



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG
Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências – PPGE

**UM DIÁLOGO ENTRE A HISTÓRIA DA QUÍMICA E LIVROS DIDÁTICOS, NUMA
PERSPECTIVA BACHELARDIANA: O CASO DOS MODELOS ATÔMICOS.**

Dissertação apresentada à Coordenação da Pós-Graduação do Ensino das Ciências, como requisito para obtenção do título de mestre no ensino das ciências, área ensino de química.

Mestrando: Antheógenes Menezes da Silva

Orientador (a): Suely Alves da Silva, Dr^a.

RECIFE

2010

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1. OBJETIVOS	14
1.1 objetivo geral	14
1.2 objetivos específicos	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 o ensino de química e a história da filosofia das ciências	15
2.2 o ensino de química e ideologia	17
2.3 o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica	19
2.4 a importância da história no ensino das ciências: um olhar na história da química	24
2.5 os modelos atômicos: a importância da história da química na construção dos conceitos	30
2.5.1 uma ideia de modelo atômico	30
2.5.1.1 a história da química, livros didático e modelo grego	35
2.5.2 o modelo atômico de John Dalton	36
2.5.2.1 a história da química, livros didáticos e o modelo de Dalton	40
2.5.3 o modelo atômico de Joseph Thompson	42
2.5.3.1 a história da química, livros didáticos e o modelo de Thompson	51
2.5.4 o modelo de Ernest Rutherford	52
2.5.4.1 a história da química, livros didáticos e o modelo Rutherford	59
2.5.5 o modelo de Bohr	60
2.5.5.1 a história da química, livros didáticos e o modelo de Bohr	64
2.5.6 modelo atômico atual	65

2.5.6.1.1 o modelo atômico de Sommerfeld	66
2.6 Bachelard e epistemologia	75
2.6.1 a recorrência histórica de Bachelard	78
2.6.2 a filosofia do não de Bachelard	79
2.6.3 os obstáculos epistemológicos na perspectiva de Bachelard	81
2.7 o material didático e suas possibilidades para o ensino	86
2.7.1 o livro didático como instrumento de ensino-aprendizagem	88
2.7.2 utilizando o livro didático na sala de aula	90
2.7.3 algumas críticas ao livro didático	92
2.7.4 os parâmetros curriculares e o livro didático	95
2.7.5 programa nacional do livro para o ensino médio e HFC	96
3. METODOLOGIA	98
3.1 livros analisados	100
3.2 análises de dados	104
4. REFERÊNCIAS	136
5. ANEXOS	141

A ciência é o campo do mutável, da pluralidade, do dissenso, campo que mostra, constantemente, o quanto nos iludimos com o que julgamos saber. Não há descanso para o processo de retificação, não há reta de chegada, não há certezas definitivas, mas, em contrapartida, não há pretensão de alcançar a onisciência divina. Distância-se dos absolutos transcendentais para justificar o conhecimento seja Deus, a natureza ou a razão. Assim, aproxima-se da existência humana, singular, contingente, limitada no tempo e no espaço, mas ilimitada nas suas possibilidades de construir e reconstruir o mundo.

Alice Casimiro Lopes

Agradecimentos

A Deus, pela vida e por proporcionar condições e momentos tão especiais como este.

A minha esposa, Rosemary Pinheiro Paz de Menezes pelo apoio e incentivo em todo o tempo desde o ingresso no curso até este momento de conclusão.

A orientadora deste trabalho, Prof.^a Suely Alves pela atenção, dedicação e paciência.

A meus pais, por terem me proporcionado uma educação e carinho que sempre me deram.

Aos meus irmãos pelos incentivos durante todo tempo.

Ao meu irmão, Prof. Alcinézio Menezes por ter despertado em mim o gosto pela Química como também pela importância de seus aspectos Históricos na minha prática.

Aos professores do Curso de Mestrado que contribuíram muito para este trabalho e para meu desenvolvimento profissional.

Aos colegas de curso, especialmente a Alvimar Correia, Silvia Cardoso e Valéria Veríssimo que estão concluindo juntamente comigo esta etapa acadêmica com muita união e amizade.

Ao amigo, Walmar Nogueira pelo apoio e companhia sempre agradável.

Aos colegas de profissão pelos constantes incentivos.

Finalmente, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta com a realização deste trabalho.

Dedicatória

A Rosemary e Arthur que foram à maior fonte de incentivo para conclusão de mais esta etapa de minha vida e continuarão sendo nas etapas futuras.

