

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM QUÍMICA**

ANA KARELLINE ALEXANDRE DIAS

**ABORDAGEM DOS MODELOS ATÔMICOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE
QUÍMICA: UMA ANÁLISE CONCEITUAL E DE INCOERÊNCIAS**

CAJAZEIRAS – PB

2021

ANA KARELLINE ALEXANDRE DIAS

**ABORDAGEM DOS MODELOS ATÔMICOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE
QUÍMICA: UMA ANÁLISE CONCEITUAL E DE INCOERÊNCIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Universidade Federal
de Campina Grande como requisito
para obtenção do grau de Licenciada
em Química.

CAJAZEIRAS – PB

2021

D541a Dias, Ana Karelline Alexandre.

Abordagem dos modelos atômicos nos livros didáticos de química: uma análise conceitual e de incoerências / Ana Karelline Alexandre Dias. - Cajazeiras, 2021.

34f.: il.

Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antônio Portela da Cunha.

Monografia (Licenciatura em Química) UFCG/CFP, 2021.

1. Química - ensino. 2. Modelo atômico. 3. Livro didático. 4. Ensino Médio. 5. Conceitos. 6. Incoerências. I. Cunha, Fernando

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)

Josivan Coêlho dos Santos Vasconcelos - Bibliotecário CRB/15-764

Cajazeiras - Paraíba

FOLHA DE APROVAÇÃO

ABORDAGEM DOS MODELOS ATÔMICOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE CONCEITUAL E DE INCOERÊNCIAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Universidade Federal
de Campina Grande como requisito
para obtenção do grau de Licenciada
em Química.

Comissão julgadora

Orientador e presidente

Examinador (1)

Examinador (2)

CAJAZEIRAS – PB

2021

Dedico aos meus pais, Anizia Maria e Francisco Miceno (Galego do Sofá).

AGRADECIMENTOS

Ao término deste trabalho, sinto o dever pessoal de fazer alguns agradecimentos às pessoas que, de forma mais direta ou indiretamente, tornaram possível a realização de mais uma etapa de minha vida acadêmica e também de minhas conquistas pessoais e profissionais.

Nesse sentido, antes de tudo, agradeço primeiramente a Deus, pelo o dom da vida.

A Anizia Maria e Galego do Sofá, por ter me dado a vida, me educado e fazerem de mim a pessoa que hoje sou. Devo tudo a essas pessoas, que Deus escolheu para serem meus pais.

À meu esposo Renan e a minha filha Antonia Florinda, pela motivação, pelos incentivos, que me deixavam alegres nas horas difíceis e turbulentas.

A todo corpo docente, equipe administrativa e em especial, ao professor Fernando Portela por me orientar durante esse trabalho monográfico e ser tão paciente comigo.

As amigas que a Química me deu, Allanny Kelly e Fernanda Dias por quem tenho um carinho imenso e sempre me incentivaram a seguir.

E a amiga e professora de Química, Edilânia Souza, que tanto me ajudou desde os estágios e até hoje.

A todos os colegas de curso que estiveram juntos comigo, sendo amigos e parceiros.

EPÍGRAFE

Um homem não pode fazer o certo numa área da vida, enquanto está ocupado em fazer o errado em outra. A vida é um todo indivisível.
(Mahatma Gandhi)

RESUMO

Abordar o conteúdo de modelo atômico nos livros didáticos de Ensino Médio, foi de extrema importância para analisar e comparar a linha de compreensão, que pode divergir, de livro para livro, na busca por identificar concordâncias e discordâncias e analisar a forma como essas influenciam no processo da construção do conhecimento do discente. A amostra foi composta por quatro livros do primeiro ano do Ensino Médio, PNLD 2016. O procedimento metodológico decorre dos seguintes pontos de identificação dos conceitos, contexto histórico e incoerência. Dessa forma buscou-se observar os fatores que poderiam contribuir ou prejudicar de forma significativa a construção do conhecimento em relação aos modelos atômicos. De acordo com os resultados foram identificadas discordâncias na abordagem do modelo atômico de Thomson, que é a base para a compreensão do modelo atômico de Rutherford. Outro ponto de alerta é a atribuição de Modelo Planetário, feita pelos autores, ao modelo de Rutherford, pois Rutherford não poderia afirmar que os elétrons estariam em movimento circular em volta do núcleo pois isto iria de encontro frontal com as leis do eletromagnetismo já bem consolidadas naquela época. Em relação aos modelos de Dalton e Bohr, não se detectou incoerências.

Palavras-chave: modelo atômico; construção do conhecimento; conceitos; incoerências.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação dos “átomos compostos” de água, amônia e de outras partículas que poderiam ser formadas, obedecendo à lei das proporções múltiplas.	13
Figura 2 – Tubo de Crookes.	14
Figura 3 – Tubo de Crookes modificado utilizado por Thomson.	14
Figura 4 – Modelo pudim de passas.	16
Figura 5 – Experimento da folha de ouro	17
Figura 6 - O modelo nuclear do átomo	19
Figura 7 - Modelo Rutherford – Bohr	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Amostra da pesquisa: sequência de quatro livros do ensino médio, aprovados pelo PNLD 2016.	22
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 ATOMISMOS E A CONSTRUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS	11
2.1.1 O MODELO ATÔMICO DE DALTON	12
2.1.2 THOMSON E MODELO ATÔMICO A PARTIR DA IDADE MODERNA.....	13
3 METODOLOGIA	22
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO	23
5 CONCLUSÕES	28
6 REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

Diante de muitas dificuldades no processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Química, como compreender conceitos, fórmulas, experimentos, etc. Esta é considerada, no ensino médio, umas das disciplinas mais difíceis ou complicadas ao olhar dos discentes.

Sendo assim, torna-se crucial que os conceitos veiculados pelos livros didáticos estejam corretos e, mais que isso, possam sugerir abordagens mais completas e coerentes com as referências mais novas na área de ensino de ciências (MOURA; GUERRA, 2013).

