



Compreensão de modelos atômicos, formulação da mecânica quântica e suas aplicabilidades contemporâneas

Jaks Anchieta de Sena¹, Deocleciano Faustino da Silva Jr.¹, Francisco Pio de Souza Antas², Karídja Bezerra de Oliveira¹, Robert Patrick Santos¹

¹Graduandos do Curso de Licenciatura em Química – IFRN. e-mail: jaksena@hotmail.com – junior.d.boy@hotmail.com – karidjabezerra@hotmail.com – pk.kata@hotmail.com

²Me, Professor do Curso de Licenciatura em Química - IFRN. e-mail: pio.antas@ifrn.edu.br

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo mostrar, por meio de uma revisão bibliográfica, a devida importância que o estudo da estrutura do átomo e a mecânica quântica possuem. Não só por ser esta uma teoria que explica de forma compreensiva os eventos que ocorrem em nível subatômico e sistematiza toda a Química, mas também pelo avanço em tecnologias, proporcionado nos últimos anos, diante da aplicação prática dessas teorias. Nessa revisão que funde a evolução de vários conceitos teóricos fundamentais à compreensão do átomo, formulação da quântica e sua aplicação prática, se constitui como importante ferramenta que facilita a compreensão mais ampla do mundo atual, cujo desenvolvimento vem sendo influenciado principalmente por duas áreas do conhecimento bastante abrangentes, a Química e a Física.

Palavras-chave: aplicabilidade, cotidiano, mecânica quântica

1. INTRODUÇÃO

Desde o período pré-socrático, acreditava-se que o átomo seria a menor porção existente de matéria. Levantada por Leucipo e Demócrito, esta teoria que foi esquecida por quase 2 mil anos, é retomada no início do século XIX passando por diversas modificações que culminaram no desenvolvimento da mecânica quântica. “[...] já começava a ficar claro que o átomo não era a menor e mais indestrutível unidade do universo como se afirmava” (MOSLEY, 2011. p.92). Tendo Max Planck e Niels Bohr, como pioneiros desse estudo que se inicia no século XX, esta nova ramificação da ciência que analisa o comportamento das partículas constituintes da matéria e a energia presente nesta escala subatômica, com suas teorias e previsões empiristas de sucesso, aplicava-se em sistemas onde a mecânica clássica era falha, além de possuir aproveitamentos superiores à teoria da relatividade geral em algumas situações.

Apesar de ser uma abstração, como bem cita Alcácer: “A mecânica quântica é hoje uma teoria abstracta formulada a partir de um conjunto apropriado de postulados” (ALCÁCER, 2007. p.12). A ideia do quantum proposta por Planck, o modelo atômico de Bohr e a resolução da equação de Schrödinger, foram fundamentais para compreender a relação entre as estruturas eletrônicas dos elementos e suas propriedades químicas. Ainda, Segundo Oliveira:

A mecânica quântica é considerada a mais bem-sucedida teoria da física. Com ela, os físicos conseguiram desvendar a estrutura dos átomos e dos núcleos atômicos, os processos de geração de energia no Sol e em outras estrelas, as ligações químicas e estruturas moleculares, as propriedades condutivas dos materiais como metais, isolantes, semicondutores, a estrutura de materiais magnéticos etc. (OLIVEIRA, 2011. p.43).

O estudo das ligações entre os compostos, que rendeu o prêmio Nobel a Linus Pauling em 1954, revolucionando a Química, foi fruto da pesquisa em mecânica quântica. Até então os experimentos promissores que estavam sendo desenvolvidos na época não possuíam muita aplicação em nosso cotidiano, apesar de já descobertas algumas novas partículas e anti-partículas. Não muito tarde “[...] os conhecimentos sobre o comportamento dos elétrons transferiram-se dos laboratórios para as fábricas, e o que era antes uma curiosidade de laboratório transformou-se em instrumento da tecnologia” (TOLENTINO, 1996. p.4). De certa forma, os estudos a partir desse novo conceito, que transformou a



Física clássica e a Química de uma maneira geral, renderam muitos trabalhos em áreas diversas do conhecimento, tais como a biologia estrutural, a nanotecnologia, eletrônica, e as tecnologias da informação dentre outras tantas.

A proposta neste trabalho de revisão literária é demonstrar por intermédio da evolução dos conceitos na estrutura atômica e dos estudos em quântica, seja ele na Física ou Química, o desenvolvimento de importantes ferramentas e equipamentos tecnológicos aplicados na indústria e em grande parte do nosso cotidiano. Como bem explícito por Bohr em escrito de 1927: “Qualquer um que não se choca com a teoria quântica não a compreende”.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Com a finalidade de expor a aplicabilidade da mecânica quântica, não necessitando assim um aprofundamento no estudo de seus conceitos, faremos aqui, primeiramente, um breve sequenciamento dos modelos estruturais do átomo até o conceito quântico, durante o percorrer da história. A tabela que segue logo abaixo resume um pouco da trajetória dos modelos, contemplando apenas uma parte das contribuições atribuídas ao estudo atomístico e quântico, já que muitos foram os físicos e demais cientistas envolvidos na relevância e aplicabilidade em torno destas teorias.