RESUMO

Este trabalho consiste em analisar como se apresenta a História e Filosofia da Ciência na abordagem do conceito de “modelos atômicos” nos livros didáticos da 1ª série do ensino médio da Rede Estadual de ensino do estado de Pernambuco a partir da perspectiva Bachelardiana. Na maioria das vezes o professor de Química se baseia na pequena parte Histórica que acompanha o conteúdo de modelos atômicos nos livros didáticos e muitas vezes não percebe os problemas nessas versões, pois não analisa de forma adequada o uso desse dispositivo. O presente trabalho discute e analisa questões Históricas que aparecem em certos livros didáticos sobre a perspectiva da epistemologia de Bachelard no conteúdo de modelos atômicos que são normalmente utilizados pelos professores de Química em suas aulas. Este estudo visa contribuir de forma efetiva na formação de uma visão mais adequada a construção do conhecimento científico. Busca também conhecer melhor o processo de formação do conceito de modelos atômicos com um pano de fundo histórico tentando tornar esse conceito mais acessível para o aluno e possibilitar a ele uma melhor compreensão acerca da estrutura da matéria. A partir da análise de alguns exemplares relacionados com modelos atômicos apontaremos acertos e problemas existentes sempre acrescentando novas informações tanto em relação ao conteúdo quanto ao contexto da época que permitam a utilização desse material de maneira mais eficaz. Finalmente a proposta do trabalho sugere que se utilize mais a História da Química na sala de aula, mas com responsabilidade e qualidade no uso dessa ferramenta didática. Evitando fatos que criem uma imagem enganosa e dão falsa impressão acerca da natureza da Ciência Química.

Palavras-chave: Livros didáticos; Perspectiva Bachelardiana; História da química; Modelos Atômicos

ABSTRACT

This work analyses how the History and philosophy of Science is presented in the concept approach of “atomic models” in the didactic books of the first grade of state high schools in Pernambuco- Brazil from the Bachelard’s perspective. Most of the times Chemistry teachers base them selves in the little historic part that goes with the contents of atomic models in the didactic books; and most of the times they don’t realize the problems in these versions, because they don’t analyze the use of this device properly. The present work discusses and analyses historic questions which are present in some didactic books about the perspective of Bachelard’s epistemology in the contents of atomic models which are usually used by Chemistry teachers in their classes. This study intends to contribute effectively in the making of a more adequate view in the construction of a the scientific knowledge. It also intends to now better the process of concept - making of atomic models with a historic background trying to make it more accessible and make possible to the student a better understanding of the structure of matter. From the analysis of some samples related to atomic models we’ll point out rights and problems adding new information both related to contents and background which allow the use of this material in a more efficacious manner. Finally this work suggests the use with more frequency of the History of Chemistry in class but with responsibility and quality in the use of this didactic tool, avoiding facts that make up a wrong image and give a fake feeling about the nature of the Chemistry Science.

Key-words: Didactic books; Bachelard’s Perspective; History of chemistry; Atomic Models

Introdução

São muitas as dificuldades das práticas e metodologias do ensino das ciências em todos os níveis de abrangências (CARVALHO, 1994). Seja no ensino fundamental quanto no ensino médio e até mesmo na formação inicial de professores de ciências.

O fato do ensino das ciências não ser dirigido para o cidadão (que deve estar a par dos avanços tecnológicos e da contribuição que a ciência pode oferecer no efetivo exercício de sua cidadania) e dos materiais didáticos, que com o objetivo de atender necessidades mercadológicas, simplificam os conteúdos, acabam por dificultar a construção do conhecimento.

Além disso, as concepções filosóficas de ciências que os professores apresentam de maneira equivocada dificultam a percepção dos alunos sobre determinados conteúdos. Muito embora essas concepções sejam frutos de outras reproduções ultrapassadas, que não valorizam as idéias prévias dos alunos e destacam a figura do professor como grande detentor do saber.

Diante disso, a superação de tais dificuldades é prioridade quando se pretende ensinar ciências, pois a valorização das concepções dos alunos sobre os fenômenos naturais é de fundamental importância no processo de construção do saber científico.

Propor formas alternativas de intervenção, no que diz respeito à atuação do professor, é um desafio significativo a ser alcançado. Faz-se necessário proporcionar ao professor de ciências uma formação teórica diretamente ligada a prática. Pois, uma das grandes dificuldades do ensino de ciências não está simplesmente na construção de um novo conhecimento, proporcionando elementos para que os professores auxiliem os alunos, mas também, na superação de velhas concepções e antigos paradigmas (conjunto de suposições teóricas gerais e de leis e técnicas para a sua aplicação adotadas por uma comunidade científica específica). (CHALMERS, 1993).

A formação continuada tem como objetivo atender em parte essa necessidade, porque boa parte da resolução dos problemas está nas mãos dos professores que poderiam minimizar esses obstáculos (CARVALHO, 1994). Uma série de perspectivas de atuações é necessária tais como: procurar conhecer estudos e pesquisas sobre ensino de ciências; não se separar totalmente das práticas acadêmicas tendo em vista sempre sua formação continuada; encaminhar atividades sem se apresentar como fonte inesgotável de conhecimento.