A história da ciência está cheia de exemplos em que as teorias de dois ou mais cientistas sobre um mesmo experimento divergem completamente. Essas controvérsias podem fornecer um rico arcabouço para o entendimento do desenvolvimento da ciência e mesmo para o ensino de ciências em nível médio. Mesmo assim, uma análise dos currículos e livros didáticos brasileiros traz à tona o fato de praticamente não haverem controvérsias explícitas nestes, muito embora elas estejam fortemente presentes na evolução da ciência (MOURA; GUERRA, 2013).

Dessa forma, se o livro didático utilizado pelo professor ou pela instituição, apresentar controvérsias, entende-se que esse conteúdo é simplesmente transmitido para o aluno, uma vez que o livro não esclarece o que realmente de fato aconteceu e como se deu a evolução da Química. Assim acredita-se que essa seja, pelo menos uma, das razões para que os alunos classifiquem a disciplina de Química como complicada ou difícil.

Modelos são ferramentas eficazes para o ensino de ciências, uma vez que podem melhorar a compreensão, a comunicação e a investigação de fenômenos científicos entre os alunos (SILVA; VASCONCELOS, 2016).

Diante desses fatos, esse trabalho foi executado, buscando refletir de que forma se dá a construção do conhecimento de determinado conteúdo de química, neste caso, os modelos atômicos. Ambos são de extrema importância no aprendizado de Química, pois a partir deles compreende-se de que é formada a matéria.

Desta feita, o objetivo geral do aludido trabalho é analisar a abordagem dos modelos atômicos nos livros de Química. Para tanto, pretende-se:

1. Pesquisar em livros do ensino médio, a construção do conhecimento relativo à teoria atômica desde Dalton até Bohr.

2. Avaliar concordâncias e discordâncias entre livros do ensino médio, com respeito à evolução do conhecimento sobre o modelo atômico.

3. Identificar possíveis inconsistências, que possam ocorrer nos livros consultados, na construção do conhecimento que possam dificultar a compreensão dos discentes sobre a evolução do modelo atômico.

4. Produzir uma crítica comparativa entre as formas de abordagem do tema entre os livros pesquisados

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ATOMISMOS E A CONSTRUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS

Historicamente o homem tem se questionado sobre a natureza da matéria e a composição das mais diversas substâncias encontradas. As primeiras ideias significativas que foram registradas em livros foi a dos antigos gregos do século V a.C., especialmente dos filósofos Leucipo e Demócrito (Há algumas evidências de que os filósofos da Índia e da China fizeram especulações semelhantes mais ou menos na mesma época) (DE OLIVEIRA; CUENCA, 2016).

Naquela época, existia a questão de que até que ponto é possível subdividir a matéria. Segundo o filósofo grego Demócrito, em algum momento chegaremos a uma unidade menor que da qual a matéria não poderá mais ser subdividida sem que perda suas propriedades específicas. A esta parte da matéria, Demócrito atribuiu o termo átomo. Agora sabemos que os próprios átomos podem ser subdivididos, mas sua identidade é destruída no processo. Então os gregos estavam corretos em um aspecto. Os gregos também achavam que os átomos estavam em movimento constante, outra noção correta (MARQUES; CALUZI, 2015).

Devido às características inerentes ao período, durante a idade média, a ciência ficou por um longo tempo quase que estagnada. Decorre disto a alcunha de “Idade das trevas”. Neste período a ciência era permeada pelo ocultismo, no qual os alquimistas desenvolviam suas ideias sobre a transformação da matéria de forma isolada e não havia a preocupação de disseminar o conhecimento adquirido em seus experimentos. Os alquimistas descobriram e redescobriram muitos fatos, mas não os disponibilizaram amplamente.

Sobre este período, Oliveira e Cuenca (2016) afirma que ao longo dos séculos, foram feitas descobertas sobre as propriedades das substâncias e suas reações químicas. Certas características sistemáticas foram reconhecidas, mas semelhanças entre elementos comuns e raros resultaram em esforços para transmutá-los (chumbo em ouro, em particular) para ganho financeiro.

Com o fim da Idade Média, a prática da alquimia gradualmente desapareceu e a ciência da química surgiu. Não era mais possível, nem considerado desejável, manter em segredo as descobertas.

Com o início da idade moderna, ao fim do século XV, um número crescente de filósofos, trouxe um novo impulso a desenvolvimento do pensamento científico. Observou-se também a partir da idade moderna, a preocupação com a divulgação e publicação dos conhecimentos desenvolvidos pelos cientistas da época. Com isto, o conhecimento coletivo cresceu e, no início do século XIX, um fato importante estava bem estabelecido: as massas dos reagentes em reações químicas específicas sempre têm uma proporção de massa particular. Esta é uma evidência indireta muito forte de que existem unidades básicas (átomos e moléculas) que têm essas mesmas proporções de massa (LINHARES; QUELUZ, 2016).

2.1.1 O MODELO ATÔMICO DE DALTON

John Dalton (1766-1844) foi um químico, meteorologista e físico inglês, um dos mais destacados cientistas do mundo. Descobriu a anomalia da visão das cores, conhecida como daltonismo. Foi o fundador da teoria atômica que revolucionou a química moderna (FRANZÃO, 2019).