Tabela 1 – Período onde surgiram ideias revolucionárias de pensadores e a evolução dos modelos atômicos durante a história da ciência.

Período	Pensadores	Modelos
Século IV a.C.	Leucipo, Demócrito	Atômico: porção indivisível de matéria, esta por sua vez, constituída de átomos e vazio.
1803	John Dalton	Bola de bilhar: explicando a formação dos compostos retomando o modelo pré-socrático de átomo.
1910	J. J. Thomson,	Pudim de passas: descoberta da carga negativa com contribuições dos estudos de Faraday e Crookes.
1911	Ernest Rutherford,	Orbital planetário: descoberta do núcleo atômico constituído de cargas positivas e de uma eletrosfera de cargas negativas.
1913	Niels Bohr	Níveis de energia: orbita circular fixa dos elétrons em diferentes níveis energéticos, explicação da análise espectral a partir de seus estudos juntamente a teoria do quantum de Max Planck.
1916	Arnold Sommerfeld	Orbitas elípticas: generalização do modelo de Bohr, acrescentou órbitas elípticas obtendo um número quântico a mais, formulação das regras de quantização de Wilson-Sommerfeld.
1925	Erwin Schrödinger	Mecânico ondulatório: comportamento dual da matéria, método que ajudou a descrever os estados de energia mais complexos e os compostos com muitos átomos. Os estudos de Louis de Broglie, Werner Heisenberg e Paul Dirac foram fundamentais para este modelo.



O estudo das teorias quânticas, iniciado em 1900 por Planck e consolidado pelas equações fundamentais propostas no final de 1920, surgiram da análise da luz e de outras formas de energia radiante. “Em vários aspectos essa teoria foi muito bem sucedida, até mais do que deve ser aparente para o estudante” (EISBER e RESNICK, 1979. p.160), explicando até mesmo [...] fenômenos, tais como o calor calorífico de sólidos a baixas temperaturas, que eram inexplicáveis em termos das teorias clássicas (idem). Desde o final do século XVIII, já se sabia que a luz era uma onda elétrica interagindo com uma onda magnética se propagando no espaço a 3×10^8 m/s, este modelo explicava grande parte, mas não todos os comportamentos das radiações energéticas. “[...] a intensidade da radiação térmica ou radiação eletromagnética emitida por objetos materiais bastante aquecidos, tornou-se um desafio, que mobilizou uma intensa investigação científica na época” (CHESMAN, 2004. p.91). Os experimentos realizados por Planck propuseram que existiam restrições na maneira dos átomos radiarem energia, e que cada átomo emitia pacotes discretos e mensuráveis de energia, ao qual chamou de quantum, sendo essa energia determinada por sua frequência de radiação.

Essa teoria transformou a Física quando Albert Einstein levou tais ideias revolucionárias mais adiante, e aplicou o quantum de energia ao efeito fotoelétrico, explicando assim a emissão de elétrons em metais condutores, quando estes são iluminados por radiações de cores diferentes, ou seja, em determinadas frequências. A explicação desse efeito não se aplicava ao modelo de onda, mas sim aos de pacotes de energia que ele chamou de fótons. De acordo com alguns artigos, “Apesar de seu profícuo envolvimento com a mecânica quântica nos primeiros anos, Einstein viria a se tornar seu principal crítico e opositor” (OLIVEIRA, 2011. p.44). Com os trabalhos desses dois gênios da ciência, o conceito de partícula da luz é redescoberto e é chegada a conclusão de que a luz e as radiações eletromagnéticas exigiam a compreensão de ambos os modelos, ondulatório e de partículas, estes estudos dariam origem a dualidade onda-partícula, espinha dorsal da mecânica quântica.

Continuamente a isso, entram em cena as contribuições de Bohr, descobrindo que as leis que governavam o movimento e comportamento dos corpos grandes, não se adequavam ao movimento das partículas elementares. Com seu modelo atômico, pode-se explicar o comportamento dos átomos com um elétron, não predizendo os espectros de radiação de átomos complexos, mais tarde explicado pelas equações de Schrödinger e Dirac. Bohr estendeu o conceito de quantum a níveis energéticos, sem sua proposta, “[...] não se compreenderia por que o espectro da luz emitida por materiais no estado gasoso é constituído por linhas ou, ainda, por que cada material possui um espectro que lhe é específico” (PAULA, 2011. p.105). Em 1916, Sommerfeld com seu modelo de orbitas elípticas para os elétrons e suas regras de quantização, aprimorou o modelo de Bohr. Seus estudos eram mais próximos à figura da moderna mecânica quântica.