Dentre outras perspectivas de atuação, segundo Carvalho (1994), estão: uma postura honesta das suas limitações; tentar prever supostas respostas admitindo a existência de outras explicações que devem ser consideradas como válidas; tentar utilizar adequadamente as terminologias científicas visto que todos trazem consigo uma bagagem intelectual ligada à prática social, distinguindo essas informações e as incorporando às aulas, daí a importância da transposição didática. E por fim avaliar a capacidade do aluno em aplicar o conhecimento adquirido em novas situações.

Um professor afinado com essas perspectivas de atuações citadas anteriormente amplia seu olhar sobre as ciências, pois, passa a conhecer alguns problemas que originaram a construção do conhecimento. E é na construção do conhecimento no sentido Histórico que é pautado este trabalho. O professor pode objetivar conhecer as interações sócio-tecnológicas nessa construção, conhecer as orientações metodológicas empregadas, como também, a forma como os cientistas abordam o problema, as suas características e os critérios de validações e aceitação das teorias científicas.

A utilização da História e Filosofia das Ciências (**HFC**) como um mediador pedagógico no ensino possivelmente pode contribuir de forma significativa, pois estudar as mudanças políticas, econômicas e sociais que interferem nas descobertas científicas é de fundamental importância, pois as resistências e favorecimentos que esses setores tiveram foram determinantes. (CHASSOT, 2000)

Conhecer as dificuldades encontradas para a construção do conhecimento no sentido de expor algumas delas, mostrando aos alunos como parte do conhecimento foi construída e a evolução das idéias e as dificuldades que passaram, possivelmente pode aproximar o aluno da ciência, estabelecendo assim uma visão mais clara das idéias científicas, e assim evidenciar que assim como ele sente dificuldade no processo de construção do conhecimento, a ciência também teve e têm dificuldades na aquisição de novos conceitos. A ciência assim como o aprendiz progride através da superação de dificuldades.

O uso da HFC também pode ser justificado por conhecer como a ciência progride se desenvolve (seus critérios de validação e aceitação de teorias) e ajuda a questionar a linearidade da ciência afastando-se assim da visão positivista de ver ciência. Que se apresenta algumas vezes na atuação de um professor de ciências.

Por outro lado utilizar HFC aproxima ainda mais o professor da matéria a ser ensinada atendendo outra das perspectivas de atuação, já que ele pode optar por se aprofundar na história dos conteúdos da disciplina. Essa ferramenta facilitadora (HFC) proporciona ao professor adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências. Ele passa a reconhecer a existência de concepções científicas que foram difíceis de serem substituídas historicamente. Da mesma maneira que algumas concepções espontâneas dos alunos são substituídas com dificuldade historicamente por conhecimentos científicos.

Diante dessas dificuldades tanto no ensino das ciências quanto na formação de professores sinaliza a necessidade de um trabalho com o intuito na mudança de direção dos caminhos. Uma das possibilidades para a solução de alguns problemas e superação de algumas dessas dificuldades pode ser o uso da história no ensino de ciências.

A HFC como ferramenta facilitadora é adequada tanto para o ensino quanto para formação de professores, pois possivelmente pode, quando corretamente empregada romper com visões simplistas, promover maior interesse do aluno e estimular a pesquisa mudando assim os rumos do ensino e do processo de aprendizagem e de formação de professores.

Este enfoque ajuda para que se tenha uma mudança que venha contribuir de forma significativa o processo de ensino e aprendizagem de ciências.

Nesse sentido de mudança de direção no ensino das ciências e com o foco na química, seria uma contribuição benéfica analisar a utilização dessa ferramenta HFC nos livros didáticos considerando esses como suporte básico e sistematizador dos conhecimentos químicos elencados pelos currículos.

Os livros didáticos por serem muito utilizados pelos professores de ensino médio merecem uma análise apurada, e é nessa direção que essa pesquisa aponta a análise da abordagem Histórica no ensino de Química nos livros didáticos de modo a contribuir de forma significativa no critério de escolha dos materiais.

Nos conteúdos de química, os “modelos atômicos” que servem de base para nossa pesquisa, encontramos aspectos Históricos relevantes que ajudaram o desenvolvimento da idéia dos modelos de átomos. Vários aspectos valem ser ressaltados: aspectos experimentais, sociais, políticos e econômicos que contribuíram nas construções dos respectivos modelos analisando abordagem Histórica nos livros didáticos no conteúdo de modelos atômicos. Tomaremos como referencial a epistemologia de Gaston Bachelard. Esse teórico traz a História para dentro de sua perspectiva e a coloca em um lugar importante no que se refere à construção de conceitos como veremos adiante.

Portanto, o problema dessa pesquisa é se a HFC está sendo utilizada de maneira adequada nos livros didáticos adotados no ensino médio da rede estadual de ensino do

estado de Pernambuco na construção de conceitos relacionados aos modelos atômicos?