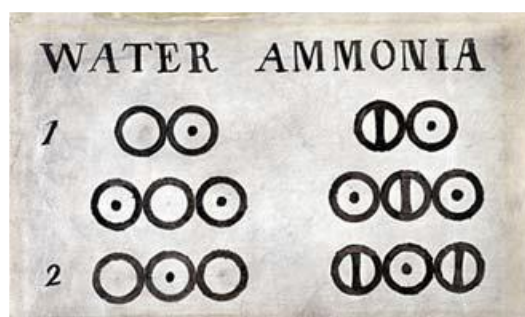
Dalton desenvolveu vários estudos sobre as misturas gasosas e formação de moléculas. Tais estudos lhe levaram a determinação da “Lei das Pressões Parciais de Dalton”. Ele também um dos primeiros a apresentar tabelas de pesos atômicos com átomos e moléculas já conhecidas. Para fundamentar sua teoria atômica ele fez uso de algumas afirmações, quais sejam: (FILGUEIRAS, 2004), (VIANA e PORTO, 2007)

- a matéria é constituída por partículas últimas ou átomos;
- os átomos são indivisíveis e não podem ser criados nem destruídos (*Princípio de Conservação da Matéria* - Lavoisier);
- todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos e apresentam o mesmo peso;
- átomos de elementos diferentes têm pesos diferentes;
- os compostos são formados por um número fixo de átomos de seus elementos constituintes (*Lei das Proporções Fixas* - Proust);
- se existir mais de um composto formado por dois elementos diferentes, os números dos átomos de cada elemento nos compostos guardam entre si uma razão de números inteiros (*Lei das Proporções Múltiplas* -Dalton)

- o peso do átomo de um elemento é constante em seus compostos - se a reagir com b para formar ab e c reagir com d para formar cd , então se ab reagir com cd os produtos serão ad e cb (*Lei das Proporções Recíprocas* - Richter).

Para representar as moléculas, Dalton usava modelos nos quais os átomos eram simbolizados com círculos característicos para cada átomo, conforme a figura 1.

Figura 1 – Representação dos “átomos compostos” de água, amônia e de outras partículas que poderiam ser formadas, obedecendo à lei das proporções múltiplas.



Fonte: imagem do artigo “O processo da elaboração de John Dalton” (VIANA; PORTO,2007)

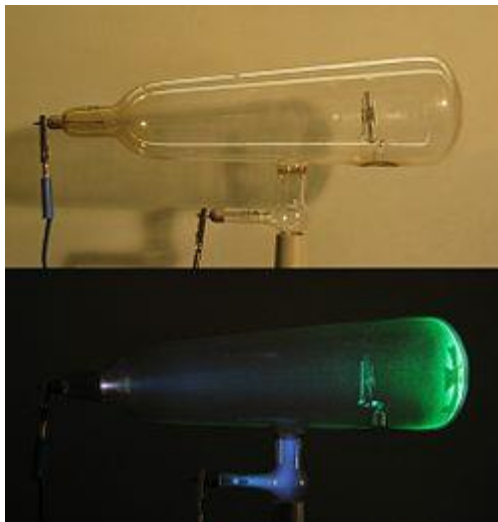
Isto levou aos historiadores a formularem, de forma simplificada, o modelo de Dalton como sendo: Uma esfera maciça indivisível e sem carga, e assim o seu modelo ficou conhecido como “Bola de Bilhar”.

2.1.2 THOMSON E MODELO ATÔMICO A PARTIR DA IDADE MODERNA

Por volta de 1875 o físico inglês Willian Crookes desenvolveu um dispositivo para estudar a condutividade elétrica de gases. Este consistia de um tubo de vidro selado do qual quase todo o ar foi removido e dentro do qual são dispostos dois eletrodos. Quando uma alta tensão é aplicada entre os dois eletrodos, os elétrons são emitidos do cátodo (eletrodo negativo) e são acelerados em direção ao ânodo. Em seu percurso, os elétrons colidem com moléculas do gás promovendo assim a emissão de luz. Apesar de hoje em dia sabermos a luminescência ocorrida no tubo de Crookes é provocada por elétrons ejetados do catodo, naquela época não se conhecia ainda a existência de tais partículas e o fenômeno era explicado considerando que se tratava de “raios catódicos”. O referido dispositivo foi usado por Crookes em vários experimentos

e mais tarde foi usado em experimentos que levaram à descoberta dos raios X por WC Roentgen (1895) e do elétron por JJ Thomson (1897).

Figura 2 – Tubo de Crookes.

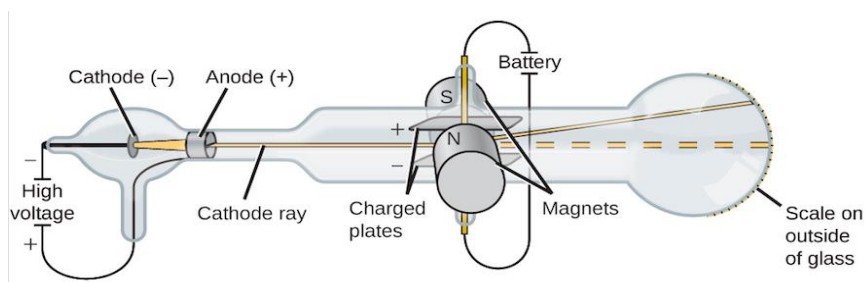


Fonte: Tubo de Crookes - não em uso - cruz vertical - vista lateral prPNr ° 07.jpg e tubo de Crookes - em uso - Cruz vertical - vista lateral prPNr ° 11.jpg

Em 1896, o físico britânico J. J. Thomson realizou experimentos demonstrando que os raios catódicos eram partículas únicas, ao invés de ondas, átomos ou moléculas, como se acreditava anteriormente (MOURA; GUERRA, 2013).

Como o desenvolvimento das pesquisas científicas, o tubo de Crookes foi sendo modificado para atender novas disposições experimentais. Em suas investigações experimentais, Thomson utilizou um tubo de Crookes modificado como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Tubo de Crookes modificado utilizado por Thomson



Fonte: Imagem de Openstax, CC BY 4.0.

De acordo com a figura 3 percebe-se que o raio se origina no cátodo e passa por uma fenda no ânodo. O raio catódico é desviado para longe da placa elétrica carregada negativamente e em direção à placa elétrica carregada positivamente. A quantidade pela qual o raio foi desviado por um campo magnético ajudou Thomson a determinar a razão massa-carga das partículas.

Para testar as propriedades das partículas, Thomson colocou duas placas elétricas com carga oposta ao redor do raio catódico. O raio catódico foi desviado para longe da placa elétrica carregada negativamente em direção à placa carregada positivamente. Isso indicou que o raio catódico era composto de partículas carregadas negativamente (FELTRE, 2005).

