professor é o facilitador indispensável para a aprendizagem, em qualquer nível, e que o livro didático é o material de apoio mais utilizado nas escolas, considera-se atualmente que o computador pode ser uma poderosa ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, complementando, facilitando, estimulando e causando possibilidades de mudança na qualidade de ensino, desde que seja utilizado dentro de um planejamento bem elaborado pelo professor.

Benite, Benite & Silva Filho (2011) apontaram as necessidades envolvidas para a compreensão do conhecimento em Química, formulado através de representações elaboradas em três dimensões: macroscópico, microscópico e simbólico, neste sentido as Tecnologias de Informação e Comunicação seriam uma opção para correlação entre os níveis de entendimento, proporcionando ao aprendiz participação ativa no processo de busca e elaboração do conhecimento.

Arroio et al. (2005) fizeram duas importantes indicações sobre o uso dos computadores:

- a) Nas últimas décadas observou-se o aumento e a popularização do seu uso;
- b) Que esta é uma opção educacional que potencializa o interesse do aprendiz, atendendo suas necessidades específicas e facilitando sua percepção dos conceitos.

Eichler & Del Pino (2000) admitiram que o uso das tecnologias de informação e comunicação, no caso softwares com simulações, podem auxiliar com sucesso o processo de ensino-aprendizagem, apontando também para o importante papel do professor como mediador do evento.

Giordan & Meleiro (1999) escreveram que quando bem articulado pelo professor-mediador existem vantagens no uso do computador para o processo de ensino-aprendizagem, segundo estes os ganhos que subsidiam a aprendizagem são

claros principalmente se levarmos em conta a capacidade de simulação oferecida pela tecnologia em questão.

Araujo (2005) usou a palavra onipresente para relacionar o computador com as áreas do conhecimento humano. O autor realizou uma revisão, mapeando trabalhos envolvendo os computadores e o Ensino de Física, relacionando através de critérios e enfatizando não ter a intenção de elaborar uma pesquisa que complete e finalize o assunto. Os resultados indicam as principais potencialidades para o uso dos computadores, tais como: coleta de dados, simulações ou instrução assistida, indicando que a aplicação mais utilizada é a simulação.

Araujo (2005) ainda apontou que as TICs mostrariam novos caminhos para o ensino, deixando clara a necessidade de relacionar o uso das tecnologias com uma teoria de aprendizagem. Por fim o autor afirmou que o auxílio do computador facilita a visualização e interação com situações problema, sendo este um motivador da aprendizagem.

Segundo Dorileo Junior (2011) nos últimos anos está mais fácil o acesso e aquisição de computadores fato que aliado a expansão da internet doméstica formou uma geração de aprendiz familiarizada com as tecnologias, tendo, portanto, a escola a necessidade de acompanhar esta tendência dos atuais estudantes. O autor ainda relatou que, segundo os estudantes, o uso da tecnologia torna a aula mais interessante, fato que pode ter melhorado a relação professor-aluno.

Para Souza (2008) as TICs desempenham papel fundamental na educação, fazendo parte de uma forma privilegiada de acesso à informação. O autor menciona que o professor da atualidade deve estar familiarizado com esta nova forma de ensino, sendo a sua atividade hoje voltada para facilitar, mediar e conduzir o aprendiz durante o processo da construção do conhecimento.

Para Lima (2001) a propagação das novas TICs na sociedade contemporânea é inquestionável, porém este também enfatiza que algumas vezes as escolas, principalmente as particulares, pressionadas pelo mercado, tomam direções equivocadas, priorizando e investindo em máquinas e softwares, e esquecendo muitas vezes da capacitação docente, apontando que no processo de formação do professor, este deve adquirir conhecimento e compreender as possibilidades efetivas de aplicação destes recursos no processo de ensino-aprendizagem.

Para Melo (2007) na atualidade os computadores são importantíssimos uma vez que deixa mais veloz o compartilhamento do conhecimento produzido e o acesso a

informação. O autor apontou algumas dificuldades encontradas pelo caminho para a utilização do computador tais como:

- a) Falta de segurança e conseqüentemente resistência do docente em utilizar esta ferramenta;
- b) Busca por resultados imediatos por parte dos gestores escolares.

O autor também indica possíveis caminhos para solucionar estes problemas:

- a) Formação inicial do licenciado com competências relacionadas com as TICs;
- b) Investimento na formação continuada do docente.

A visão de Giordan (2005) indica que vários países destinam grandes quantias de recursos para equipar escolas com computadores e internet, fato também observado na iniciativa privada e que ocorre de maneira semelhante no Brasil. Em seu artigo o autor analisou algumas formas ou situações de uso dos computadores em sala de aula de ciências, entre estas encontram-se as simulações e animações, que segundo ele são atrativas para a Educação em Ciências. Os resultados deste estudo sugerem que a narração seja veiculada ao mesmo tempo, que a animação, comentando que assim o aprendiz aprende melhor. Por fim o autor é comedido em censurar ou recomendar formas de uso dos computadores, recomendando uma investigação sobre o que se passa naquele ambiente durante o ensino.

Mathias, Bispo & Amaral (2009), indicaram que a escola deve aproveitar o presente instante tecnológico para tornar mais modernas suas propostas e práticas de ensino e aprendizagem, os autores elaboraram a explanação de um conteúdo de Química “Modelos Atômicos” com o auxílio das TICs, com a seguinte sequência:

- a) Aula expositiva sobre os Modelos atômicos, de Dalton a Bohr;
- b) Aplicação do teste inicial;
- c) Uso do objeto de aprendizagem do ambiente RIVED;
- d) Aplicação do teste final.

Posteriormente a análise e comparação dos testes mostraram um resultado satisfatório para o uso das TICs no ambiente educacional.

Andrade (2007) relatou um estudo elaborado durante a formação de professores através do Ensino a Distância (EAD), sob sua óptica a política, que segundo a autora quer aumentar a quantidade de professores no país, corrobora com a necessidade de entendimento do uso das TICs nas salas de aulas, salientando que esta é uma forma eficiente de ligar professores e aprendizes à realidade social e econômica da atualidade, seguindo, portanto, uma tendência mundial de investimentos em informatização, e

deixando claro que muito deve ser feito para que a inserção das TICs na educação seja efetuada de forma eficaz.

Carolino (2007) mencionou que o uso das TICs na educação está relacionada com uma alteração na forma de agir do aprendiz e do professor, onde o estudante deve sair da sua postura passiva deixando de ser um receptor do conhecimento e o professor deve estar aberto as mudanças nas formas de interação durante as aulas. Segundo a autora os professores devem passar por cursos de formação que viabilizem o desenvolvimento de habilidades e competências para que estes se familiarizem e se apropriem das TICs, deixando de somente de fazer uso e passando a produzi-las e/ou apresentando um comportamento crítico sempre que associa-las a meio educacional.

Menezes (2009) utilizou as TICs como ferramentas facilitadoras da aprendizagem significativa. Na sua pesquisa a autora utilizou pequenos vídeos como organizadores prévios do conhecimento, na estrutura cognitiva do aprendiz, relacionando desta maneira as TICs com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, método que utiliza-se nesta pesquisa, com semelhante intenção, pois nesta também utiliza-se um vídeo como objeto facilitador na relação ensino-aprendizagem para o estudo do Modelo Atômico Quântico.

### **3.2. A INTRODUÇÃO DA MECÂNICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO**

Percebe-se nos livros didáticos de Química do nível secundário, uma defasagem ou mesmo falta de informações sobre a Teoria Quântica, tão importante para a compreensão do mundo atual, indicando a grande resistência dos autores destas obras científicas no que se refere à abordagem deste tema. Na academia, ocorre pelo menos há duas décadas, pesquisas que ressaltam a importância, as possibilidades, a eficiência e as formas de inserção da Teoria Quântica no Ensino Médio, sobre estes temas referem-se às análises das pesquisas abaixo.

De acordo com Terrazan (1992) a inserção da Física Quântica no Ensino Médio é importante porque leva o aluno a um melhor entendimento do mundo que o cerca, assim o autor esclarece que:

“a influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau” (Terrazan, 1992, p.210).

Sendo também de fundamental importância para o autor uma participação efetiva dos professores do atual Ensino Médio e as metodologias a serem empregadas durante as aulas para conseguir-se uma aprendizagem mais eficaz.

Para Carvalho, Freire & Rocha (1999) os alunos não podem ficar alheios às mudanças conceituais do nosso século, sendo este conhecimento parte da alfabetização científica da sociedade contemporânea; estes pesquisadores concluíram após resultados parciais de testes aplicados, que os estudantes apresentaram dificuldades idênticas no aprendizado de Física Clássica e de Física Moderna. Portanto, as dificuldades apresentadas pelos alunos durante o aprendizado de Física Quântica não são fatores que desautorize a necessidade e a possibilidade desta introdução.

Pinto & Zanetic (1999), em busca de inferir estudo que permitam analisar a introdução da Mecânica Quântica no Ensino Médio, ofereceram um minicurso para alunos secundaristas, delineado na história e filosofia da ciência. Segundo os autores pautados em suas experiências e após análise dos testes ofertados aos aprendizes, afirmam que muitas questões ainda necessitam de respostas, apesar disto, acreditam ser possível a introdução da Mecânica Quântica neste grau de escolaridade.

Ostermann & Ricci (2004) fizeram um levantamento sobre o ensino da Mecânica Quântica em vários países, no ensino superior e médio, chegando-se a conclusão que é preciso uma melhor preparação dos professores para este fim. Partindo-se desta análise os autores propuseram a introdução do ensino da MQ para alunos de um curso de mestrado, que trabalham como professores, tendo um resultado positivo, pois estes conseguiram diferenciar objetos clássicos de quânticos, caracterizando os quânticos com maior clareza e sem lacunas, desta forma possivelmente os alunos-professores apresentaram melhores condições de ensinar Mecânica Quântica para qualquer segmento de estudo.

Segundo Moreira & De Paulo (2004) a inserção da Mecânica Quântica no Ensino Médio é objeto de estudo de pesquisadores desde a última década do século

passado e apesar das divergências entre os pesquisadores sobre qual a melhor forma de fazer esta inserção, evidências encontradas apontam que os alunos deste segmento estruturaram conceitos importantes para a compreensão do mundo quântico, sendo viável esta introdução, independente da forma de abordagem.

Para Lobato & Greca (2005) as aprendizagens no Ensino Médio estão distantes de acompanhar a grande evolução científica e tecnológica do XX encontrada sociedade atual, por isto estes autores afirmam que “atualmente é consensual, entre físicos e professores de Física, em nível internacional, a necessidade de introduzir conteúdos de Física contemporânea nos currículos de Física do Ensino Secundário”. Sendo importante frisar a preocupação destes com a formação do professor e também com a forma como os conteúdos escolhidos devem ser tratados para que ocorra uma contribuição no entendimento dos estudantes acerca do mundo microscópico.

Segundo Brockington (2005), o Ensino Médio é para muitos estudantes o último contato com a Física, então, não faz sentido que o currículo seja formado somente por conteúdos da Física Clássica, estudada anteriormente ao século XX, sendo ao contrário, importantíssimo que estes aprendizes tenham contato com a Mecânica Quântica para compreender melhor o mundo atual.

De Paulo (2006) apresentou algumas análises interessantes a respeito das propostas de introdução da Mecânica Quântica no Ensino Médio ao longo das duas últimas décadas, não sendo possível para a autora identificar a melhor proposta, pelo contrário, a proposta deve ser adequadamente escolhida baseada no perfil do estudante. Esta autora deixa claro que acredita ser viável ensinar no Ensino Médio, a ciência Física, seja a Clássica ou a Quântica, desde que pautada em uma abordagem conceitual e filosófica, e fazendo-se a conexão entre esta, a Física, e o cotidiano do aprendiz.

Sanches (2006) afirmou que muitos pesquisadores já indicaram que há necessidade da inserção da Mecânica Quântica no Ensino Médio e que em muitos países desenvolvidos já se superou a etapa de levantamentos de justificativas. Segundo o autor a Inglaterra e alguns países do Reino Unido passaram por mudanças curriculares em 2000, destas surgiram a Mecânica Quântica como parte fundamental. O autor ainda afirma que tanto a Lei de diretrizes e Bases (LDB, 1996) quanto os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, 1999) deixam claro que se deve inserir a Mecânica Quântica no Ensino Médio das escolas brasileiras.