Por volta de 1924, Louis de Broglie, em sua tese de doutorado, propõe a hipótese de que da mesma maneira que a luz, as partículas materiais poderiam apresentar comportamentos típicos de uma onda, difração e interferência, vindo a ser conhecida como onda de matéria. As revoluções nas teorias quânticas viriam logo,

É neste clima que, no período compreendido entre 1925 e 1927, surge a denominada Teoria Quântica da Matéria cujos principais elaboradores foram: os físicos alemães Werner Karl Heisenberg (Prêmio Nobel de 1932) e Max Born (Prêmio Nobel de 1954), o físico inglês Paul Adrien Maurice Dirac e o físico austríaco Erwin Schrödinger (que junto com Dirac dividiu o Prêmio Nobel de 1933) (CHESMAN, 2004. p.153)

Dentre as várias contribuições e trabalhos importantíssimos que só caberão em um trabalho mais específico, pois como afirma Eisberg, “À medida que o número de componentes de um sistema físico aumenta, torna-se mais complexa a descrição detalhada de seu comportamento” (EISBERG e RESNICK, 1979. p.479), destacaremos por fim o modelo mecânico ondulatório, visualizado por Schrödinger. Este que, para o estudo das interações entre átomos, foi mais além, determinando o número de formas possíveis dos níveis energéticos, a orientação destas formas no espaço e os possíveis spins de rotação dos elétrons. A partir de então um número mais complexo de estados de



energia pôde ser descrito e finalmente um método tinha sido encontrado para descrever os estados complexos de átomos com muitos elétrons e compostos com muitos átomos.

Partindo à aplicabilidade, onde a quântica, tão presente em diversas áreas da ciência e indústria, tem contribuições que vão desde as lâmpadas fluorescentes até a criptografia de dados, destacaremos apenas algumas para elucidar a importância do estudo. Como frutos destas pesquisas, surgiu o desenvolvimento dos mais diversos tipos de semicondutores e transistores, usados largamente na indústria eletrônica, desenvolvidos com base nos processos de ganho de energia pelo aquecimento de certas substâncias, permitindo o controle e ganho de corrente através da temperatura. Já a excitação elétrica em gases ou cristais, levou a produção dos *light amplification by stimulated emission of radiation (laser)*, que compõem os aparelhos leitores de mídias como CDs, DVDs e *blu-ray*, além de serem largamente aplicados em sensores e equipamentos variados, como por exemplo, ferramentas utilizadas nos tratamentos medicinais.

A emissão de luz pelos átomos, através dos saltos quânticos, proporcionou o desenvolvimento dos *Light Emitting Diode (LED)*, diodos transmissores de luz, usados, por exemplo, nas TVs que levam o seu nome e em faróis de luz intensa. E ainda, diferentemente do que muitos pensam, os elétrons em seu estado de excitação não produzem só luz, acelerando-os em intenso campo elétrico e colidindo-os com átomos de metais pesados, são produzidos os raios X, descoberto por Röntgen, bastante utilizados na indústria e em diagnósticos medicinais.

Com a manipulação das partículas elementares, nasce a nanotecnologia com sua diversidade de aplicações em diferentes áreas. Este conhecimento também alavancou a medicina diagnóstica em exames realizados com base nas emissões de anti-partículas, como a tomografia por emissão de pósitrons, partícula de carga oposta com massa equivalente a do elétron. A quântica também proporcionou inovações com os computadores quânticos, diferentes do convencional, nestes os *bits* assumem valores binários, zero e um, ao mesmo tempo, trazendo mais segurança na codificação e decodificação dos dados usados, por exemplo, em transmissões sigilosas de segurança militar, institucional, sistemas bancários e as informações comerciais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo desse trabalho, constatamos primeiramente que a evolução mais significativa acerca do desenvolvimento de estudos envolvendo a estrutura atômica, até as teorias quânticas, foi realizada durante o século XX. Diante dessa observação, fica implícito que este período favorável a novas teorias, foi proporcionado pela efervescência de ideias envoltas em uma ramificação promissora de resultados impactantes, imortalizando grandes personagens da história da ciência. Deparados com um problema completamente diferente e inovador, estes cientistas motivados pela sede de novas descobertas, caminharam a passos longos para chegarem a tão esperada resolução. Os modelos criados, quando apresentavam falhas em explicar alguns fenômenos, eram substituídos por outros que melhor esclarecessem o questionamento levantado, uma vez que, essas pesquisas foram bem difundidas no meio científico. O estudo realizado em textos focados nessa temática foi importante para uma melhor compreensão desses modelos, a explicação de alguns fenômenos e as relações teórico-práticas propiciadas por estes.