Tendo em vista as dificuldades dos professores de química de utilizarem materiais didáticos alternativos, como por exemplo, materiais de laboratório, jornais, vídeos, computadores e revistas científicas, o livro didático (Machado, 1996) ainda é o principal instrumento utilizado pelo professor no processo de ensino aprendizagem de Química. Então, uma análise dos livros didáticos na questão da abordagem histórica dos conteúdos de Química é de fundamental importância para uma adequada utilização dessa ferramenta.

Como a História é um dispositivo utilizado nos livros didáticos acredita-se que esta ferramenta utilizada dentro de uma perspectiva Bachelardiana poderá contribuir na construção dos conceitos. E a análise da História da química nos livros didáticos dentro desse referencial também poderá ajudar nos critérios de escolhas dos materiais didáticos.

1. OBJETIVO

1.1 Objetivo Geral:

- Analisar como se apresenta a HFC na abordagem do conceito de “modelos atômicos” nos livros didáticos da 1^o série do ensino médio da Rede Estadual de Ensino de Pernambuco a partir da perspectiva Bachelardiana.

1.2 Objetivos Específicos:

- Elaborar um referencial de análise, dentro de uma perspectiva Bachelardiana, para análise do uso da HFC, como uma ferramenta facilitadora para escolha dos livros didáticos de Química;
- Analisar livros didáticos quanto à utilização da História da Química no processo de construção de conceito dos modelos atômicos a partir da perspectiva Bachelardiana

2. Fundamentação Teórica:

2.1. Ensino de Química e a História e Filosofia das Ciências.

Dentre as disciplinas escolares ligadas a ciências naturais, a Química apresenta uma imagem social muito equivocada (MARTINS, 2004). De fato boa parte das mazelas sociais são comumente relacionada como de responsabilidade da química, por exemplo, atribuir aos produtos e aos processos químicos industriais a poluição ambiental. (Sem uma reflexão e análise no modo que socialmente se incentiva o consumo).

Diante desse panorama é fácil sinalizar que o conhecimento conceitual químico está diminuído (RODRIGUEZ *et al apud* MARTINS 2004) em uma pesquisa que apenas um terço dos entrevistados respondeu de forma acertada questões referentes ao conhecimento químico. Além disso, quanto aos que estudam conteúdos que envolvem aprendizagens de química mostram equívocos na linguagem simbólica e representacional acompanhados de uma forte incompreensão sobre as aplicações de tal conhecimento (RODRIGUEZ *et al apud* MARTINS 2004).

Enquanto pesquisas como essa mostram uma dificuldade no conhecimento químico as exigências sociais quanto a esse conhecimento é aumentada. Há uma necessidade da participação efetiva do cidadão nas tomadas de decisões relativas a questões científicas e tecnológicas, sem perder de vista a elaboração de juízos de valor e criticidade sobre esses temas.

O ensino de Química nos moldes atual apresenta-se deficiente em atender essas demandas sociais. A busca por estratégias, que ampliem a visão da Química sua utilização no cotidiano e as relações com as decisões a serem tomadas, passa a ser pertinente para a melhora do ensino da química.

A HFC como dispositivo facilitador é possível que atenda algumas dessas necessidades exigidas pela sociedade pós-moderna onde questões, segundo Chaui (2002), como: alta tecnologia, qualidade total, produção artesanal, desemprego, contemplação da subjetividade e fim das certezas, são realidades, e o ensino de Química vem em uma tendência promovendo debates ambientais e tecnológicos, dessa forma as questões sociais não podem ficar de fora.

As orientações curriculares para ensino médio (OCEM) no que se refere à Química recomendam que o ensino propiciado ao aluno deva possibilitar a compreensão dos processos químicos em si e a construção de um conhecimento químico em estreitas ligações com o meio cultural e natural, em todas as dimensões, com implicações éticas, ambientais, sociais, econômicas, políticas, científicas e tecnológicas. (OCEM, BRASIL, 2006). O uso da HFC pode em parte contribuir para essa perspectiva para o ensino de Química recomendada pelas orientações curriculares.

Além disso, a própria orientação curricular espera no ensino médio que a Química seja valorizada na qualidade de instrumento cultural e histórico essencial na educação humana.

Para as OCEM (BRASIL, 2006) historicamente o conhecimento químico centrou-se em estudos de natureza empírica sobre as transformações químicas e as propriedades dos materiais e substâncias. Os modelos explicativos foram gradualmente se desenvolvendo conforme a concepção de cada época e, atualmente, o conhecimento científico em geral e o de Química, em particular, requerem o uso constante de modelos extremamente elaborados.

O uso da HFC como um mediador pedagógico vem colaborar na perspectiva atual de fazer o ensino de Química minimizar a tendência de ensinar Química sem refletir sobre o desenvolvimento gradual dos conceitos e sim levando em conta sua historicidade.