Segundo Oliveira (2006) os debates sobre a necessidade de modernização no currículo dão indícios de superação, sendo pertinente no momento planejamento para sua implantação, neste sentido são importantes três pontos:

- a) Identificar uma metodologia adequada afim de não transformar Física Moderna e Contemporânea (FMC) em apenas mais um título no currículo escolar;
- b) A formação acadêmica e continuada do professor;
- c) Necessidade de relação do conteúdo com o cotidiano do aprendiz.

Para Monterio & Nardi (2007) que analisaram pesquisas no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), ocorridas de 1997 a 2005, em eventos bianuais, observaram um aumento nas pesquisas envolvendo ensino de Mecânica Quântica nos níveis superior e médio. Nos quatro primeiros eventos a quantidade de pesquisas sobre o tema não teve grandes variações, porém no último apresentou um aumento acentuado nas pesquisas destacando-se as ocorridas no nível médio de ensino.

Segundo D'Agostini (2008) sua pesquisa comprovou os mesmos problemas identificados por Terrazan (1992). Para a autora esta consideração revela que não é suficiente a elaboração de documentos sobre a necessidade de introdução da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no EM como o elaborado com o PCN, segundo ela deve-se olhar para o professor, para sua formação inicial e para sua formação continuada e desta forma qualificar melhor o professor que participará do processo. Em relação à forma como deve ser inserido este conteúdo, o autor enfatiza que:

“desde que o formalismo matemático não seja demasiadamente avançado, o que aumenta a responsabilidade na formação dos professores, para que esses assuntos tenham condições de ser ensinados efetivamente em sala de aula, privilegiando os seus aspectos conceituais, históricos e contextuais (D'Agostini, 2008, p.100).”

Para a autora as pesquisas demonstraram que com o uso dos aspectos conceituais, históricos e contextuais os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea são na maioria das vezes compreendidos pelos estudantes do Ensino Médio.

Loch & Garcia (2009) reforçaram a existência de uma carência de pesquisas para algumas áreas da Física Moderna e Contemporânea e que faltam materiais didáticos apropriados aos professores e discentes do nível médio. Após examinar trabalhos com propostas de introdução da Mecânica Quântica no Ensino Médio de 2002 a 2009, enfatizaram sobre o encontrado nas pesquisas, uma preocupação dos autores em

considerar a natureza da ciência, assim como a História e Filosofia da Ciência, o que permite que o estudante tenha uma visão mais próxima possível do desenvolvimento e construção da ciência. Desta forma estes autores corroboram a opinião de Ostermann & Moreira (2000) de que é fundamental se investir em materiais acessíveis aos professores e estudantes do Ensino Médio para poder introduzir de forma significativa a Mecânica Quântica.

Para Hilger, Moreira & Silveira (2009) existe uma tendência para introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, inserindo-se neste movimento a Física Quântica.

Para Rodrigues (2009) apesar da resistência a metodologia aplicada por parte de alguns estudantes, metodologia aplicada na introdução da Física Moderna no Ensino Médio foi satisfatória, usando uma abordagem experimental associada a sua aplicação tecnológica na sociedade.

De acordo com Campos (2010), por fazer parte da história do desenvolvimento da Física, é necessária a introdução na educação básica da Física Quântica (FQ), fornecendo uma visão geral na forma de tópicos, no mínimo para continuação da Física Clássica ou pelo menos onde a Física Clássica deixa de ter validade.

Chaves (2010) indicou que a partir da década de 90 a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio vem sendo objeto de estudo de muitos pesquisadores, para ele, deve-se fazer primeiro a capacitação do professor para se atenuar e corrigir uma possível má formação acadêmica, motivando-o, assim posteriormente o professor fará uma abordagem introdutória e conceitual, de forma cuidadosa nas salas do EM.

No âmbito das análises de Domingui (2010), sem dúvidas o avanço do conhecimento científico possibilitou o desenvolvimento tecnológico humano e alterou profundamente as condições de vida na Terra. Segundo o autor a compreensão destes avanços, bem com os caminhos percorridos pela ciência moderna não podem deixar de ser apresentados aos alunos do Ensino Médio, ficando os aprendizes a mercê de um conteúdo com aproximadamente 150 anos de atraso. Para este autor um dos fatores que ajudariam aos aprendizes na leitura e compreensão do mundo atual é a apropriação dos conhecimentos Quânticos.

Para Ornelas (2011) a Mecânica Quântica é o pilar que possibilitou o avanço da Química nas últimas décadas, sendo que a falta desta tornaria impossível, por exemplo, a compreensão da estrutura da matéria ou das ligações atômicas. Segundo esta autora é

possível ensinar Química Quântica a um aluno do nível secundário, desde que sejam observados quatro pontos:

- a) Abordagem qualitativa;
- b) Uso dos conhecimentos prévios dos aprendizes, apontando limitações para o conhecimento clássico;
- c) Uso de material didático adequado;
- d) Formação inicial e continuada dos professores.

Acredita-se que o ensino de alguns conteúdos de Química no nível médio pode ser facilitado pelo conhecimento ou construção do Modelo Atômico Quântico, pois assuntos como ligações químicas, geometria molecular ou radioatividade que são ministrados neste nível necessitam de subsunçores que só serão adquiridos com o estudo da Teoria Quântica.

Neste trabalho se propõe uma abordagem introdutória com alternativa de apresentação, construção e representação do Modelo Atômico Quântico no nível médio, através de um vídeo que está alinhado a cinco características quânticas denominadas por estudiosos como pilares desta teoria, que são:

- a) Quantum,
- b) Indeterminismo;
- c) Dualidade;
- d) Equação de onda;
- e) Densidade de probabilidades.

Importante ainda ressaltar duas peculiaridades da abordagem proposta neste trabalho de investigação, que são:

- a) Faz-se neste trabalho a introdução do Modelo Atômico Quântico, no vídeo, sem abordagens dos modelos atômicos anteriores;
- b) As características acima indicadas foram utilizadas para a elaboração do vídeo que posteriormente será usado como ferramenta auxiliar na construção desse novo conhecimento, que rompe com características clássicas e insere características tipicamente quânticas.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são descritos os materiais e os métodos utilizados para execução do trabalho. Iniciando-se pela elaboração prévia de sequência de procedimentos para o levantamento de dados, dividido em três etapas:

- a) O levantamento nos livros e suas análises;
- b) Detalhamentos sobre a elaboração do produto acadêmico e da metodologia usada na sua aplicação;
- c) Elaboração e aplicação dos testes inicial e final.

### 4.1. O LEVANTAMENTO NOS LIVROS

Iniciou-se a pesquisa pela escolha aleatória de alguns livros didáticos de Química disponíveis no mercado, alguns ainda são ou já foram adotados com frequência nas escolas e/ou utilizados pelos estudantes, alguns de uma época anterior ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e outros contemporâneos ao PNLD. Adicionou-se a estes os livros de Química do PNLD 2012/2013/2014.

As obras foram separadas por volume e em seguida foram definidas três categorizações, que nortearam as análises das obras nesta pesquisa, que foram: a data de edição; o pertencer ao PNLD e a existência de representações clássicas e/ou quânticas.

- a) Data de edição - considera-se livros recentes aqueles editados de 2010 a 2012, para estes denomina-se grupo D e livros antigos os editados antes de 2010, chama-se estes de grupo A;
- b) Pertencer ao PNLD - nesta observa-se se o livro didático pertence ou não ao PNLD 2012/2013/2014, indica-se grupo P aos que pertencem e grupo N para não pertencentes;
- c) Existência de representações clássicas e/ou quânticas - o objetivo foi identificar textos, figuras, representações, definições, indícios ou características de átomos/moléculas que representem o conhecimento clássico e ou o quântico, quando as representações na obra forem somente clássicas pertencerá ao grupo C, por outro lado se pelo menos uma das características inerentes à Teoria Quântica estiver presente no material este será considerado pertencente ao grupo Q.

A classificação dos livros segundo as categorias começou com os livros didáticos de Química volume um, depois, adotando-se o mesmo procedimento para os volumes 2 e 3 e finalizando com os livros de volume único, todos do nível médio.

Vale ressaltar que o principal objetivo desta classificação foi o levantamento de evidências de características quânticas nos livros de química do primeiro ano do Ensino Médio, geralmente denominado volume 1, nos exemplares que fazem parte do PNLD 2011.

#### 4.1.1. Livro de Química – Volume 1

Nesta etapa foram analisados quatorze livros didáticos do componente curricular Química pertencente ao Ensino Médio, dez são de edições anteriores a 2010, identificados na tabela 1 pela letra A e quatro com edições em 2010 e 2011, identificados na mesma tabela 1 pela letra D.

Destes apenas cinco pertencem ao PNLD e estão identificados, na tabela 2, pela letra P, dos quais somente três apresentam conceitos ou características relacionados a Teoria Quântica, como relaciona-se abaixo nas categorizações localizada nas tabelas 1, 2 e 3.

TABELA 01 – Data de edição

<b>Autor</b>	<b>Edição</b>	<b>Grupo</b>
Covre, G. J.	2000	A
Feltre, R.	2000	A
Feltre, R.	2004	A
Hartwig, D. R.; Souza, E.; Mota, R. N.	1999	A
Lembo, A.	1999	A
Lisboa, J. C. F.	2010	D
Mortimer, E. F.	2011	D
Peruzzo, F. M. e Canto E. L.	1998	A
Peruzzo, F. M. e Canto E. L.	2010	D
Reis, M.	1992	A
Reis, M.	2010	D
Santos W.; Mol G.	2010	D
Sardella, A.	1997	A
Silva, E. R.; Nóbrega, O. S.; Silva, R. H.	2001	A

TABELA 02 – Pertencer ao PNLD 2011

<b>Autor</b>	<b>Edição</b>
Covre, G. J.	N

---

Feltre, R.	N
Feltre, R.	N
Hartwig, D. R.; Souza, E.; Mota, R. N.	N
Lembo, A.	N
Lisboa, J. C. F.	P
Mortimer, E. F.	P
Peruzzo, F. M. e Canto E. L.	N
Peruzzo, F. M. e Canto E. L.	P
Reis, M.	N
Reis, M.	P
Santos W.; Mol G.	P
Sardella, A.	N
Silva, E. R.; Nóbrega, O. S.; Silva, R. H.	N

---

#### 4.1.1.1. Existência de representações clássicas e/ou quânticas

Para verificar a existência das representações clássicas e quânticas nos livros didáticos analisados, foi necessário definir estas características/representações para facilitar a identificação do alvo da busca. Assim, foi iniciada a procura de representações que caracterizavam os modelos atômicos clássicos, como o de Dalton, Thomson ou Rutherford, por exemplo, dentre os livros analisados, aqueles que apresentam estas representações estão indicados na tabela 3, pela letra C.

São cinco as características pertencentes a Teoria Quântica importantes para classificação das obras. Assim, foram consideradas representações quânticas os seguintes temas:

- a. O Quantum;
- b. A dualidade;
- c. O indeterminismo;
- d. A equação de Schrödinger;
- e. A densidade de probabilidade.

Na tabela 3, referente às características da Teoria Quântica, cada característica encontrada na obra será indicada pelo número que a antecede como destacado acima.

Em seguida, foi feita uma busca por representações quânticas em todos os livros analisados cujos resultados são apresentados na tabela 3, destacando-se os livros didáticos que apresentam pelo menos uma das cinco características escolhidas para representar a Teoria Quântica e indicando-os pela letra Q e a característica encontrada pelo número de referência conforme citado acima.