Thomson também colocou dois ímãs em cada lado do tubo e observou que esse campo magnético também desviava o raio catódico para o ânodo (MELO, 2013).

Com base em seus experimentos, Thomson verificou que os ditos “raios catódicos” podiam ser defletidos por campos elétricos e magnéticos. Desta forma os tais raios catódicos não deveriam ser considerados como ondas e sim como partículas eletricamente carregadas. Como tais partículas eram atraídas por placas positivamente carregadas colocadas no percurso do feixe luminoso, estas na verdade seriam compostas por partículas negativamente carregadas, às quais foi denominada de elétrons.

Thomson fez boas estimativas tanto da carga e quanto da massa m , descobrindo que as partículas de raios catódicos (que ele chamou de “corpúsculos”) tinham talvez um milésimo da massa do hidrogênio, o íon de menor massa conhecido (CHAVES, 2011).

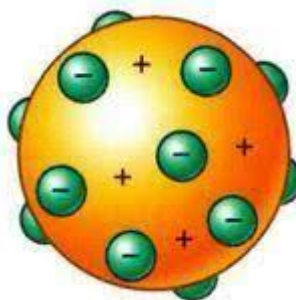
Diante das novas evidências experimentais, ficou claro que a teoria atômica de John Dalton não poderia mais ser sustentada pois Thomson mostrou experimentalmente que o átomo podia ser subdividido em partículas menores e eletricamente carregadas.

A partir de seus resultados experimentais, Thomson tirou as seguintes conclusões:

- O raio catódico é composto de partículas carregadas negativamente.
- As partículas devem existir como parte do átomo, já que a massa de cada partícula é apenas uma fração inicial, 1, dividido por, 2000, fração final a massa de um átomo de hidrogênio.
- Essas partículas subatômicas podem ser encontradas nos átomos de todos os elementos.

Desta forma, em 1898, Thomson anuncia a nova teoria atômica que prevaleceu por alguns poucos anos. Nesta teoria Thomson afirma que o átomo seria uma massa positiva encrustada de elétrons fixos em tal massa, que ficou mais conhecida como pudim de passas, como mostra a figura 4.

Figura 4 – Modelo pudim de passas



Fonte: <https://www.ufjf.br/joaouxiii/files/2008/11/Aula-2-F%c3%adsica-Moderna.pdf>

O próximo experimento inovador na história do átomo foi realizado por Ernest Rutherford, um físico da Nova Zelândia que passou a maior parte de sua carreira na Inglaterra e no Canadá (CORREA, 2017). Em seu famoso experimento com folha de ouro, Rutherford disparou um feixe fino de partículas alfa em uma folha muito fina de ouro puro (HUMISTON, 2014).

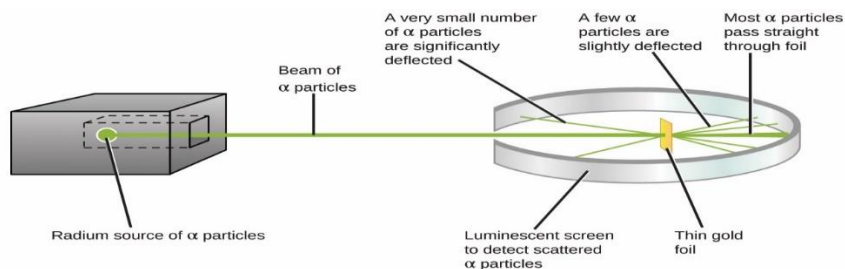
O modelo de Rutherford é um modelo do átomo com o nome de Ernest Rutherford. Rutherford dirigiu o famoso experimento Geiger-Marsden em 1909, que sugeriu, de acordo com a análise de Rutherford de 1911, que o chamado "modelo de pudim de ameixa" do átomo de J. J. Thomson estava incorreto (CHAVES, 2011).

O modelo de Rutherford para o átomo, com base nos resultados experimentais, continha as novas características de uma carga central relativamente alta concentrada em um volume muito pequeno em comparação com o resto do átomo. Este volume central também continha a maior parte da massa do átomo. Essa região viria a ser chamada de “núcleo” (HUMISTON, 2014).

O experimento conduzido por Rutherford consistiu em bombardear uma fina lâmina de ouro, com um feixe de partículas alfa. Naquele tempo as partículas alfa já eram bastante definidas e sabia-se que estas eram compostas por corpúsculos semelhantes ao núcleo do elemento hélio, ou seja, eram formadas por dois prótons e dois nêutrons. O feixe de partículas foi direcionado perpendicularmente à folha de ouro em volta da qual está posta uma tela de material fosforescente que produzia uma luminescência quando atingido por partículas alfa.

A Figura 5 mostra o aparato experimental montado por Rutherford.

Figura 5 – Experimento da folha de ouro



Fonte: Imagem do Openstax, CC BY 4.0

Em seu experimento, Rutherford constatou que a grande maioria das partículas atravessou a folha de ouro sem sofrer nenhuma deflexão. Ele observou ainda que que uma pequena parte sofria deflexões de variados graus de desvio e ainda uma parte menor defletia em ângulos próximo aos 180 graus (REIS, 2010).

Com base nos conhecimentos desenvolvidos por Thomson, sabia-se que a massa do elétron era muito pequena quando comparado com a massa do átomo. Desta forma, Rutherford conclui a partir dos seus resultados experimentais que as deflexões em ângulos acentuados não decorriam de colisões das partículas alfa com os elétrons. Desta forma, ele conclui que a

massa do átomo, está concentrada em um pequeno volume do mesmo e que existe muito espaço entre esta parte e a região fronteira do átomo, onde ficariam localizados os elétrons (RUSSEL, 1996).