As OCEM (BRASIL, 2006) traz um quadro que relaciona conhecimentos, habilidades valores relativos à História e Filosofia da Química suas relações com a sociedade e o ambiente situa a Química como uma atividade humana. Reconhecendo a compreensão dessa atividade na História e na sociedade em diferentes épocas. Mais uma vez as OCEM (BRASIL, 2006) sinalizam para um ensino de Química permeado por questões históricas facilitando e legitimando o uso da HFC no ensino de Química.

O uso da HFC mostra a Química com um caráter conflitante ao passo que demonstra o quanto um conceito sofre modificações ao longo dos tempos, desmistificando assim a maneira de ver a ciência como a verdade absoluta e incontestável.

Essa maneira mutável de ver a Química também é reconhecida pelas OCEM, o caráter provisório e incerto de suas teorias. Mostrando que existem limitações em seus modelos explicativos sempre com a necessidade de alterá-los, avaliando as aplicações da Química e levando em conta as opiniões controversas dos especialistas.

Fazer uma abordagem histórica no ensino de Química exige do professor um olhar crítico de sua posição, enquanto professor, além de uma análise profunda sobre o serviço de que ou de quem está o ensino. Assim sendo, o professor de química ao fazer o uso desse dispositivo deve estar orientado ideologicamente.

2.2. Ensino de Química e Ideologia

A ideologia ocorre nas relações sociais, pois toda relação social é sempre uma relação de poder (CHAUI, 2002). Na visão Marxista, a ideologia é o processo pelo qual as idéias das classes dominantes se tornam idéias de todas as classes sociais. A ideologia passa a ser um instrumento de dominação de classes, e como tal, sua origem é a existência da divisão social em classes contraditórias e em luta.

O discurso ideológico tenta naturalizar as situações de opressão, justificar sempre os fatos, ocultar a realidade, produzir sempre meias verdades, mascarar as verdadeiras

relações de poder (CHAUI, 2002). E esse conjunto de idéias formadas pela sociedade reforça uma estrutura de poder e deixam sempre as normas, os regulamentos jurídicos e, por fim, o conhecimento a serviço de algum grupo social em específico.

O professor deve está muito bem esclarecido dessas questões. Pois assim, o seu papel e sua contribuição social passam a ter para ele um caráter ideológico mais bem definido no sentido de propor estratégias de ensino que contemplem uma multidimensionalidade (articulação das dimensões técnica, social e humana no ensino) (CANDAU, 1999 p.16).

Um processo de ensino e aprendizagem que engloba a dimensão humana, técnica e não esquecendo da dimensão social dos conteúdos químicos, é um processo afinado com a utilização da ferramenta HFC porque a aprendizagem do aluno está situada em uma cultura específica, nas relações pessoais e em classes definidas e isso não se trata de uma decisão involuntária e sim, possui uma dimensão política, reconhecer o caráter ideológico do seu trabalho ajuda no processo de reflexão no qual todos estão inseridos.

O professor de Química pode ter perspectivas de atuação para contribuir com o acesso e a reflexão do conhecimento que pode ser construído pelo aluno. Ele pode criar mecanismos que estimule a criticidade dos alunos no sentido de se tornarem sujeitos críticos, capazes de entender as relações de poder que os circundam e como a Química permeia essas relações.

Propor discussões em que o conhecimento químico possa estar situado na organização social ou até mesmo escolher formas alternativas de distribuição do conhecimento voltado para interpretar a sociedade é uma das funções do professor.

Qual o papel do ensino de Química nesse novo panorama? Tornar essa ciência menos asséptica (mais impregnada de realidade), menos abstrata (deve dar conta das questões do mundo real), menos dogmática (trabalhar com as incertezas) e menos a - histórica, pode ser um caminho coerente com a mudança de paradigma que está ocorrendo.

Mas, o ensino de Química não pode perder de vista seu caráter ideológico e transformador. E para toda essa mudança, os professores podem persistir nos processos de reforma, mesmo que as instituições tentem bloquear as iniciativas. Daí quando utilizamos a História como facilitadoras, da construção do conhecimento químico estamos dando relevância a História das ciências nessa construção. Portanto, no próximo tópico retrataremos a importância da História para o ensino das Ciências.

2.3. O Ensino de História e Filosofia da Ciência na Educação Científica

A importância da HFC para uma educação científica de qualidade tem sido freqüentemente defendida na literatura (CARVALHO, 2006; MATTHEUS, 1994; CHASSOT, 2000; PARENTE, 1990). A partir desta defesa, formaram-se as chamadas abordagens contextuais do ensino de ciências(MATTHEUS 1994) nas quais é proposto que a aprendizagem das ciências deve ser acompanhada por uma aprendizagem *sobre as ciências(ou sobre a natureza das ciência)*.