TABELA 03 – Existência de representações clássicas e/ou quânticas

<b>Autor</b>	<b>Grupo</b>	<b>Características</b>
Covre, G. J.	C	
Feltre, R.	C	
Feltre, R.	C	
Hartwig, D. R.; Souza, E.; Mota, R. N.	C	
Lembo, A.	C	
Lisboa, J. C. F.	C	
Mortimer, E. F.	C e Q	1, 2, 3, 4 e 5
Peruzzo, F. M. e Canto E. L.	C	
Peruzzo, F. M. e Canto E. L.	C	
Reis, M.	C	
Reis, M.	C e Q	1 e 2
Santos W.; Mol G.	C e Q	1 e 5
Sardella, A.	C	
Silva, E. R.; Nóbrega, O. S.; Silva, R. H.	C	

Foram encontradas em vários capítulos/unidades destes livros as representações de átomos e moléculas, observados principalmente nos capítulos/unidades Ligações Químicas, Geometria molecular, Reações Químicas, com um estudo supostamente mais detalhado, de representações e características no capítulo/unidade denominado modelos atômicos.

Na maioria das vezes as representações encontradas são clássicas, sendo interessante observar que a análise feita neste último capítulo/unidade mencionado, que se refere especificamente aos modelos atômicos, mostra que a maior parte dos autores, tenta passar a ideia de organização cronológica durante a evolução/substituição destes modelos, e que alguns desses mesmos autores omitem a existência de um modelo contemporâneo, deixando para o aprendiz a impressão de que o modelo atômico mais evoluído e atual para a ciência é o de Bohr.

Isto fica claro, quando se analisa principalmente o capítulo/unidade denominada Modelo atômico, que teoricamente deveria ou poderia mencionar o modelo atômico mais recente, o quântico, este capítulo/unidade começa pelo modelo de Dalton, sugerido no século XIX (conhecido como bola de bilhar), passa pelo modelo de Thomson, sugerido no final do século XIX (conhecido como pudim de passas), vai para o modelo de Rutherford, proposto na primeira década do século XX (conhecido como modelo planetário) e finalmente chega ao modelo de Bohr, que também é da primeira década do século XX (conhecido como modelo Bohr) que é considerado por alguns autores de obras científicas como pré-quântico, neste ponto o capítulo geralmente é encerrado, como se este último modelo apresentado, o de Bohr, fosse também o último modelo

proposto e conhecido no mundo científico, sendo inusitado e raro, portanto, representações de átomos/moléculas na forma da Teoria Quântica, e ao contrário, comum a não citação deste modelo atômico contemporâneo.

Porém vale ressaltar que alguns materiais mais recentes e incluídos no Plano Nacional do Livro Didático de Química, trazem indícios de atualização curricular sugerido nos Parâmetros Curriculares Nacionais, nestes tenta-se um alinhamento com as propostas dos PCNs através da indicação de algumas características da Teoria Quântica, dentre estes destacam-se os livros do PNLN, onde seus autores tentam uma adequação curricular:

a) Química, volume 1 - Meio ambiente, cidadania e tecnologia, editora FTD, edição 2010, sendo autora desta obra Marta Reis.

Este livro apresenta duas características quânticas, uma na página 208, o quantum, e outra na página 209 que é a dualidade partícula-onda, nele não se menciona a existência do Modelo Atômico Quântico ou de outras características quânticas, não sendo também observadas tentativas de representação deste modelo atômico.

b) Química, volume um, editora Scipione, edição 2011, sendo autores desta obra Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado.

Este livro menciona nas páginas 176, 177 e 178 a existência de um modelo atômico atual estabelecido pelas ideias da Teoria Quântica, destacando-se entre estas as características: quantum, dualidade, o indeterminismo, a função de onda e a densidade de probabilidade. Importante destacar que a obra não tenta construir ou representar o modelo atômico atual, como o faz para os modelos clássicos, apenas informa de maneira simples a Teoria Quântica.

c) Química Cidadã, volume um, editora Nova Geração, edição 2010, que apresenta como coordenadores do material Widson Santos e Gerson Mól.

Este é o único livro didático no conjunto dos analisados que exhibe um tópico, que é encontrado na página 196 referente diretamente a existência do modelo atômico moderno, esta parte da obra menciona duas características da Teoria Quântica, o quantum e a densidade de probabilidade, sendo importante mencionar três observações desta parte deste livro didático:

1. Neste livro nas páginas 197 e 198 há uma discussão superficial sobre o assunto, destacando-se comentários tais como: sabe-se não ser possível a determinação precisa da posição exata do elétron na estrutura atômica ou não se pode demonstrar o modelo atômico atual, no Ensino Médio, por falta de conhecimento matemático avançado,

tornando difícil sua explicação, ou seja, existe um tópico com o assunto. Porém faltam explicações e conceitos para que os estudantes possam entender e construir o conhecimento referente ao Modelo Atômico Quântico, pelo contrário, no lugar destas explicações, surge a criação de barreiras que supostamente explicam os motivos da não abordagem do assunto;

2. Na página 197 há uma figura com tentativa de representar um átomo com propriedades quânticas, nela mostra-se a densidade de probabilidade de se encontrar um elétron em torno do núcleo, nesta representação podem-se fazer duas críticas:

1<sup>a</sup>. As dimensões núcleo e região que representa a densidade de probabilidade estão equivocadas, pois sabe-se que o núcleo atômico é minúsculo, quando comparado com a eletrosfera;

2<sup>a</sup>. O núcleo é representado como um conjunto de esferas.

3. Outra figura da página 197, localizada logo abaixo da primeira figura mencionada na letra b desta análise também merece ponderação, nela os elétrons são representados como esferas, ideia inerente ao conhecimento clássico da representação de um átomo, verifica-se assim que não ocorreu a consideração de pelo menos uma característica da Teoria Quântica, que deveria ser importante no momento de inserção desta figura na página referida, a dualidade, desta maneira o capítulo fala de alguma forma sobre o conhecimento quântico mas não o aplica em suas proposições.

De toda forma é válida a tentativa de construir uma representação do modelo quântico. Sabe-se que isto não é fácil, porém acredita-se que este fato é um ensaio de evolução curricular deste livro didático, supondo-se também que esta seja uma tendência dos novos materiais.

#### **4.1.2. Livro de Química – os outros volumes e o volume único.**

Na análise dos outros volumes dos livros destes mesmos autores observou-se onde aparece e com que frequência, as representações/modelos de átomos e ou moléculas, estas estão nos livros de Físico-Química, volume dois, geralmente nos capítulos de Cinética Química e Equilíbrio Químico. Nos livros didáticos de Química de volume três denominados de Química Orgânica, nos livros deste último volume mencionado existe uma grande quantidade de representações de átomos e moléculas, sendo observadas somente características clássicas.

Por último foram feitas buscas em sites/sítios da rede, onde foi encontrada uma predominância de representações clássicas. Como estes fatos relatados ajudam a sedimentar no estudante a ideia de que o átomo ou a molécula são e devem ser representados/representadas como bolas ou conjunto de bolas, dificultam, uma visão mais moderna destas representações e possivelmente o estudante desenvolverá um conhecimento prévio e também um modelo mental errôneo.

## **4.2 O PRODUTO ACADÊMICO**

O produto acadêmico, que nesta pesquisa foi um objeto de aprendizagem na forma de vídeo explicativo, apresentou dois objetivos:

- a. Ser um organizador prévio dos estudantes, auxiliando-os na formação da aprendizagem do conhecimento da Teoria Quântica;
- b. Dar suporte para que o estudante entenda com maior clareza as características peculiares da Teoria Quântica.

Este material foi validado após ser analisado e julgado por três especialistas no conteúdo, doutores em Física da Universidade Federal de Mato Grosso. Algumas alterações foram sugeridas resultando na versão que foi utilizada como ferramenta didática auxiliar em sala de aula.

### **4.2.1. A elaboração**

Nesta etapa, que se desenvolveu de agosto de 2012 até início de novembro do mesmo ano, foi produzido um objeto de aprendizagem, no caso um vídeo, com duração de três minutos e quarenta e três segundos, onde objetiva-se uma tentativa de representar o Modelo Atômico Quântico alinhado com cinco características da Teoria Quântica: 1. Quantum; 2. Dualidade; 3. Indeterminismo; 4. A equação de Schrodinger; 5. A densidade de probabilidade.

Nas imagens da primeira característica da Teoria Quântica (Figura 01), que relata sobre o Quantum, observou-se três características:

- a) A energia constante de um elétron durante seu movimento em torno do núcleo;
- b) A descontinuidade da energia nas diferentes regiões do átomo;
- c) A existência de regiões estacionárias no átomo.



Figura 01 - O elétron movimenta-se em torno do núcleo com energia constante.  
(Imagem extraída do vídeo aplicado aos estudantes)

Aproveita-se para mostrar que quando o elétron absorve energia vinda de uma fonte externa (Figura 02) este salta para uma região estacionária mais distante da região central, no caso o núcleo, voltando à região estacionária original assim que a fonte externa é desligada (Figura 03) e ao mesmo tempo em que emite a energia inicialmente absorvida da fonte.



Figura 02 - O elétron absorve energia de uma fonte externa e afasta-se do núcleo  
(Imagem extraída do vídeo aplicado aos estudantes)

Na segunda característica da Teoria Quântica, a dualidade da matéria, mostra-se as possibilidades da variação do comportamento da matéria e das ondas. Neste ponto deixa-se explícito que toda matéria apresenta um comportamento ondulatório associado, dualidade que, ao mesmo tempo excludentes, se complementam na explicação dos eventos (Figura 03)

Em seguida com a terceira característica quântica, usa-se a teoria de Heisenberg para falar sobre não possibilidade de se determinar a trajetória do elétron em torno do núcleo, esta é denominada de princípio da incerteza, neste momento no vídeo, os traços que representam a trajetória do elétron desaparecem, desta forma tenta-se construir a ideia de Heisenberg, sobre a não determinação da trajetória de uma entidade quântica, (Figura 03).

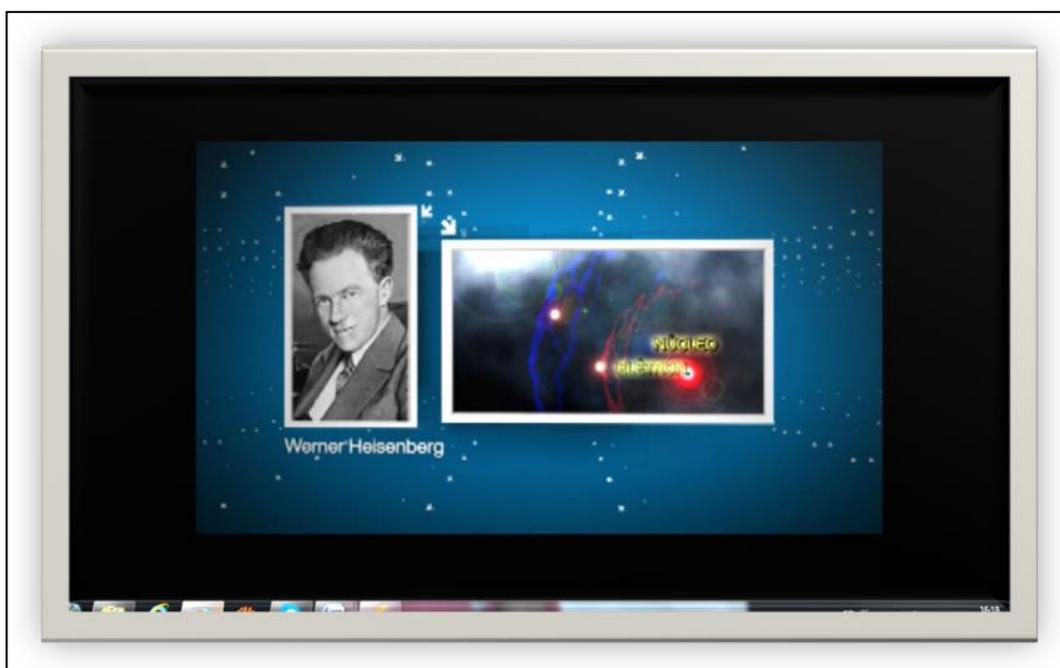


Figura 03 - A dualidade da matéria e a indeterminação da trajetória de uma micropartícula (Imagem extraída do vídeo aplicado aos estudantes)

A partir deste ponto e com influência da segunda característica quântica, apresenta-se e usa-se a quarta característica quântica, a equação de onda, para associar uma micropartícula, no caso o elétron, com uma equação de onda, entidade inerente a determinação do comportamento das ondas. Neste caso a intenção foi mostrar que uma partícula pode ser caracterizada por uma equação de onda, como uma onda típica (Figura 04).