A esta pequena parte onde estaria concentra quase toda massa do átomo foi chamada de “núcleo” e devido ao caráter repulsivo das interações com as partículas alfa, este deveria apresentar também carga elétrica positiva. Com base na contagem das partículas que eram defletidas em ângulos altos, ele pode ainda estimar o volume do núcleo do átomo em relação ao volume total do mesmo (RUSSEL, 1996)

Diante das evidências experimentais de Rutherford, ficou claro que o modelo atômico proposto por Thomson precisaria ser revisada, pois segundo tal propositura, se a parte positiva do átomo fosse composta por uma massa positiva, que preenchia todo espaço ocupado, era de se esperar que o padrão de distribuição dos desvio das partículas alfa fosse um tanto uniforme. No entanto, os resultados reais surpreenderam Rutherford. Embora muitas das partículas alfa tenham passado direto, muitas outras foram desviadas em pequenos ângulos enquanto outras foram refletidas de volta para a fonte alfa (CORREA, 2017).

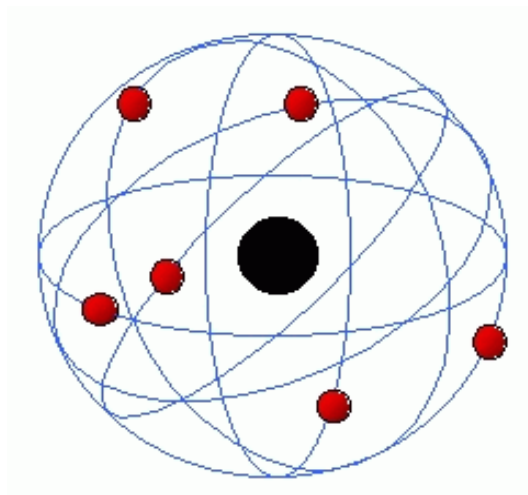
Com base em seus resultados experimentais, Rutherford fez as seguintes conclusões sobre a estrutura do átomo: A carga positiva deve estar localizada em um volume muito pequeno do átomo, que também contém a maior parte da massa do átomo. Isso explicava como uma fração muito pequena das partículas alfa foi desviada drasticamente, provavelmente devido à rara colisão com um núcleo átomo de ouro (MELO, 2013). Como a maioria das partículas “ α ” passou direto pela folha de ouro, o átomo deve ser composto principalmente de espaço vazio. Desta forma, Rutherford anuncia sua propositura de modela atômico, que diferentemente de Thomson, afirma que a parte positiva do átomo, encontra-se concentrada em um núcleo denso muito pequeno e de carga positiva. Assim o modelo atômico enunciado em 1911 por Rutherford fica conhecido como o “Modelo do Átomo Nucleado” (MELZER; AIRES, 2015).

Apesar de determinar que o núcleo do átomo era minúsculo e contemplava toda carga positiva do átomo, Rutherford não pode afirmar como estaria à disposição dos elétrons na estrutura atômica. A princípio, poderia se dizer que os elétrons estariam em movimento circular ao redor do núcleo. Porém

esta afirmação ia, severamente, de encontro a teoria do eletromagnetismo. Naquela época, e válida até hoje, a teoria do eletromagnetismo, encontra-se bem estabelecida a partir das contribuições de J.C. Maxwell no fim do século XIX. A conhecida “Moderna Teoria do Eletromagnetismo”, reuniu a eletricidade, o magnetismo e a óptica em um único conjunto de leis. Segundo os fundamentos desta teoria, toda carga elétrica em movimento acelerado deve emitir energia (RUSSEL, 1996).

Os elétrons são partículas com carga elétrica e se estes estão em movimento circular, que é caracterizado por ser um movimento acelerado, então estes devem emitir energia em seu movimento ao redor do núcleo. Sendo assim, os elétrons não podem estar girando ao redor do núcleo, pois perderiam energia e consequentemente velocidade. Com isto, a força de atração elétrica entre núcleo e o elétron ficaria maior que a força centrífuga, levando o elétron a colidir com o núcleo e aniquilando o átomo. Desta forma Rutherford apenas poderia dizer que os elétrons deveriam estar de alguma forma ao redor do núcleo (RUSSEL, 1996).

Figura 6 - O modelo nuclear do átomo



Fonte: Imagem do átomo de Rutherford do Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0.

O grande físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) fez uso imediato do modelo do átomo de Rutherford. Bohr ficou convencido de sua validade e passou parte de 1912 no laboratório de Rutherford. Em 1913, após retornar a

Copenhague, ele começou a publicar sua teoria do átomo mais simples, o hidrogênio, baseada no modelo planetário do átomo (MELZER; AIRES, 2015).

Diferentemente dos demais pesquisadores, Bohr promoveu apenas estudos teóricos buscando, a partir do modelo de Rutherford, fazer considerações fortes que pudesse justificar a existência de elétrons girando ao redor do núcleo atômico. Ele desenvolveu cálculos considerando o equilíbrio entre as forças atrativas de cunho elétrico (próton positivo e elétrons negativos) e a força centrífuga resultante do movimento elétron. Bohr conseguiu resultados muito interessantes e para dar sustentação a sua teoria, lançou mão de alguns postulados dos quais pode-se, de forma simplificada, destacar:

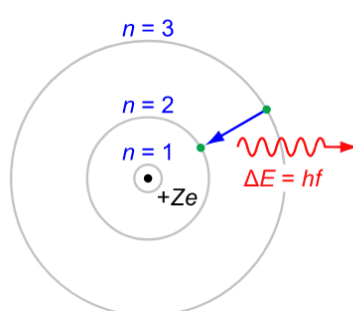
- 1- Um elétron em um átomo se move em órbita circular ao redor do núcleo sob a influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica (BOHR, 1963).
- 2- Em vez de infinitas órbitas, possíveis na mecânica clássica, um elétron se move apenas em uma órbita na qual seu movimento angular é múltiplo inteiro de \hbar (constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s, dividida por 2π) (BOHR, 1963).
- 3- A energia total do elétron permanece constante. Isso ocorre porque o elétron que se move em uma órbita não emite radiação eletromagnética (BOHR, 1963).
- 4- É emitida radiação eletromagnética se um elétron, que se move inicialmente sobre uma órbita de energia total E_i , muda seu movimento descontinuamente de forma a se mover em uma órbita de energia total E_f . A frequência da radiação emitida é igual à quantidade $(E_i - E_f)$ dividida pela constante de Planck h (BOHR, 1963), ou seja:

Através de seus postulados, Bohr mostrou que os elétrons em orbitas específicas que obedecem a certas condições, poderiam ficar estáveis sem emitir energia em seu movimento. Mesmo ferindo a teoria do eletromagnetismo, Bohr mostrou que era possível explicar as observações experimentais feitas por vários cientista da época, tais como: Balmer, Parchem, Lyman, entre outros, que estudaram o espectro de emissão eletromagnético para o átomo de hidrogênio (MELZER, AIRES, 2015).