Na mesma linha de pensamento sobre a abordagem contextual do ensino de ciências documentos como os parâmetros curriculares buscam afastar-se de propostas curriculares restritas limitadas à apresentação dos produtos de pesquisa científica, sem terem na devida conta os processos de construção do conhecimento e as dimensões históricas, filosóficas, sociais e culturais da ciência. Nos PCN encontramos o seguinte comentário:

elementos da história e filosofia das ciências tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político. É possível verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias científicas estão associados a seu momento histórico (BRASIL,2002,p.14).

Apesar de comentários como este serem encontrados nos PCN, sugerindo uma intenção de fomentar um ensino que vá além de uma retórica de conclusões, não podemos dizer que este documento se comprometa, de fato, com a proposta de uma

abordagem contextual do ensino de ciências. Para tanto seria necessário um tratamento mais sistemático de aspectos históricos e filosóficos ao longo do documento. (CHARBEL NIÑO, 2006).

É preciso enfatizar que não se trata somente de incluir uma abordagem dos processos de construção do conhecimento científico no ensino de ciências mas de considerá-lo no contexto histórico, filosófico e cultural em que a prática científica tem lugar. Não é o caso de focar somente a investigação científica, mas ir além, como fazer o tratamento crítico das dimensões históricas e filosóficas envolvidas nas investigações.

Alguma compreensão mesmo que modesta da história e filosofia das ciências são fundamentais para o ensino, pois abordagens contextuais têm sido propostas com intuito de mudar os currículos de ciências em todos os níveis de ensino. Segundo Matthews (1992) propondo-se que essas abordagens podem contribuir para:

01. Humanizar as ciências, conectando-as com preocupações pessoais, éticas, culturais e políticas.
02. Tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e estimular o desenvolvimento de habilidades de raciocínio e pensamento crítico.
03. Promover uma compreensão mais profunda e adequada dos próprios conteúdos científicos.
04. Melhorar a formação dos professores, ajudando-os no desenvolvimento de uma compreensão mais rica da ciência.
05. Ajudar os professores a apreciar as dificuldades de aprendizagem dos alunos, alertando para as dificuldades históricas no desenvolvimento do conhecimento científico.
06. Promover nos professores uma compreensão mais clara de debates contemporâneos na área de educação com um forte componente epistemológico, a exemplo dos debates sobre o construtivismo.

Assim essas contribuições colocam diante de nós um desafio de ensinar história e filosofia das ciências no contexto mais amplo que possa favorecer o aprendizado adequado dos nossos alunos.

Algumas idéias que foram largamente aceitas sobre a natureza da ciência que se mostram bastante úteis, Gil (2001) apresenta em uma síntese do seu trabalho onde foram examinados oito documentos curriculares internacionais para elaborar uma lista de tópicos que estes documentos consideram importantes para a construção de uma concepção adequada para os estudantes. A utilização de uma abordagem contextual destacando a história da ciência pode contribuir para efetivação de tais idéias que são extremamente importantes como destaca (CHARBEL NIÑO, 2006, p.6)

Assim o autor destaca pontos importantes tais como:

01. O conhecimento embora robusto tem uma natureza conjectural.
02. O conhecimento depende fortemente, mas não inteiramente, da observação, da evidência experimental, de argumentos racionais e do ceticismo.
03. Não há uma maneira única de fazer ciência, não há um método científico universal a ser seguido.
04. A ciência é uma tentativa de explicar fenômenos naturais.
05. Pessoas de todas as culturas contribuem para a ciência.
06. Novos conhecimentos devem ser relatados abertamente e claramente.
07. A construção do conhecimento científico requer registros de dados acurados, críticas constantes das evidências, das teorias, dos argumentos etc. pelas comunidades de pesquisadores, e replicação dos estudos realizados.
08. Observações são dependentes de teorias, de modo que não faz sentido pensar-se em uma coleta de dados livre de influências e expectativas teóricas.
09. A história da ciência apresenta um caráter tanto evolutivo quanto revolucionário.
10. A ciência é parte das tradições sociais e culturais.
11. A ciência e a tecnologia impactam uma a outra.
12. Idéias científicas são afetadas pelo meio social e histórico no qual são construídas.
13. O reconhecimento de que existe uma variedade de métodos empregados pelas diversas ciências, admitindo-se um pluralismo metodológico.

14. A rejeição de uma visão empírico-indutivista, aceitando-se a dependência teórica da observação e enfatizando o papel das teorias na atividade científica e a natureza não linear do crescimento do conhecimento científico.
15. O reconhecimento do papel das hipóteses na prática científica, sendo estas entendidas como tentativas de respostas a problemas formulados cientificamente, que devem ser submetidas a testes rigorosos mas jamais serão estabelecidas de maneira absoluta. Deve-se compreender, assim, a natureza conjectural do conhecimento, evitando-se concepções epistemológicas absolutistas.
16. O entendimento de que a busca da coerência global, sistematização e unificação dos conhecimentos científicos constituem um espaço central de todas as ciências. Deve-se evitar o “reducionismo experimentalista” com um tratamento experimental único que poderia ser suficiente para refutar ou comprovar uma hipótese.
17. O reconhecimento e compreensão do caráter social da atividade científica.