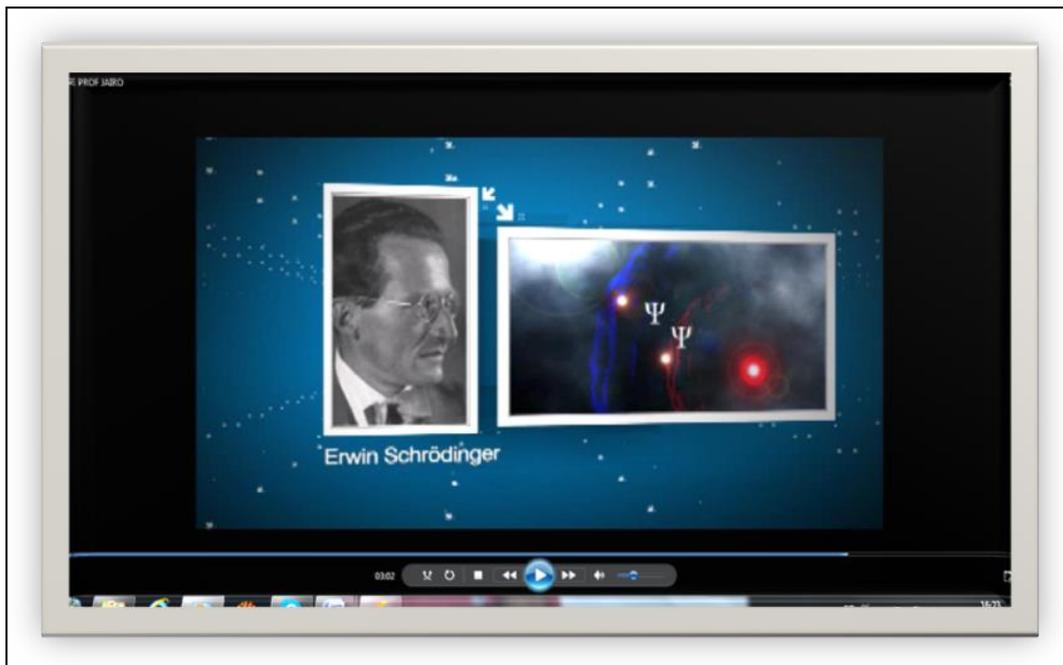


Figura 04 - Faz associação da equação de onda com a matéria.  
(Imagem extraída do vídeo aplicado aos estudantes)

Por fim, com a quinta característica quântica exibida no vídeo e indicada na Figura 05, apresenta-se a densidade de probabilidade, com esta se pretende indicar a provável região de um átomo onde ocorre a maior probabilidade de se encontrar um elétron.



Figura 05 - Representação da densidade de probabilidade.  
(Imagem extraída do vídeo aplicado aos estudantes)

#### **4.2.2. A aplicação do vídeo**

O vídeo produzido nesta pesquisa foi pautado nas características quânticas mencionadas no item anterior e foi aplicado durante uma das aulas da turma, no período matutino, no final do mês de novembro de 2012, após a aplicação do teste inicial, com a seguinte sequência:

- a. Primeiro momento: Comentou-se sobre o conteúdo a ser ministrado e sobre a forma desta inserção (utilização do vídeo);
- b. Segundo momento: Mostrou-se o vídeo por inteiro;
- c. Terceiro momento: dividiu-se o vídeo em cinco partes, referentes as cinco características quânticas, para todas as partes do vídeo ocorreram discussões e comentários, dos estudantes e entre estes, de forma verbal, seguido de explicações e asserções adicionais do autor desta pesquisa.

#### **4.3. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS: ANOTAÇÕES DE AULAS E TESTES ESCRITOS**

Além da observação atenta e anotações em um diário de campo acerca do andamento das aulas e comportamento dos alunos frente à aplicação do produto educacional, foram elaborados e aplicados dois testes escritos, com perguntas objetivas e abertas. O primeiro denominado de teste inicial, foi composto por três partes distintas, as duas primeiras partes com perguntas sobre o estudante e a escola, com o objetivo de caracterizar os sujeitos e o local da pesquisa, a terceira parte deste teste inicial foi um conjunto de perguntas relacionadas aos modelos atômicos, dentre estes o Modelo Atômico Quântico.

O segundo teste foi chamado de teste final, sendo formado somente por uma parte composta por aferições de conhecimento sobre a Teoria Quântica e específica para a verificação da formação do conhecimento na estrutura cognitiva do estudante, em ambos os testes a sistematização de aplicação está descrita nos itens 4.3.1 e 4.3.2 que seguem abaixo.

Ambos os testes foram submetidos aos mesmos especialistas que analisaram o vídeo aplicado nesta pesquisa e após alterações sugeridas, estes foram aplicados aos estudantes.

### 4.3.1. O teste inicial

Constituiu de um conjunto de assertivas, com forma semiestruturada, que objetivaram conhecer os estudantes que participaram da pesquisa, seu ambiente escolar e sua proximidade das tecnologias de comunicação e informação, sendo este composto como indicado abaixo.

#### 4.3.1.1. A composição do teste inicial

Este primeiro teste foi formado por três partes, conforme descrito:

- a) Primeira parte – Foram feitas perguntas de cunho informativo sobre a faixa etária dos estudantes, a existência de laboratório de ciências e o uso do computador na escola, tendo como objetivo conhecer o ambiente escolar;
- b) Segunda parte – Investigou-se sobre a proximidade das tecnologias da informação e comunicação com os estudantes e os seus principais ou corriqueiros usos, fazendo-se uma relação deste facilitador de ensino com uma possível facilitação da aprendizagem.
- c) Terceira parte – Abrangeu-se sobre o estudo dos modelos atômicos, com conceitos que supostamente foram desenvolvidos em sala com os estudantes no decorrer do curso, nesta parte do teste menciona-se a existência de vários modelos atômicos inclusive do modelo quântico, pedindo-se que se desenhe este modelo e os outros já conhecidos. Ainda nesta parte se faz uma pergunta sobre outras fontes de estudo usadas pelos estudantes, além do livro didático.

Este primeiro teste foi aplicado conforme descrito abaixo.

#### 4.3.1.2 A aplicação do teste inicial

Este primeiro teste foi aplicado numa escola estadual da periferia de Cuiabá-MT, no início do mês de agosto de 2012, no período matutino, durante uma das aulas de Química da semana, estavam presentes naquele momento 93 estudantes, que pertencem a quatro salas do Ensino Médio.

O teste foi aplicado em duas salas de primeiro ano, denominadas turmas A e B, a primeira com 22 estudantes e a segunda com 24 estudantes, uma turma é de segundo

ano, denominada segundo ano único, constituída por 25 estudantes e uma turma de terceiro ano, chamado de terceiro único, sendo formada por 22 estudantes.

Inicialmente, os objetivos dos questionamentos encontrados no teste foram explicados para os estudantes e em seguida este foi aplicado e respondido pelos mesmos.

Esta pesquisa inicial forneceu elementos importantes e norteadores para formação e elaboração do planejamento para a execução da aula com a utilização do produto acadêmico elaborado pelo autor desta pesquisa, apontando para o melhor procedimento de intervenção junto ao conjunto de estudantes.

Com ela foram identificadas características específicas da amostra, como, por exemplo, falta de costume com a leitura e interpretação, resistência ao estudo, falta de interesse, falta de atenção ou agitação acentuada, em outro aspecto verificou-se também o interesse em entender e responder os questionamentos por parte do grupo em análise, assim como um bom interesse pelo uso e manuseio da tecnologia.

#### **4.3.2. O teste final**

Conjunto de perguntas elaboradas, de forma semiestruturada que foram utilizadas para comparação com o teste inicial e para a elaboração das considerações finais deste trabalho, em seguida descreve-se a formação deste teste.

##### **4.3.2.1 A formação do teste final**

Este teste foi composto por apenas uma parte, com três perguntas, onde objetiva-se a verificação de indícios da ocorrência da formação de conhecimentos prévios, os subsunçores, sobre o conhecimento da Teoria Quântica, mais especificamente em relação ao Modelo Atômico Quântico, este foi aplicado conforme descrito no item seguinte.

##### **4.3.2.2. A aplicação do teste final**

Este foi aplicado no período matutino, durante uma das aulas de Física da semana, na turma B do primeiro ano do Ensino Médio, que foi escolhida de forma aleatória no universo amostral.

Na data de sua aplicação estavam presentes em sala 20 estudantes, todos eles assistiram ao vídeo elaborado pelo autor desta pesquisa que fala sobre características do Modelo Atômico Quântico, que ocorreu conforme descrito no item 4.2.2.

Este teste forneceu dados importantes que corroboram com o estudo feito na revisão bibliográfica no que diz respeito à possibilidade da aprendizagem das Teorias Quântica pelos estudantes do Ensino Médio.

## 5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta etapa do trabalho são apresentados os dados levantados ao longo da pesquisa e são apresentadas as análises a partir dos fundamentos metodológicos e epistemológicos que nortearam toda a estruturação do trabalho.

Os instrumentos usados na investigação da aprendizagem dos estudantes foram avaliações escritas com questões objetivas e abertas (Apêndices 03 e 04), sendo examinada de forma atenta e continuada a possibilidade de entendimento principalmente dos modelos atômicos, especificando-se e intensificando-se no teste final desta pesquisa os significados sobre o quantum, a dualidade da matéria, a indeterminação da trajetória, a função de onda e a densidade de probabilidade.

Outra análise que merece destaque, foi baseada em anotações elaboradas através do contato com os estudantes durante as aulas e depois destas, num diário de campo e relaciona-se com os comportamentos dos estudantes durante a aplicação dos testes e do vídeo.

Também investigou-se nesta pesquisa os conteúdos, as abordagens e as representações encontradas de alguns livros didáticos de Química, formou-se depois uma relação entre as datas de edição, a participação da obra no PNLD e a existência de abordagens referentes a Teoria Quântica.

Assim as etapas deste capítulo foram assim organizadas:

- 1ª Etapa – A análise dos livros didáticos de Química;
- 2ª Etapa – A análise do teste inicial;
- 3ª Etapa – A análise do teste final;
- 4ª Etapa – Comparação entre os resultados dos testes inicial e final;
- 5ª Etapa – O comportamento dos estudantes no período.

## 5.1. A análise dos livros didáticos de Química

A análise dos livros didáticos de Química foi importante principalmente ao considerar que esta ferramenta apresenta grande influência no processo de ensino e aprendizagem, sendo para o professor talvez o principal recurso utilizado na elaboração do planejamento e execução de suas aulas e para os estudantes certamente o principal veículo de informação científica.

Desta forma fez-se nesta pesquisa uma análise de alguns livros didáticos de Química, separando-os inicialmente por data de edição e fazendo-se posteriormente comparação entre estas obras quanto a presença do conteúdo referente a Teoria Quântica e suas representações. Começando pelos livros com edição anterior a 2010, passando-se posteriormente a analisar-se dos livros com edição a partir de 2010 e finalizando-se esta primeira etapa com uma comparação entre estas obras, editadas em períodos diferentes.

Teve início com os livros didáticos anteriores a 2010, que nesta pesquisa são um conjunto com o total de nove obras, todos do volume um, nestes encontrou-se em comum um capítulo ou unidade denominada de modelos atômicos, que possui muitas representações de átomos e moléculas.

No entanto, esta primeira análise indicou somente a presença de representações de átomos e/ou moléculas no formato de conhecimento alinhado com a Teoria Clássica, nestas obras didáticas que muito possivelmente foram ou ainda são utilizadas nas escolas brasileiras, não foram encontradas nestas referências a Teoria Quântica ou ao Modelo Atômico Quântico.