Bohr explicou o espectro do hidrogênio com sucesso, adotando uma condição de quantização e introduzindo a constante de Planck em seu modelo.

Os elétrons só podem orbitar de forma estável, sem irradiar energia, em certas órbitas (chamadas por Bohr de “órbitas estacionárias”) a um certo conjunto discreto de distâncias do núcleo. A essas órbitas, estão associadas energias bem definidas as quais também são chamadas de camadas de energia ou níveis de energia. Nessas órbitas, a aceleração do elétron, devido ao movimento circular, não resulta em emissão de radiação e perda de energia, conforme exigido pela eletrodinâmica clássica (HUMISTON, 2014).

Figura 7 - Modelo Rutherford – Bohr



Fonte: imagem do Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0

A teoria atômica de Bohr ficou conhecido como “O Modelo Planetário” devido a clara semelhança com o sistema solar. Com o sol como o núcleo e os planetas representando os elétrons.

Porém, estudos posteriores mostraram este modelo era muito eficiente para tratar o caso do átomo de hidrogênio, ou espécies químicas com apenas um elétron (He^+ ou Li^{2+}), mas era falho ao tratar sistemas com mais de um elétron (MELZER; AIRES, 2015).

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a análise do conteúdo específico nos livros de ensino médio expostos na Tabela 1. O procedimento decorre dos seguintes pontos (1) identificação dos conceitos, (2) contexto histórico e (3) incoerência.

Os livros que compuseram a amostra foram publicados no ano de 2016, adotados por escolas públicas e particulares. Na análise foi feita uma avaliação crítica, observando os fatores que possam contribuir ou prejudicar de forma significativa a construção do conhecimento, no tocante ao tema “Evolução do Modelo atômico”.

A Tabela 1 apresenta a relação dos livros que foram analisados visando verificar a construção do conhecimento relativo ao conteúdo dos Modelos Atômicos.

Tabela 1: Amostra da pesquisa: sequência de quatro livros do ensino médio, aprovados pelo PNLD 2016.

	Amostra	Ano
Livro 1	Wildson Luiz Pereira dos Santos; Gerson de Souza Mól. Química Cidadã	2016
Livro 2	Carlos Alberto Mattoso Ciscato; Luís Fernando Pereira; Emiliano Chemello e Patrícia Barrientos Proti. Química Ciscato, Pereira, Chemello e Proti	2016
Livro 3	Martha Reis. Meio ambiente, Cidadania e tecnologia	2016
Livro 4	Júlio Cezar Foschini Lisboa. Ser Protagonista	2016

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

De acordo com a amostra estudada a evolução do modelo atômico é, sem dúvida, um marco essencial na história da ciência. É possível observar algumas contradições e também concordâncias de livro para livro. Por mais que eles tenham que repassar o mesmo conhecimento, esses pequenos detalhes poderão interferir na construção do conhecimento relativo a um dos pontos mais importantes no qual se baseia todo conhecimento da matéria, ou seja, a unidade fundamental da substância, o átomo. Neste sentido, serão analisados a seguir a forma pela qual os autores relatam o processo evolutivo focando principalmente nas transições dos modelos de J.J. Thomson, Ernest Rutherford e Niels Bohr. Para tanto será seguida a sequência apresentada na Tabela 1.

Livro 1: Análise do livro didático de Wildson Luiz Pereira dos Santos; Gerson de Souza Mól - Química Cidadã (2016) em relação aos modelos atômicos.

Química Cidadã, expõe uma abordagem completa do modelo de Dalton tem um longo campo dedicado à história da ciência. Não havendo incoerências em relação ao modelo de Dalton.

Com relação ao modelo atômico proposto por Thomson é apresentado como uma esfera positiva e uniforme, porém ele afirma que os elétrons estariam em movimento anéis em torno desses anéis.

“Essas esferas conteriam os elétrons dispostos em uma série de anéis paralelos.

- *Os anéis conteriam diferentes quantidades de elétrons.*
- *Os elétrons se movimentariam em alta velocidade em torno de anéis.*
- *Esses anéis estariam organizados de forma que a maioria dos elétrons ficaria próxima da superfície da esfera e os anéis, com menores quantidades de elétrons, ficariam mais no centro da esfera”* (SANTOS; MÓL, 2016, p. 160)

Como está bem explicado na fundamentação teórica deste trabalho. Thomson não poderia afirmar que os elétrons estariam em movimento, pois iria severamente contra a lei do eletromagnetismo que nessa época já estava bem

consolidada. Thomson, só poderia fazer essa afirmação, depois dos postulados de Bohr.

Em relação ao modelo de Rutherford, o livro não apresenta incoerência. Após a descrição de tal modelo, os autores afirmam que Rutherford não poderia afirmar que os átomos estariam em movimento, como já foi citado anteriormente. Esse fato já deveria ser discutido no modelo de Thomson. O único fato que diverge este livro dos outros é a interação e relação que Santos e Mól fazem entre o modelo de Thomson e o modelo de Rutherford. Mostrando o quanto os resultados de Thomson e outros cientistas contribuíram para que Rutherford anunciasse seu modelo atômico.

Diante do modelo de Bohr, exposto no livro de Santos e Mól, não foi possível observar controvérsias. Os autores são claros ao afirmarem que Bohr aperfeiçoou o modelo atômico de Rutherford e a partir de seus postulados foi possível afirmar que os elétrons se encontram em movimento ao redor do núcleo.