A mecânica quântica, com a missão de explicar situações nas quais o micro se comporta e as velocidades são elevadas, apresentaram teorias que para a mecânica clássica eram impossíveis. Nesse universo onde o comportamento foge ao senso comum e do nosso mundo, composto praticamente de previsões deterministas, as teorias quânticas, compostas basicamente de comprovações abstratas, trouxeram luz a estas dúvidas, solucionando questões inacabadas para a dinâmica e interações de partículas, tão fundamentais a total compreensão de demais ramificações científicas. O texto de certa forma transpareceu o conhecimento adquirido em análise das ideias focadas em teorias e conceitos, não usando da linguagem matemática com suas variáveis almejando o alcance de resultados que só enfatizariam o entendimento dos modelos sem a extensão prática deste. Podendo também confundir



um público menos familiarizado a essa disciplina. Esta aplicação, por sua vez, veio através da utilidade que o estudo proporcionou para o desenvolvimento técnico e industrial.

Partindo para a aplicação das teorias ao nosso cotidiano, podemos hoje visualizar, sem muito esforço, um mundo repleto de máquinas e aparelhos capazes de perceber mudanças no ambiente e de reagir a elas. Perante o exposto, essa capacidade tornou-se possível graças à existência de sensores feitos com materiais semicondutores, muito versáteis, usados na produção de muitos elementos que compõem circuitos elétricos e eletrônicos. Isto possibilitou, principalmente, um enorme avanço tecnológico com o desenvolvimento dos *lasers*, operando em diferentes frequências, muito dos quais agindo de forma pulsada, são usados para codificar dados e serem transmitidos a enormes velocidades, geralmente ligadas às transmissões via fibra ótica. As demais aplicações citadas no trabalho são apenas uma parte ínfima da abrangência do estudo quântico. Todo o entendimento e comportamento envolvendo semicondutores e os outros tantos processo de absorção e emissão de radiação, são em sua essência, dependentes da mecânica quântica.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho foi resultado de um estudo que exigiu revisão bibliográfica, principalmente em artigos e obras de divulgação científica, fato este que permitiu uma melhor clareza no texto e argumentação dos temas propostos. A mecânica quântica, como teoria fundamental que descreve o comportamento das partículas no nível atômico, é hoje largamente utilizada no projeto e desenvolvimento de inúmeras aplicações tecnológicas que são à base da sociedade moderna. De certa forma, toda a indústria eletrônica, informática, transmissão de dados e armazenamento destes, é dependente do conhecimento conquistado no início do século XX e da evolução dos conceitos anteriores a ele. Diante das investigações em laboratórios, perguntando se elétrons atuavam como onda ou partícula, desdobrando-se em questões repletas de probabilidades e incertezas, gigantes da história da ciência por meio de seus experimentos, comprovaram a relevância de variadas pesquisas, que tinham por objetivo elucidar as questões fundamentais da natureza, estas que, por sua vez, transformaram-se na base da mais alta tecnologia contemporânea.

De uma maneira geral, esse trabalho de revisão que fundiu a evolução dos modelos estruturais do átomo, a formulação de uma teoria impactante e a aplicação prática desta. Facilitou a compreensão mais ampla do mundo atual, mediado por tecnologias e objetos, cujo desenvolvimento vem sendo influenciado principalmente por duas áreas do conhecimento bastante abrangentes: a Química e a Física. Contudo, o resumo exposto se configura apenas como um ponto de partida para o leitor que busca o conhecimento de assuntos, muitas vezes, considerados complicados pelo fato da não compreensão de alguns conceitos simples e a forma que estes geralmente são abordados.

REFERÊNCIAS

ALCÁCER, Luís. **Introdução à Química Quântica computacional**. Lisboa: Editora IST press, 2007.

CHESMAN, Carlos et al. **Física moderna: experimental e aplicada**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

EISBERG, R. RESNICK, R. **Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Campus 1979.

MOSLEY, Michael; LYNCH, John. **The story of science: (power, proof and passion)**. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

OLIVEIRA, Ivan S. **Revisitando a estranha natureza da realidade quântica**. Ciência Hoje, vol.47 n.281, jul. 2011, p. 42-46.



PAULA, Helder F. et al. **Quântica para iniciantes: investigações e projetos**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

RIBEIRO, P. H. S. **Criptografia Quântica: os desafios de gerar códigos invioláveis**. *Ciência Hoje*, vol.47 n.277, dez. 2010, p. 26-31.

SILVA, Antônio J. R. da. **Mecânica quântica, ciência básica a geração de riqueza**. *Revista USP*, São Paulo, n.76, dez/fev. 2007-2008, p. 88-95.

TOLENTINO, Mario et al. **O átomo e a tecnologia**. *Química Nova na Escola*, n.3 mai. 1996, p. 4-7.