Este acontecimento alinha-se a, no mínimo, três fatos apontados com o levantamento sobre o estudo da necessidade, viabilidade e principalmente sobre as justificativas para se introduzir a Teoria Quântica no Ensino Médio, localizado no item 3.2 deste trabalho pesquisa, como indicado abaixo:

- a) A necessidade da modernização curricular, que foi indicada entre outros por Sanches (2006) e também por Oliveira (2006);
- b) A relação entre a ciência e o cotidiano, indicado pela pesquisa de Terrazan (1992), Dominghini (2010) e Ornelas (2011);
- c) A necessidade de elaboração de materiais didáticos adequados, indicado pela pesquisa de Loch & Garcia (2009) e Osterman & Moreira (2000).

De forma diferente ao analisa-se os livros didáticos de Química mais recentes pertencentes ao Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012/2013/2014 observou-se em algumas destas citações a Teoria Quântica ou tentativa de representações de átomos com alinhamento nesta teoria, para se ter uma ideia analisou-se neste segundo momento cinco obras didáticas e em três destas obras foram encontrados um primeiro ensaio de adequação as sugestões indicadas pela LDB e pelos PCNs.

Estes três referidos livros trazem como parte de seu conteúdo, geralmente no capítulo ou unidade identificada pelo nome de modelos atômicos os conhecimentos inerentes a Teoria Quântica, inclusive um destes tentou representar o Modelo Atômico Quântico.

Fazendo-se as comparações entre as quatorze obras analisadas observa-se um possível movimento de reestruturação dos livros didáticos de Química, com tendência a inserção de Teoria Quântica, fato que aponta também para uma provável adequação e atualização curricular, necessidade direcionada por Sanches (2006), assim com também pela pesquisa de Oliveira (2006).

De outra forma, estas asserções ainda são tímidas e precisam ser mais e melhor elaboradas para que se possibilite a construção junto aos estudantes de um conhecimento mais consistente e sem equívocos conceituais.

Outro fator que chamou atenção, quando se trata da elaboração e construção da Teoria Quântica é o fato de que um dos livros didáticos pertencentes ao PNLD, que apresenta em suas páginas o conteúdo Modelo Atômico Quântico também deixa clara a impossibilidade de entende-se a Teoria Quântica, ou seja, este livro aborda de forma superficial este conhecimento e ao mesmo tempo o trata como algo fora do comum ou como superdifícil de ser estudado, deixando até mesmo a impressão de que este conhecimento está longe do alcance intelectual do aprendiz que naquele momento, está no Ensino Médio.

Sabe-se que realmente a Teoria Quântica não é simples, mas este tipo de procedimento é desnecessário e muito provavelmente provocará no estudante um desinteresse pelo assunto, ocorrendo possivelmente a formação de um obstáculo ontológico no estudante para um aprendizado deste conhecimento, neste momento e também no futuro.

Neste sentido como anteriormente sugerido pela pesquisa de Osterman & Moreira (2000) e também por Loch & Garcia (2009) concluiu-se também nesta pesquisa

que faltam materiais didáticos adequados para se introduzir o Modelo Atômico Quântico no EM.

A ausência destes materiais, dentre estes, os livros didáticos de Química, ainda é uma realidade, sendo, portanto, imprescindível que se efetue a adequação imediata destas obras e que ao contrário a ausência destes recursos é um obstáculo para se efetivar a introdução da Teoria Quântica no Ensino Médio.

## **5.2. A análise do teste inicial**

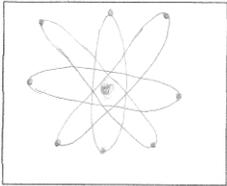
O teste inicial foi elaborado em três partes, nas duas primeiras partes as análises indicam que os estudantes apresentam idade entre 16 e 19 anos, todos fazem uso do computador e que isso acontece praticamente todos os dias da semana, geralmente em suas casas, ainda de acordo com respostas dadas ao teste os estudantes possuem máquina própria.

Todos afirmam que o computador os auxilia nos estudos, portanto informam sua utilização como uma ferramenta opcional facilitadora da aprendizagem.

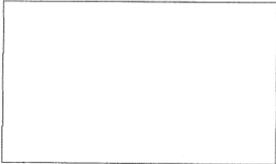
Eles também dão indícios de que o uso do computador pelo professor nas aulas enriquece-as podendo ser este instrumento um facilitador do ensino e da aprendizagem durante as aulas, fatos que estão alinhados com as pesquisas desenvolvidas por Eichler & Del Pinho (2000), Arroio et al. (2005) e Benite et al. (2011), contudo esta mesma ferramenta não é comumente utilizada pelos estudantes para realização de pesquisas, preparação de textos ou apresentações de trabalhos escolares, tendo como fato curioso o de que os estudantes que formaram o conjunto de sujeitos desta pesquisa nunca terem utilizados esta ferramenta para o estudo com ênfase em simulações de experimentos virtuais.

No que se refere á terceira parte deste teste, que é uma parte específica sobre o conhecimento dos estudantes com relação aos modelos atômicos, fica a clara impressão de que talvez não seja somente o conhecimento que será ensinado uma barreira para a aprendizagem. Pois como defendeu Carvalho et al. (1999) ao escrever que identificou dificuldades idênticas nos estudantes, ao ensinar Física Clássica e Moderna, as respostas obtidas no teste aplicado nesta pesquisa apontam para um não entendimento por parte dos estudantes sobre o assunto modelos atômicos, mesmo os modelos estudados sendo de característica da Teoria Clássica (figuras 06, 07, 08, 09 e 10).

a) Dalton

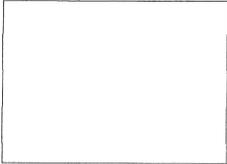


b) Thomson



c) Rutherford

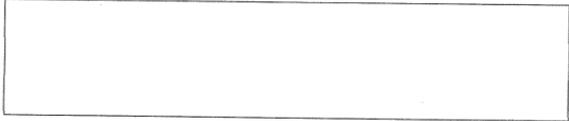
*nao lembro.*



d) Borh



e) Quântico

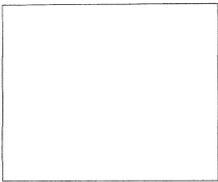


6. Além do livro didático indicado pela sua escola, você utiliza outras fontes de estudo?

Sim                       Não

Figura 06 – Representação dos modelos Atômicos (estudante 1).

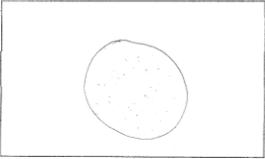
a) Dalton



c) Rutherford



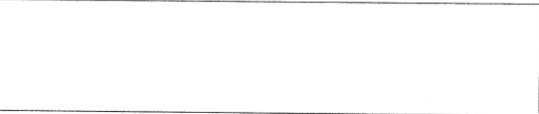
b) Thomson



d) Borh



e) Quântico



6. Além do livro didático indicado pela sua escola, você utiliza outras fontes de estudo?

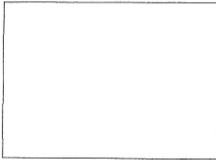
( ) Sim (x) Não

Figura 07 – Representação dos modelos Atômicos (estudante 2).

a) Dalton



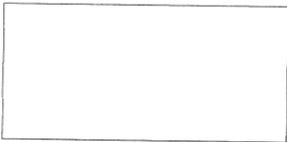
c) Rutherford



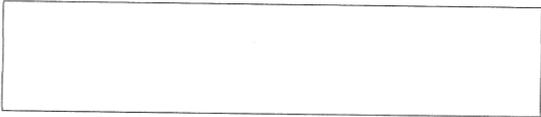
b) Thomson



d) Borh



e) Quântico

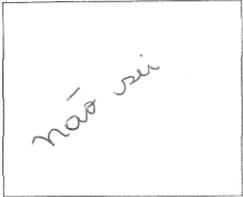


6. Além do livro didático indicado pela sua escola, você utiliza outras fontes de estudo?

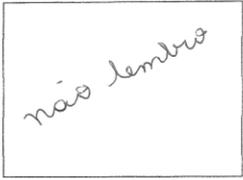
Sim                      ( ) Não

Figura 08 – Representação dos modelos Atômicos (estudante 3).

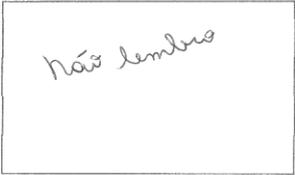
a) Dalton



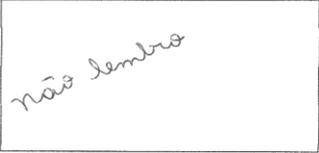
c) Rutherford



b) Thomson



d) Borh



e) Quântico

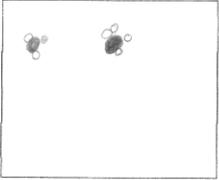


6. Além do livro didático indicado pela sua escola, você utiliza outras fontes de estudo?

Sim                       Não

Figura 09 – Representação dos modelos Atômicos (estudante 4).

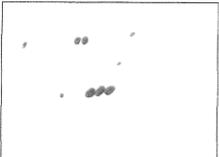
a) Dalton



b) Thomson



c) Rutherford



d) Borh



e) Quântico



6. Além do livro didático indicado pela sua escola, você utiliza outras fontes de estudo?

( ) Sim                      (X) Não

Figura 10 – Representação dos modelos Atômicos (estudante 5).

Por outro lado podemos explorar outras vertentes inerente a uma sala de aula como a metodologia utilizada pelo professor para o ensino do conhecimento ou ainda as condições em que estas aulas são ministradas, sejam estas condições referentes à sala de aula em sua parte física como cadeiras inadequadas, calor, barulho externo ou também relacionadas à pré-disposição de aprender do estudante, desta forma não ficou claro que os estudantes apresentaram dificuldade em função do conteúdo ministrado.

### **5.3. A análise do teste final**

Este teste foi formado por três assertivas, a primeira delas pergunta aos estudantes se estes conhecem o Modelo Atômico Quântico, sendo esta questão objetiva, deixou-se para os estudantes duas opções de resposta, sim ou não, 90% dos estudantes que responderam a esta pergunta fizeram a opção sim.

A segunda pergunta solicitou ao estudante que este identificasse as características da Teoria Quântica, neste caso 65% dos estudantes identificaram as cinco características indicadas nesta pesquisa, sendo que todos os que participantes da pesquisa reconhecem pelo menos uma característica desta teoria.

A terceira e última pergunta solicitou aos estudantes que desenhassem ou representassem de forma aproximada o Modelo Atômico Quântico, neste caso temos como resultado: 70% dos estudantes fizeram a representação de forma satisfatória deste modelo, entendendo-se como satisfatória a representação de figuras que indiquem uma parte central, denominada de núcleo, e regiões periféricas que denotem a densidade de probabilidade, nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16 estão representados alguns destes estudantes.

As figuras 17 e 18 apontam alguns estudantes que construíram desenhos clássicos, este conjunto de aprendizes equivale a aproximadamente 25% da amostra.

Na figura 19 encontra-se o estudante com compreensão insatisfatória sobre o Modelo Atômico Quântico, esta representa 5% do total e suas considerações e representações foram consideradas insuficientes, pois não ocorreu desenhos ou demonstrações de entendimento, sendo colocada no conjunto de: não se assemelham a nenhuma das características das teorias atômicas abordadas no Ensino Médio.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

MESTRANDO: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR

NOME: Luanna Karles da Silva DATA: 11/02/12

1ª QUESTÃO

Você conhece o Modelo Atômico Quântico?  Sim  Não

2ª QUESTÃO

Quais características quânticas você consegue identificar?

Quantum: quantidade de energia discreta.  
 DUAL:  $\lambda$  com portamento ao mesmo tempo. luz e matéria.  
 Indeterminação da trajetória: impossível ser sua  
 função onda: identifica a onda trajetória  
 densidade: probabilidade uma região

3ª QUESTÃO

Desenhe abaixo o Modelo Atômico Quântico.