Livro 2: Análise do livro didático Carlos Alberto Mattoso Ciscato; Luís Fernando Pereira; Emiliano Chemello e Patrícia Barrientos Proti – Química (2016) em relação aos modelos atômicos.

Neste livro mais conhecido por Ciscato, não foi encontrada incoerência no modelo atômico de Dalton. Ciscato apresenta o modelo de Thomson e anuncia que os elétrons estariam em anéis. Porém, ele faz uso da palavra concêntrico, anéis concêntricos.

“Sua hipótese era a de que o átomo seria como uma esfera maciça carregada positivamente de maneira uniforme – a qual correspondia à maior parte da massa do átomo –, tendo partículas negativas, os elétrons, dispostas em uma série de anéis concêntricos e em constante movimento em seu interior”(CISCATO; PEREIRA; CHEMELLO; PROTI, 2016, p.87)

Logo interpreta-se o átomo de Thomson como uma esfera maciça que em seu interior estariam esses anéis e nesses anéis estariam os elétrons. Ciscato não cita se esses elétrons estariam em movimento constante ou não. Mas ele confirma a natureza elétrica do átomo.

Com relação ao modelo de o modelo de Rutherford, foi identificada a incoerência no contexto histórico quando diz que os resultados esperados por Rutherford eram de acordo com o modelo de Thomson.

“Constatou-se que, como a folha metálica era muito fina, a maioria das partículas α (emitidas de uma amostra de rádio colocada no interior do bloco de chumbo) a atravessava sem desvios, o que poderia ser explicado pela grande velocidade das partículas e estaria de acordo com o previsto com base no modelo atômico de Thomson”(CISCATO; PEREIRA; CHEMELLO; PROTI, 2016, p.89).

Recorda-se que no modelo de Thomson, Ciscato afirma ser uma esfera maciça, o que contradiz o resultado esperado por Rutherford. Se o átomo era considerado uma esfera maciça por Thomson na abordagem de Ciscato, não poderia prever que as partículas alfa ultrapassassem a folha de ouro. Outra incoerência encontrada está no conceito do modelo atômico proposto por Rutherford que Ciscato descreve que os elétrons estariam em movimento circular ao redor do núcleo.

De acordo com Ciscato, em seu contexto histórico sobre o átomo de Bohr, ele faz o reconhecimento das falhas que o modelo de Rutherford trazia, principalmente suas conclusões em relação ao movimento dos elétrons. Bohr fez seus estudos e conseguiu explicar essa falha através de seus postulados.

Livro 3: Análise do livro didático de Martha Reis - Química (2016) em relação aos modelos atômicos.

A partir dos conceitos apresentados por Martha Reis, não há evidências de incoerência com relação ao modelo atômico de Dalton. Por Martha Reis a teoria atômica de Thomson pode ser anunciada como:

“O átomo é uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, incrustada de elétrons (negativos) de modo que sua carga total seja nula”. (REIS, 2016)

Observa-se que a autora demonstra a preocupação na definição do modelo que primeiramente afirma ser uma “Esfera” que de princípio poder-se-ia imaginar algo semelhante ao modelo de Dalton, mas depois enfatiza que esta é “Não Maciça”, o que já elimina qualquer confusão de ideias que possa ser feita.

No que se refere ao modelo de Rutherford, o livro traz alguns parágrafos introdutórios no qual é discutido o trabalho deste cientista e outros pesquisadores com respeito a radioatividade. Estas informações são bastantes importantes para dar uma melhor base para o correto entendimento do aparato experimental e dos resultados obtidos por Rutherford. Notadamente, este livro aborda o experimento de Rutherford de forma bastante rica em detalhes do processo e inclui considerações sobre a inconsistência do modelo planetário ser considerado aceito pela comunidade científica devido às leis do eletromagnetismo que, a princípio impede que os elétrons possam está girando em volta do núcleo sem que percam energia neste movimento.

Em relação ao modelo de Bohr, Martha Reis não mostra incoerências, pelo contrário ela traz uma abordagem simples e fácil de compreender.

Livro 4: Análise do livro didático de Júlio Cezar Foschini Lisboa, Ser Protagonista (2016) em relação aos modelos atômicos.

O conceito e parte da abordagem histórica do modelo de Dalton pelo livro Ser Protagonista, observa-se que a ideia de Dalton que durou por muito tempo causou dúvidas em vários cientistas da época, porém Dalton defendia ferozmente seu postulado. Não sendo possível observar incoerência no modelo de Dalton, e sim o aperfeiçoamento e início de inúmeras descobertas.

Dentre os livros pesquisados, este é o que apresenta a mais desafortunada definição para o modelo atômico de Thomson. O mesmo anuncia tal modelo como:

“isto implicava em um modelo de átomo constituído por uma esfera maciça, de carga positiva, que continha elétrons nela dispersos.” (LISBOA; BRUNI; NERY; LIEGEL; AOKI, 2016, p. 81).

Se os livros são todos livros do primeiro ano do ensino médio o conhecimento a ser passado para o aluno deveria ser o mesmo e não divergir de maciço para não maciço.

O modelo de Rutherford:

“O átomo seria constituído por duas regiões: uma central, chamada núcleo e uma periférica, denominada eletrosfera. O núcleo seria maciço e de carga positiva, denominadas

prótons e concentraria quase toda a massa do átomo.”
(LISBOA; BRUNI; NERY; LIEGEL; AOKI, 2016, p. 83).

A partir desta definição o autor apresenta o experimento de Rutherford. O autor apresenta boas ilustrações do experimento. Porém, com base na teoria de Thomson proposta neste livro “*uma esfera maciça*” o aluno poderia imaginar que as partículas alfa deveriam, em sua maioria, colidir e voltar. Mas o autor comenta que quase todas partículas alfa atravessam a folha de ouro, sem se dar conta que isto, provavelmente, deve confundir a ideia dos alunos a respeito das teorias atômicas.