Gil (2001) caracteriza uma visão aceitável do trabalho científico a partir de identificação de concordância entre filósofos da ciência e professores. Assim como existem tópicos que sinalizam para uma visão mais ampla da ciência onde a HFC pode ajudar a construir, um contraponto importante a ser destacado por Gil é listar idéias que devem ser evitadas através da análise das posições epistemológicas defendidas por diferentes filósofos da ciência como Popper, Kuhn, Lakatos. As idéias que devem ser evitadas são segundo Charbel Nino (2006, p.8):

01. Uma concepção empírico-indutivista e ateórica, na qual a observação e a experimentação são entendidas como atividades neutras independentes de compromissos teóricos, deixando-se de lado o papel de teorias e hipóteses como orientadoras da investigação.
02. Visões rígida, algorítmica, exata da prática científica que se resumiria ao emprego de um suposto “método científico”, entendido como um conjunto de etapas que devem ser seguidas mecanicamente.
03. Uma visão aproblemática e ahistórica, dogmática e fechada, da ciência, relacionada ao ensino como uma retórica de conclusões, buscando-se transmitir aos alunos

conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas dos quais eles se originaram, as dificuldades encontradas em sua solução, as possibilidades e limitações do conhecimento científico.

04. Uma visão exclusivamente analítica da ciência, favorecendo uma posição epistemologia reducionista, que considera o conhecimento das partes não somente necessário, mas também suficiente para compreensão do todo.
05. Uma visão individualista, na qual o crescimento do conhecimento científico é visto como a obra de gênios isolados, perdendo-se de vista a natureza cooperativa do trabalho científico.
06. Uma visão acumulativa, na qual o crescimento do conhecimento científico é visto como um processo linear, ignorando-se as crises e as revoluções científicas.
07. Uma visão socialmente neutra, descontextualizada, da ciência, que não tem na devida conta as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Uma abordagem contextual no ensino das ciências utilizando o dispositivo da HFC como mediador pedagógico pode contribuir para afastar tais idéias simplista da ciência tanto para professores como para alunos.

Seria razoável então recomendar tentativas de promover mudanças das concepções epistemológicas de professores porque na mesma pesquisa Gil (2001) constatou que os professores também possuem concepções inadequadas. a posse de concepções adequadas sobre a natureza da ciência pelo professor é uma condição necessária, mas não suficiente, para melhoria das concepções epistemológicas dos estudantes. Isso não diminui a importância de intervir sobre aquelas concepções.

Um docente não pode ensinar aos estudantes concepções adequadas sobre a natureza da ciência se ele próprio possuir uma concepção inadequada.

Uma vez admitida a importância da história e filosofia da ciência para formação de professores e construção de conceitos a questão é como ensinar esses tópicos a estudantes de ciências de modo a promover uma real construção de conceitos?

A forma mais difundida é permear esses conceitos por um pano de fundo histórico isso é evidente na apresentação de conceitos no livro didático principal ferramenta do professor. Existe uma tentativa desses livros de situar discussões conceituais no contexto de episódios históricos relacionados ao conteúdo estudado relação que nem sempre ocorre de maneira eficaz considerando essa metodologia utilizada baseada em textos lidos pelos alunos nos próximos tópicos do trabalho faremos uma discussão sobre livros didáticos e utilização da HFC.

2.4. A Importância da História no Ensino de Ciências: um olhar na História da Química.

Usar a História como facilitadora da construção do conhecimento químico é antes de tudo uma tentativa de se opor ao conteudismo perverso imposto nas escolas. “É importante ressaltar a defesa de um ensino mais formal de História da ciência como uma tendência mundial, em todos os níveis de estudos” (CHASSOT, 2000, p. 267), como uma estratégia educacional, assumindo uma postura de análise histórica e com vinculações sociais que possibilitem a compreensão do diálogo entre o conhecimento científico e a sociedade. Ainda Attico Chassot afirma:

O ensino usual de Ciências passa a imagem de um conhecimento científico de “neutralidade empírica”; “algorítmico” e “exato”; “a-histórico”; “exclusivamente analítico”; “cumulativo” e “linear”; “elitista”; “individualista”; “descontextualizado” e “socialmente neutro”. “A proposta de um ensino mais histórico busca contrapor-se a isso (2000, p, 266).

A História da Química deve ser utilizada tomando como base dois pensamentos fundamentais para que o seu uso contribua na construção dos conceitos de Química. O primeiro seria o **pensamento crítico**, que diz respeito à escolha dos conteúdos. Deve-se levar em consideração a real evolução dos conceitos químicos sem se desvincular das teorias científicas, pois caso esse vínculo não aconteça corre-se o risco de exageros na importância de determinadas descobertas (MATTHEUS, 1994).