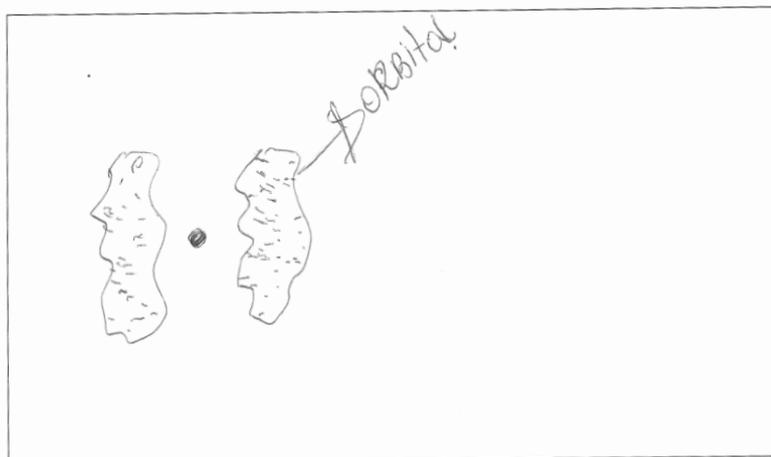


Figura 11 – Representação Modelo Atômico Quântico (Estudante 6)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

MESTRANDO: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR

NOME: Rayelle Mayara S. Moraes DATA 11/12/12

**1ª QUESTÃO**

Você conhece o Modelo Atômico Quântico? (  ) Sim (  ) Não

**2ª QUESTÃO**

Quais características quânticas você consegue identificar?

Quantum = energia constante / comportamento dual  
= 2 comportamentos mesmo tempo / a indeterminação  
do momento = função de onda  
A densidade de probabilidade

**3ª QUESTÃO**

Desenhe abaixo o Modelo Atômico Quântico.

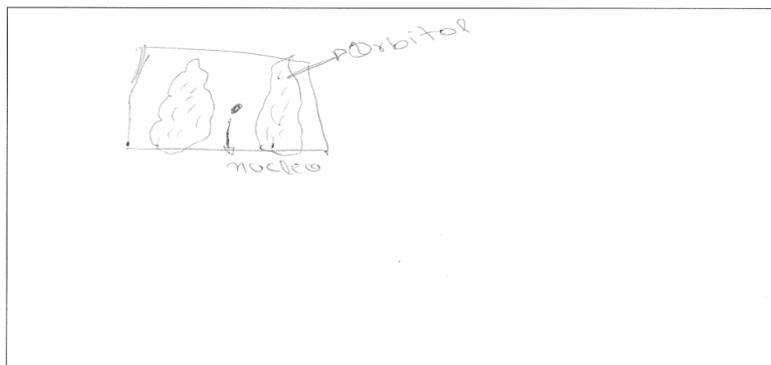


Figura 12 – Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 7)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

MESTRANDO: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR

NOME: Ana Caroline de S. Barros DATA 18/12/12

**1ª QUESTÃO**

Você conhece o Modelo Atômico Quântico? (  ) Sim ( ) Não

**2ª QUESTÃO**

Quais características quânticas você consegue identificar?

energia constante, comportamento dual, ~~onda~~.  
Indeterminação da Trajetória, função de onda,  
A densidade de probabilidade.

**3ª QUESTÃO**

Desenhe abaixo o Modelo Atômico Quântico.

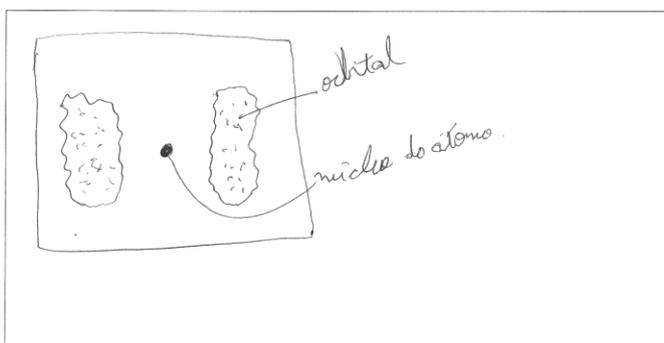


Figura 13 – Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 8)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

MESTRANDO: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR

NOME: Mathus Bispo DATA: 11/12/12

1ª QUESTÃO

Você conhece o Modelo Atômico Quântico?  Sim ( ) Não

2ª QUESTÃO

Quais características quânticas você consegue identificar?

1ª O Quantum, 2ª Comportamento dual;  
3ª Indeterminação da trajetória  
4ª A função da onda  
5ª A densidade da probabilidade

3ª QUESTÃO

Desenhe abaixo o Modelo Atômico Quântico.

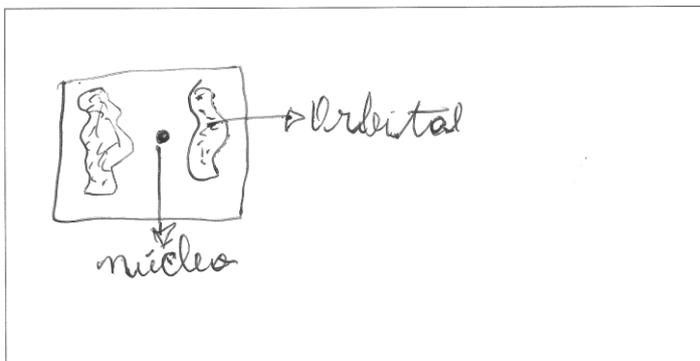


Figura 14 – Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 9)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

MESTRANDO: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR  
NOME: Jairo Luiz Medeiros Aquino Junior DATA: 11/12/12

**1ª QUESTÃO**  
Você conhece o Modelo Atômico Quântico?  Sim ( ) Não

**2ª QUESTÃO**  
Quais características quânticas você consegue identificar?

1ª - Quântica  
2ª - Dual  
3ª - Indeterminação de Heisenberg  
4ª - Função de onda  
5ª - Tamanho de orbitais

**3ª QUESTÃO**  
Desenhe abaixo o Modelo Atômico Quântico.

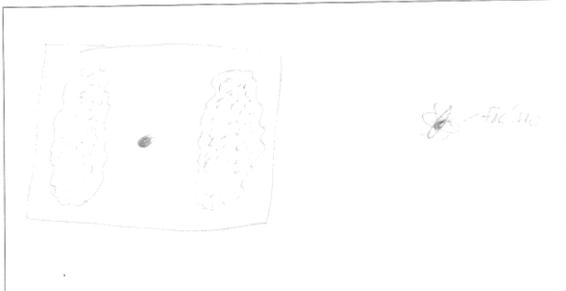


Figura 15 – Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 10)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

MESTRANDO: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR

NOME: *David Renato Felipe Santos* DATA: *11/09/2019*

1ª QUESTÃO

Você conhece o Modelo Atômico Quântico?  Sim ( ) Não

2ª QUESTÃO

Quais características quânticas você consegue identificar?

*Quanto, dual, A indeterminação da trajetória  
A função de onda  
A densidade de probabilidade*

3ª QUESTÃO

Desenhe abaixo o Modelo Atômico Quântico.

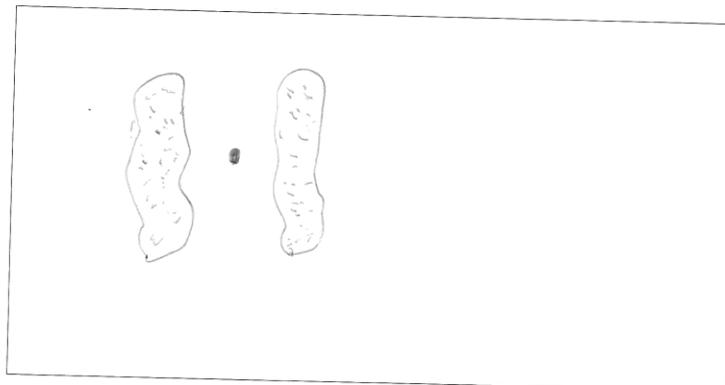


Figura 16 – Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 11)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

MESTRANDO: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR  
NOME: Bruno Gabriel DATA 11/11/12

**1ª QUESTÃO**  
Você conhece o Modelo Atômico Quântico? ( ) Sim  Não

**2ª QUESTÃO**  
Quais características quânticas você consegue identificar?

*Quantum, Dual, indeterminação de Heisenberg*

**3ª QUESTÃO**  
Desenhe abaixo o Modelo Atômico Quântico.

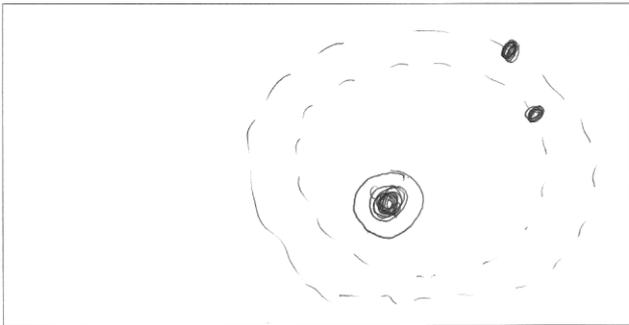


Figura 17 – Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 12)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

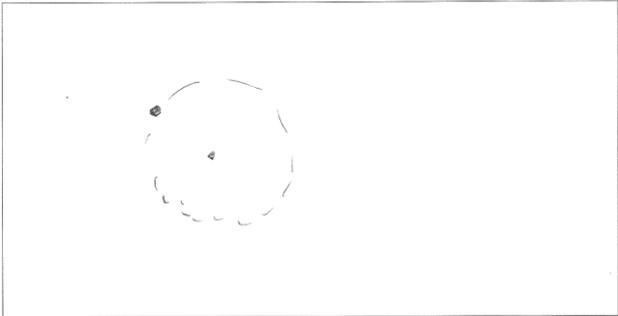
MESTRANDO: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR  
NOME: Jairo Luiz Medeiros Aquino Junior DATA 11/12/12

**1ª QUESTÃO**  
Você conhece o Modelo Atômico Quântico? ( ) Sim (X) Não

**2ª QUESTÃO**  
Quais características quânticas você consegue identificar?

Energia constante, luz  $\rightarrow$  partícula, função de onda, indeterminação de Heisenberg.

**3ª QUESTÃO**  
Desenhe abaixo o Modelo Atômico Quântico.



The diagram shows a central nucleus represented by a small black dot. Surrounding it is a dashed circular line representing an electron orbit. A small black dot is also placed on the dashed line, representing an electron in a specific quantum state.

Figura 18 – Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 13)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
MESTRADO EM ENSINO DE CIENCIAS NATURAIS

MESTRANDO: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR  
NOME: Jairo de Jairo Lopes DATA 11/12/12

**1ª QUESTÃO**  
Você conhece o Modelo Atômico Quântico? (  ) Sim ( ) Não

**2ª QUESTÃO**  
Quais características quânticas você consegue identificar?

**3ª QUESTÃO**  
Desenhe abaixo o Modelo Atômico Quântico.

Figura 19 – Representação Modelo Atômico Quântico (estudante 14)

#### **5.4. A comparação entre os testes inicial e final**

Verificou-se que os estudantes de forma ampla conseguiram argumentar de satisfatoriamente sobre as características do Modelo Atômico Quântico, indicados pelo pesquisador desta auxiliado pelo vídeo anteriormente comentado, fato este que corrobora com Moreira & De Paulo (2004) e também com De Paulo (2006).

#### **5.5. O comportamento dos estudantes no período**

Durante a explanação dos motivos da realização da pesquisa e aplicação do primeiro teste verificou-se que os estudantes estavam arredios e desinteressados, talvez pela falta de novidades durante a apresentação das aulas.

Este comportamento mudou durante a apresentação do vídeo e argumentação deste pesquisador. A estudante 1, solicitou silêncio dos colegas logo no início da execução do vídeo, um segundo estudante que estava inquieto, parou para assisti-lo, e a sala começou a silenciar voltando sua atenção para o que estava sendo mostrado com as TICs, o vídeo foi então passado por completo e depois uma segunda vez com pausas durante as partes das características quânticas, nesta etapa uma terceira estudante argumentou sobre o seu entendimento da dualidade da matéria, explanando: “o átomo uma coisa difícil de ser definida pois muda de forma constantemente, em algum momento é matéria em outras oportunidades é energia”, e ao contrário do que havia acontecido no primeiro encontro com os estudantes, tínhamos uma boa participação, fato que foi observado também durante a aplicação do teste final.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos dados provenientes do presente trabalho avaliaram a proposta de inserção da Teoria Quântica no Ensino Médio, através de cinco características básicas, usando como veículo facilitador da aprendizagem uma ferramenta das Tecnologias da Informação e Comunicação, que neste caso é um vídeo.