A partir do modelo de Rutherford os autores passam a desmontar muito bem os conceitos de modelo atômico. É possível perceber o aparecimento de vários tópicos que estão presentes no livro Ser Protagonista como: Modelo atômico de Rutherford, Reelaboração do modelo atômico de Rutherford, Modelo Rutherford-Bohr e Modelo atômico de Bohr. Nesse ponto o livro se mostra muito coerente e apresenta uma forma muito didática para expor esse conteúdo.

5 CONCLUSÕES

O tema abordado neste estudo, Modelo Atômico, é de grande importância na construção do conhecimento em um curso de Química. A análise dos livros mostrou que, ocorrem algumas discordâncias ao apresentarem tal conteúdo. Por exemplo, enquanto os Livros Química Cidadã e Martha Reis definem a teoria de Thomson usando os termos esfera uniforme ou esfera não maciça, respectivamente, os autores dos livros “Ser Protagonista” e “Ciscato” usam o termo “*esfera maciça*”, numa clara discordância com as definições propostas por os outros autores pesquisados. Tendo em vista que a forma como o modelo de Thomson é apresentado para os discentes faz total diferença em sua compreensão do modelo de Rutherford. Entende-se que essas diferenças que existem de livro para livro, pode prejudicar a construção do conhecimento.

Outro fato perceptível também é que o Química Cidadã e o Ciscato, ao expor o modelo atômico de Thomson enaltecem a ideia de que Thomson acreditava que o átomo tivesse anéis e esses anéis estariam localizados no interior do átomo, anéis concêntricos, e sobre eles estariam os elétrons em movimento. Vale lembrar que os livros não afirmam que Thomson provou isso experimentalmente.

Este tipo de posicionamentos diferentes de livro para livro tende a provocar problemas na construção do conhecimento dos discentes. Como foi colocado na introdução deste trabalho, a disciplina de Química é considerada uma das mais difíceis pelos alunos do ensino médio e a falta de coerência entre conteúdos de livros atuará de forma negativa no processo de ensino/aprendizagem.

Em relação aos modelos de Rutherford e Bohr, todos os livros abordam de forma única. Inicialmente descrevem com detalhes o experimento de Rutherford e suas conclusões, e posteriormente apresentam os estudos de Bohr, justificando a falha do modelo de Rutherford e apresentando um modelo atômico mais completo através de seus postulados.

Outro ponto a ser destacado é a consideração que alguns autores fazem ao relatar a teoria atômica anunciada por Rutherford. Todos os autores, colocam que Rutherford afirma que os elétrons estão em movimento ao redor do núcleo sem considerar que esta possibilidade não era aceita pela comunidade científica,

exceto Química Cidadã, pois confrontava leis do eletromagnetismo já bem consolidadas. Por outro lado, Martha Reis, faz também esta afirmação, mas comenta o fato da inconsistência.

Por fim, foi possível verificar que há dessemelhança nos enunciados dos modelos atômicos e esse fato reflete na construção do conhecimento dos discentes, principalmente aos que desejam ingressar em um curso de Licenciatura em Química.

6 REFERÊNCIAS

CISCATO, Carlos Alberto Mattoso; PEREIRA, Luiz Fernando; CHEMELLO, Emiliano; PROTI, Patrícia Barrientos. **Química**. vol. 1. 1ªed. São Paulo: Moderna, 2016. 387p.

CHAVES, L. M. M. P.; **História da ciência no estudo de modelos atômicos em livros didáticos de química**. Brasília: UNB, 2011.

CORREA, Camila. **A história da ciência no ensino de modelos atômicos**. Porto Alegre: UFRS, 2017.

DE OLIVEIRA, C. J.; CUENCA, E, M. **A Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel e a (re) significação de conceitos químicos**. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis/SC, 2016.

FELTRE, Ricardo. **Química Geral**. vol. 1. 6ª.ed. São Paulo: Moderna, 2004. 384 p.

FILGUEIRAS, Carlos Alberto L.; **Duzentos Anos da Teoria de Dalton**; Química Nova na Escola; N. 20; 2004.

FRANZÃO, Dilva. **Biografia John Dalton; 2019** Disponível em: https://www.ebiografia.com/john_dalton/ Acesso: **28 de mai de 2021**.

HUMISTON, Gerard E; Brady, James. **Química Geral**. vol. 1, 2ª ed., Rio de Janeiro: LTC , 2014. 424 p.

LINHARES, M. L. DE C.; QUELUZ, G. L. **O Estudo da Termodinâmica em Sala de Aula: Uma Perspectiva Crítica a partir da História da Ciência, História da Ciência e Ensino - Construindo Interfaces**, v. 13, p. 1-14, 2016.

LISBOA, Júlio Cezar F.; BRUNI, Aline Thaís; NERY, Ana Luiza P.; LIEGEL, Rodrigo Marchiori; AOKI, Vera Lúcia Mikito. **Ser Protagonista**. vol. 1, 3ª ed., São Paulo: SM, 2016. 290 p.

MARQUES, D. M.; CALUZI, J. J. **Ensino de química e história da ciência: o modelo atômico de Rutherford**. IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 2015.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. **Modelos atômicos em livros didáticos de química do PNLEM 2012: uma análise qualitativa à luz da história e filosofia da ciência**. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013.

REIS, Martha M. da F. **Química**. vol. 1. 2ª ed. São Paulo: editora Ática, 2016. 370 p.

RUSSEL, J. B.; **Química Geral**. vol. 1, 2ª ed. São Paulo: Pearson, 1981. 738 p.

SANTOS, Wildson; MÓL, Gerson. **Química Cidadã**. vol.1. 3ªed. São Paulo: AJS, 2016. 372p.

SILVA, R. J.; VASCONCELOS, C. T. **Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões**. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. Florianópolis/SC, 2016.

VIANA, Hélio Elael Bonini; Porto, Paulo Alves; **O processo de elaboração da teoria atômica da John Dalton Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**; N° 7, DEZEMBRO 2007.