Retomando-se a situação inicial desta pesquisa, fez-se análise em alguns livros didáticos de Química, separando-os inicialmente pela data de edição e posteriormente comparando os livros com edição mais antiga e os livros do PNLD quanto a presença do conteúdo Modelo Atômico Quântico.

Não foram encontrados nos livros didáticos mais antigos, partes que contemplassem o estudo da Teoria Quântica. Estes livros que não pertencem ao PNLD 2012/2013/2014 não mencionam em suas páginas a Mecânica Quântica e nem tentam fazer representações alinhadas com esta teoria.

O fato apontado no parágrafo anterior, quando comparado com as duas análises feitas nos parágrafos anteriores a ele, se justifica e corrobora com os levantamentos iniciais presentes no corpo deste trabalho, mais especificamente nas referências bibliográficas e mais precisamente no item 3.2 que refere-se a introdução da Mecânica Quântica no Ensino Médio, onde Terrazan (1992) , Lobato e Greca (2005) e também Bronckington (2005), destacavam a necessidade de se introduzir a Teoria Quântica no Ensino Médio.

Estas indicações frequentes da necessidade de se ensinar a Teoria Quântica no nível médio apontando-se vários motivos que corroboram com esta tendência e possivelmente pautadas em algumas pesquisas, como a de Oliveira que destaca a necessidade de modernização curricular ou a de Ornelas que sugere que a Quântica é um dos pilares da Química, os autores de livros didáticos foram levados a reestruturação das suas obras, com a inserção de características quânticas, fato este que aumentou a possibilidade de ensino da Teoria Quântica no Ensino Médio corroborando com os objetivos desta pesquisa.

Este novo caminho começa a ser trilhado, pois o levantamento executado nesta pesquisa já aponta para a presença do conteúdo Modelo Atômico Quântico em 60% dos

livros didáticos de Química do PNLD 2012/2013/2014, com edição mais recente, entre 2010 e 2012.

Ainda que de forma resumida os livros didáticos tragam no seu rol de conteúdos a Teoria Quântica, este fato corrobora com as pesquisas desenvolvidas por Osterman & Moreira (2000) e também por Loch & Garcia (2009) no tocante a necessidade do desenvolvimento de materiais didáticos adequados para a introdução do Modelo Atômico Quântico no Ensino Médio, sendo, portanto, o livro didático um dos passos de relevante importância nesta direção.

Desta forma conclui-se nesta etapa que tamanha é a importância da introdução da Teoria Quântica no Ensino Médio que os livros didáticos de Química começam a se adequar a esta realidade, fato que indica um caminho ou tendência de reestruturação das obras didáticas e também curricular.

Agora considerando que o livro didático continua como a principal ferramenta auxiliar para o processo de ensino-aprendizagem usada nas escolas, esta adequação ou reestruturação acaba por aumenta-se a possibilidade para ensina-se a Teoria Quântica neste nível de ensino.

A próxima etapa da pesquisa foi à escolha da escola e consulta a sua gestão, após isto se aplicou o teste inicial, em todo o Ensino Médio, abaixo estão as informações provenientes desta primeira amostra que nortearam a elaboração de algumas assertivas:

- a) Possivelmente os estudantes usam o livro didático como única fonte de estudo;
- b) Existe a hipótese de que o ensino está pautado exclusivamente no uso do livro didático;
- c) Provavelmente os estudantes estudaram os modelos atômicos clássicos;
- d) Os estudantes apresentaram dificuldades ou até mesmo não conseguem identificar as características dos modelos atômicos clássicos;
- e) Existem indícios de que os estudantes nunca estudaram o Modelo Atômico Quântico;
- f) Suspeita-se que a utilização da tecnologia de informação e comunicação não está ocorrendo de forma oportuna e planejada durante o ensino;
- g) Possivelmente os estudantes usam frequentemente e apresentam familiaridade com as TICs, porém não fazem esse uso para fins de estudos científicos.

Concluiu-se nesta etapa que os aprendizes estudaram os modelos atômicos denominados por alguns autores, dentre eles indica-se, por exemplo, Caruso e Oguri, de clássicos, porém não conseguem identifica-los ou caracteriza-los com facilidade.

Este fato fornece indícios de que pode não ser o conteúdo estudado uma barreira para a aprendizagem dos estudantes, como já indicava Carvalho et al. (1999), desta forma avançou-se para ensina-se a Teoria Quântica, tendo como objetivo não menciona as teorias atômicas anteriores, pois de acordo com Moreira & De Paulo (2004) e De Paulo (2006), o ensino da Teoria Quântica é viável independente da forma de abordagem desta introdução.

Outro ponto importante retirado do teste inicial está relacionado com a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação pelos estudantes, neste caso ficou caracterizado que os estudantes as utilizam com facilidade e frequência, fenômeno indicado por Dorileo Junior (2011) e também por Arroio et al.(2005), porém que é rara a sua utilização para os estudos.

Partindo-se então destas assertivas que caracterizam o sujeito desta pesquisa e corroborando com De Paulo (2006), que discorre sobre a necessidade de se basear o ensino no perfil do estudante, elaborou-se uma metodologia de introdução das características da Teoria Quântica.

Posteriormente alinou-se De Paulo (2006) com as necessidades levantadas por Loch & Garcia (2009) sobre a falta de materiais didáticos adequados para se introduzir este conhecimento e com a pesquisa de Ostermann & Moreira (2000) que discorreram a respeito do investimento na elaboração de materiais apropriados para se efetivar esta introdução, produziu-se um vídeo que faz a introdução desta teoria, este foi passado em uma das turmas do Ensino Médio da escola, que foi escolhida de forma aleatória.

Assim como Menezes (2009), acredita-se que a utilização deste material, o vídeo, potencialmente significativo foi de fundamental relevância para um melhor e maior entendimento dos estudantes, crendo que este contribuiu para proporcionar a aprendizagem significativa das características do Modelo Atômico Quântico, fato que se alinha as pesquisas de Benite et al.(2011) e Mathias (2009).

Levando-se em consideração as assertivas recolhidas do teste inicial, provavelmente o objeto de aprendizagem proporcionou aos estudantes possivelmente um primeiro contato com a Teoria Quântica.

Naquele momento observou-se alteração no comportamento de alguns aprendizes, e eles após esta modificação assistiram ao vídeo com atenção, corroborando com Araújo, indicando-se que com uma utilização eficaz as TICs, estas podem ser uma ferramenta auxiliar eficiente de facilitação da aprendizagem.

Por último aplicou-se o teste final, os estudantes participaram desta etapa com entusiasmo e corroborando com alguns indícios levantados inicialmente nesta pesquisa chegou-se a concluir:

- a) 1º- É possível ensinar o Modelo Atômico Quântico no Ensino Médio, sem citar modelos atômicos Anteriores;
- b) 2º- Possivelmente as tecnologias de informação e comunicação são eficientes ferramentas de ensino e aprendizagem;
- c) 3º- Os estudantes apresentam dificuldades semelhantes seja no estudo da Teoria Clássica ou da Teoria Quântica.

Desta forma concluímos que há possibilidade de introdução do Modelo atômico Quântico no Ensino Médio, como já indicado por De Paulo (2006), sem utilizar a teoria atômica anterior.

Verificou-se também que a utilização das TICs, como ferramenta auxiliar, quando bem planejada pode ocasionar numa aprendizagem significativa, como sugerido por Menezes (2009), servindo estas tecnologias inclusive de ponto de apoio do professor, fato relatado por Arroio (2005), neste sentido observou-se uma diminuição na inquietude dos estudantes e um aumento na concentração destes quando de sua utilização.

Os resultados indicam que os estudantes estão em sintonia com as novas tecnologias e quando aplicadas aos seus estudos cotidianos estão propensos a utilizá-las como facilitadores de aprendizagem.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES M. F. S., ALANIS D. e COSTA L. G. **Um mapa conceitual sobre a evolução do conceito do átomo: uma introdução à Física de partículas elementares para o Ensino Médio.** II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, Curitiba, 2010.

ANDRADE A. **Uso(s) das novas tecnologias em um programa de formação de professores: possibilidades, controles e apropriações.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ARAUJO I. S. **Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no Ensino de Física Geral.** Tese de Doutorado, IF-UFRGS, Porto Alegre, 2005.

ARROIO A., HONÓRIO K. M., WEBER K. C., HOMEM-DE-MELLO P. e DA SILVA A. B. F. **O Ensino de Química Quântica e o computador na perspectiva de projetos.** Química. Nova, Vol. 28, Nº. 2, 360-363, 2005

ATKINS P. e JONES L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente.** 3ª edição, editora Bookman, Porto Alegre, 2006.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACHELARD, G. **Rationalisme,** cap VI, p.101, 1949.

BASSO A. C. **O átomo de Bohr no nível médio: uma análise sob o referencial Lakatosiano.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BENITE A. M. C., BENITE C. R. M. e SILVA FILHO S. M. **Cibercultura em Ensino de Química: Elaboração de um Objeto Virtual de Aprendizagem para o Ensino de Modelos Atômicos.** Química Nova, Vol. 33, p. 71-76, 2011.

BRAGA J. P. **Fundamentos de química quântica.** Editora UFV, Viçosa, 2007.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Brasília, DF, v. 134, n. 248, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 27834-27841. Encontrado em: <<http://bd.câmara.gov.br>>. Acesso em 12 jan. 2012.

BROCKINGTON G. **A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CAMPOS, C. A. **A abordagem conceitual do teletransporte quântico como tema motivador para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado, Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2010.

CAROLINO J. A. **Contribuições da pedagogia de projetos e do uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para o Ensino de Geografia – Um estudo de caso.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CARVALHO NETO, R. A.; FREIRE Jr., O. ; ROCHA, J. F. M. **Revelando O Caráter Determinístico da Mecânica Newtoniana - Uma Ponte Para O Ensino de Física Moderna No Segundo Grau.** Ideação (UEFS), Feira de Santana - BA, v. 3, n. 1, p. 51-68, 1999.

CARUSO F. e OGURI V. **Física Moderna – Origens clássicas e fundamentos quânticos.** Editora Elsevier Ltda. Rio de Janeiro, 2006.

CHAVES, G. F. **Uma proposta de inserção de conteúdos de Mecânica Quântica no Ensino Médio, por meio de um Curso de Capacitação para professores em atividade.** Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

DAMASIO F., PACHECO S. M. V. e MARTINS J. **Desenvolvimento de uma plataforma virtual para construção e avaliação de diagramas V.** I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, UTFPR, Curitiba, 2009.

DA SILVA NETO J. P. **Um estudo sobre o Ensino de limite: Um tratamento computacional com aplicações.** Dissertação de Mestrado profissional, PUC/SP, São Paulo, 2006.

D'AGOSTIN A. **Física Moderna e Contemporânea: Com a palavra professores do Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

DE PAULO I. J. C. de; MOREIRA M. A. **Abordando conceitos fundamentais da Mecânica Quântica no nível médio.** II Encontro Ibero americano sobre Investigação Básica em Educação em Ciências, Burgos, Espanha, 2004.

DE PAULO, I. J. C. **A aprendizagem significativa crítica de conceitos da mecânica quântica segundo a interpretação de Copenhagen e o problema da diversidade de propostas de inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio.** 2006. 235f. Tese (Doutorado en Enseñanza de las Ciencias) - Universidade de Burgos, Burgos, 2006.

DOMINGUINI, L. **Análise das propostas de ensino de física moderna por meio dos livros didáticos do Programa Nacional do livro Didático do Ensino Médio.** II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2010.

DORILEO JR. G. G. **Ensino de tópicos básicos da teoria em Física Ambiental no Ensino Médio com recursos de tecnologia da informação e comunicação (TIC).** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

EICHER M. e DEL PINO J. C. **Computadores em educação Química: estrutura atômica e Tabela Periódica.** Química Nova, Vol. 23, p. 835-840, 2000.

FIGUEIREDO, W. G. **Limitações da analogia entre sistemas planetários e modelos atômicos.** Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

GIORDAN M. **O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização.** Revista Ciência & Educação, v. 11, n. 2, p. 279-304, 2005.

GIORDAN M. e MELEIRO A. **Hipermídia e Modelos Atômicos.** Química Nova na escola, N° 10, p. 17-20, 1999.

HILGER, T. R.; MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L.. Estudo de representações sociais sobre Física Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 2, n. 2, p. 1-16, ai/ago. 2009.

KRAINE, K. S., HALLIDAY, D. & RESNICK, R. **Física 4.** Tradução de Denise Helena Sotero da Silva, 4ª edição, Vol 4, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1996.

LIMA P. R. T. **Novas tecnologias da informação e comunicação na educação e a formação dos professores nos cursos de licenciatura do estado de Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

LOBATO, T; GRECA, I.M. **Análise da Inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física do Ensino Médio.** Ciência e Educação (UNESP), São Paulo, 2005.

LOPES C. V. M. e MARTINS R. A. **J.J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: “o pudim de passas” nos livros textos.** VII Enpec, Florianópolis, 2009.

LOPES C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da Física clássica a introdução da teoria quântica.** Tese de doutorado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP, São Paulo, 2009.

LOCH J., GARCIA N. M. D. **Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Médio.** VII ENPEC, Florianópolis, 2009

MAHAN B. M. e MYERS R. J. **Química – Um curso universitário.** Tradução de Koiti Araki, Denise de Oliveira Silva e Flavio Massao Matsumoto, 4ª edição, Ed. Edgard Blucher LTDA, São Paulo, 1995.

MATHIAS G. N., BISPO M. L. P. e AMARAL C. L. C. **Uso de tecnologias de informação e comunicação no Ensino de Química no Ensino Médio.** VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009.

MELO J. R. F. **A formação inicial do professor de Química e o uso das novas tecnologias para o ensino: um olhar através das suas necessidades formativas.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MENEZES A. P. S. **História da Física aliada as tecnologias de informação e comunicação: Organizador Prévio como uma Estratégia Facilitadora da Aprendizagem Significativa de Física na Educação Básica.** Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2009.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R. **Tendências das pesquisas sobre o ensino da física moderna e contemporânea apresentadas nos ENPEC.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Anais...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007. 1 cd-rom.

MOREIA M. A.. **Teorias de aprendizagem.** 2ª edição ampliada – EPU, São Paulo, 2011.

MOREIRA, M. A. e PAULO, I. J. C. **Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio.** Revista da ABRAPEC, São Paulo, V.4, n.2,

mai/ago 2004. Disponível em: <HTTP://www.fc.unesp.br/abrapec/revista/v4n2a6.pdf>.  
acesso: 05/01/2012

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2ª reimpressão, editora Centauro, São Paulo, 2011.

MORTIMER, E. F. SCOTT, P. H. **Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino**. Investigações em Ensino de Ciências, 7(2),2002. Disponível em : < http :/ www.if. UFRGS .br / public / ensino/revista.htm>.

NUSSENZVEIG H. M. **Curso de Física básica**. Vol.4, 1ª edição, Editora Blucher, São Paulo, 1998.

OLIVEIRA F. F. **Ensino de Física Moderna com enfoques de CTS: Uma proposta metodológica para o Ensino Médio usando tópicos de raios X**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ORNELAS P. C. de S. P. **Linguagem Metafórica e Ensino da Química Quântica/ Ensino Secundário**. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, Portugal, 2011.

OSTERMANN, F. e MOREIRA M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física moderna e Contemporânea no Ensino Médio”**. Investigações em Ensino de Ciências, v.5, n. 1, 2000.

OSTERMANN, F., RICCI, T.C.F. **Construindo uma unidade didática conceitual sobre Mecânica Quântica: um estudo na formação de professores de física**. Ciência e Educação, v.10, n. 2, 2004.

PIERRE, L. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Tradução de Carlos Irineu da Costa, Rio de Janeiro, Ed. 34, 1993.

PINTO, A.C., ZANETIC, J. **É Possível Levar a Física Quântica para o Ensino Médio?** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr.1999.

RODRIGUES M. H. F. **A Introdução da Física Moderna no Ensino Médio: uma Proposta Metodológica Baseada no Enfoque CTS Visando a Aprendizagem Significativa.** Dissertação de Mestrado, Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2009.

ROCHA J. F. M. e Filho A. R. **Aspecto Histórico-conceituais da Física no Ensino Pré e Universitário – O caso do eletromagnetismo da Mecânica Quântica.** *Ideação*, Feira de Santana, n.3, p.101-129 jan./ jun. 1999.

RUTHERFORD E. The Scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  Particles by Matter and the Structure of the Atom. **Philosophical Magazine**. S. 6, v. 21: p.669-688, mai. 1911.

SANCHES, M. B. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Qual sua presença em sala de aula?.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SILVA J. L. P. B. e CUNHA M. B. DE M. **Para compreender o modelo atômico quântico.** XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, Curitiba – PR, 2008.

SILVEIRA, F. L. e PEDUZZI, L. O. Q. **Três episódios de descoberta científica: Da caricatura empirista a uma outra história.** Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 1: p. 26-52, abr. 2006.

SOUZA J. T. **As tecnologias de informação e comunicação em cursos de Licenciaturas em Matemática.** Dissertação de Mestrado, PUC – São Paulo, São Paulo, 2008.

SOUZA FILHO, M.P. de; GRANDINI, C.R. **livros didáticos de Física para o Ensino Médio: Uma análise de conteúdo dos níveis operacional e conceitual das práticas de eletricidade e magnetismo.** In: IX Encontro Nacional de Pesquisa e Ensino de

Física, 2004, Jaboticatubas/MG. ATAS IX Encontro Nacional de Pesquisa e Ensino de Física, 2004. v. CD. p. 1- 14.

TASCA R. A. **“Estrutura da Matéria e Tabela Periódica no Ensino de Ciências para a 8ª série – Caminhos Alternativos no Ensino de Química”**. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Campinas, 2006.

TERRAZAN, Eduardo A. **A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º Grau**. Caderno Catarinense do Ensino de Física, Florianópolis, v.9, n.3: p.209-214, dez.1992.

TIPLER P. A. e MOSCA G. **Física Moderna para cientistas e engenheiros**. Tradução Fernando Ribeiro da Silva e Gisele Maria Ribeiro Vieira, 5ª edição, vol. 3, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., Rio de Janeiro, 2006.

TRINDADE J. O. **Ensino e Aprendizagem Significativa do conceito de ligação química por meio de mapas conceituais**. Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 2011.

## APÊNDICES

### APÊNDICE 01

UEN: \_\_\_\_\_



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS**

**Sr(a). Diretor(a)**

Com o propósito de desenvolver um trabalho de dissertação de mestrado do Curso de Pós Graduação em Ciências Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso. Que tem como objetivo desenvolver um estudo sobre a utilização de Tecnologia de Informação e Comunicação no ensino de Química nesta instituição educacional e avaliar o impacto deste na referida clientela. Solicito a autorização para a realização de uma pesquisa que envolverá a aplicação de questionários impressos com alunos deste estabelecimento de ensino. Todas as informações serão extremamente importantes, poderão ser utilizadas em futuras publicações, porém será garantido o absoluto anonimato.

Atenciosamente

Jairo Luiz Medeiros Aquino Junior

**APÊNDICE 02**

UEN: \_\_\_\_\_

**ESTADO DE MATO GROSSO  
SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO**

ESCOLA \_\_\_\_\_.

Cuiabá, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012.

Eu, \_\_\_\_\_, diretor(a) da Escola Estadual \_\_\_\_\_, autorizo a realização desta pesquisa a ser realizada por Carlos Magno Martins dos Anjos, discente do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Naturais, que envolverá a aplicação de questionários impressos e entrevistas semi-estruturadas com professores e alunos deste estabelecimento, tendo conhecimento de que as informações poderão ser utilizadas em futuras publicações.

Atenciosamente

Diretor(a)

## APÊNDICE 03

UEN: \_\_\_\_\_

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS  
Mestrando: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JÚNIOR

Breve dialogo: Este questionário está dividido em três partes e fará parte da minha dissertação de mestrado que está voltada para o Ensino de Química no Ensino Médio, com o objetivo de buscar meios que facilitem os construtos dos aprendizes, usando as TICs para facilitar o acesso a um conhecimento científico mais atualizado.

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

### 1ª parte

Nesta parte faremos uma breve pesquisa sobre você aprendiz.

1. Qual sua idade? \_\_\_\_\_
2. Sua escola tem laboratório de ciências (Química/Física/Biologia)?  
( ) Sim ( ) Não
3. Este ano quantas vezes você frequentou o Laboratório de Ciências? \_\_\_\_\_
4. Sua escola tem computadores com acesso para os alunos?  
( ) Sim ( ) Não
5. Em que situação esses computadores são usados?  
( ) aulas ( ) lazer
6. Quando você usa o computador nas aulas ele é usado para?  
( ) pesquisa  
( ) experimentos/simulações (laboratório virtual).  
( ) preparação/elaboração de textos e apresentações de trabalhos escolares.

**2ª parte**

Com a evolução das tecnologias de informação e comunicação, é cada vez mais habitual o uso dos computadores na sociedade, sendo normalmente os jovens os principais usuários.

1. Você já usou computador?

Sim  Não

2. Geralmente quantas vezes por semana você usa o computador? \_\_\_\_\_

3. O computador que você utiliza é disponível:

Em casa  Na lan house  o tempo todo porque tenho um computador próprio.

4. Você usa o computador para auxiliar seus estudos?

Sim  Não

5. O uso do computador auxilia a aprendizagem?

Sim  Não

6. Quando o professor utiliza o computador em aula você percebe que este instrumento facilita a sua aprendizagem?

Sim  Não

7. O uso do computador pelo professor enriquece a aula?

Sim  Não

8. Na sua escola é frequente o uso do computador durante as aulas?

Sim  Não

**3ª parte**

É comum nos conteúdos de Química, estudarmos um capítulo chamado de Modelos Atômicos, neste geralmente, tenta-se mostrar ordem cronológica da evolução dos acontecimentos, descobrimentos e formulação de novas teorias que falam sobre átomos. Sobre este assunto nos ajude a entender:

1. O que é um átomo?

---

---

---

2. O que é uma molécula?

---

---

---

3. Qual o significado da palavra “modelo” no estudo dos modelos atômicos.

---

---

---

4. Porque será que ao se falar de átomos ou moléculas se escreve antes a palavra modelo?

---

---

---

5. Quase sempre nas aulas sobre modelos atômicos, aparecem 4 ou 5 tipos de modelos, como indicado abaixo:

- 1 – Modelo atômico de Dalton (bola de bilhar)
- 2 – Modelo atômico de Thomson (pudim de passas)
- 3 – Modelo atômico de Rutherford (modelo planetário/sistema solar)
- 4 – Modelo atômico de Bohr
- 5 - Modelo Atômico Quântico

6. Faça desenhos que represente os modelos atômicos diferenciando e localizando seus componentes. Fique a vontade para indicar aqueles modelos que você não se lembra ou nunca viu:

a) Modelo Atômico de DALton

b) Modelo Atômico de Thonsom

c) Modelo Atômico de Rutherford

d) Modelo Atômico de Bohr

e) Modelo Atômico Quântico

7. Além do livro didático indicado pela sua escola, você utiliza outras fontes de estudo?

( ) Sim

( ) Não

**APÊNDICE 04**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

MESTRANDO: JAIRO LUIZ MEDEIROS AQUINO JUNIOR

NOME: \_\_\_\_\_ DATA \_\_\_\_\_

**1ª QUESTÃO**

Você conhece o Modelo Atômico Quântico? (     ) Sim                      (     ) Não

**2ª QUESTÃO**

Quais características quânticas você consegue identificar?

**3ª QUESTÃO**

Desenhe abaixo o Modelo Atômico Quântico.