Isto faria com que se trabalhasse com uma pseudo-história, uma História simplista e simplificada, omissa e desinteressante ao processo ensino e aprendizagem de química. “A história estaria sendo utilizada para apoiar uma versão particular” (PARENTE, 1990, p20), logo, o olhar crítico ou a forma crítica de usar a história como uma ferramenta didática é indispensável. Um outro ponto fundamental que se deve ter é uma criticidade na forma em que a história é inserida no contexto, já que a história se apresenta para nós aos olhos do espectador que a constrói.

Além do pensamento crítico, é necessário **pensamento epistemológico** para o uso adequado da história. Certos conceitos são indispensáveis na prática da docência, como a profunda ligação feita por Bachelard (PARENTE, 1990), entre a construção da ciência e o desenvolvimento do pensamento científico. A relação é feita quando se admite que a construção do pensamento científico realiza-se através da superação de obstáculos, os chamados obstáculos epistemológicos. Esses são como:

Lentidões e perturbações, que, por uma espécie de necessidade funcional, causam inércia, estagnação e regressão no ato do conhecimento não se trata de obstáculos externos, como a complexidade ou a fugacidade dos fenômenos, nem tampouco internos como a fraqueza dos sentidos e do espírito humano. Trata-se antes, de um impedimento que aparece no ato mesmo de conhecer. É antes uma espécie de resistência implantada previamente, de tal modo que o conhecimento sempre se faz contra o conhecimento anterior. (PARENTE, 1990, p, 59).

Pois, além desses obstáculos epistemológicos, a construção do conhecimento é feita através de rupturas, uma espécie de descontinuidade entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. E essa ruptura não é sutil, como uma teoria cotidiana que é amadurecida de algum modo e chega a uma forma científica. Essa ruptura chega a ser um corte, um “salto qualitativo e essencial”. (BACHELARD apud, PARENTE, 1990).

Bachelard criou alguns conceitos tratando dessa relação como: obstáculos epistemológicos, rupturas epistemológicas, comunidade científica e valor do erro. Não é o erro da falta de informação, nem tampouco o erro gerado pela distração desse olhar epistemológico. Mas sim no que esse erro pode trazer de contribuição.

Deve-se perceber no desenvolvimento do conhecimento o erro como possível propulsor das descobertas como “uma verdade sobre um fundo de erros”; “é necessário o erro para chegar ao fim”; “não existem verdades primeiras, existem erros primeiros”. Por isso, o pensamento epistemológico não pode se desvincular do professor de Química. Dessa maneira e com esse pensamento o professor passa a valorizar o erro do aluno analisando esse erro com outros olhos procurando o que ele pode contribuir para a construção de um conceito.

Ao se usar a História como ferramenta didática deixa-se claro que os erros são mencionados mais pelo que eles puderam ocasionar de sucesso que pelo próprio processo de sua superação. Sendo assim, o estudante de Química auxiliado pelo seu professor, usando a história como ferramenta e com um olhar crítico e epistemológico pode compreender melhor os conceitos químicos e até mesmo reconstruí-los a partir de seus erros.

Abordar a História no ensino de Química pode melhorar a compreensão de episódios cruciais na História do desenvolvimento da Química, especificamente na passagem de um ciclo evolutivo para um outro ciclo como “revoluções científicas”. Por exemplo, o comportamento do elétron no átomo, pois tal ciência não tem analogia no passado, ou ainda, a descoberta do oxigênio e as experiências de combustão de Lavoisier.

Estes fatos constituíram exemplos nítidos de uma ruptura, não de uma ruptura epistemológica, mas sim histórica. As rupturas Históricas definem a passagem de um ciclo histórico para outro. Uma visão bem definida do professor sobre rupturas históricas é muito elucidadora, quando se trata de usar a História como ferramenta didática (ALMEIDA, 1999; FERREIRA, 1999).

Para isto deve ser levada em consideração a superação de uma visão da linearidade da Química. Quando se inserir os conceitos químicos de forma gradativa usando a História, deve-se deixar claro o desenvolvimento de uma Química não dogmática, mas com muitas controvérsias, em um contínuo processo de crescimento. O professor deve

estar a par da mutabilidade da Química, diferentemente do pensamento positivista que defende o conhecimento científico como o conhecimento provado, desenvolvido a partir da obtenção de dados feitos por rigorosa observação (MAGALHÃES, 1999).

A forma positivista de ver a ciência e especificamente a Química deve ser distanciada do professor que pretende fazer uso da História como instrumento didático. O professor pode usar esse mediador para justamente afastar a idéia de um método científico extremamente rigoroso nos moldes positivistas, mostrando as diversas vertentes do comportamento humano e principalmente de quem faz ciência. Na medida em que isso é feito, esses homens e mulheres cientistas são desmistificados e retirados da posição única de “heróis” detentores do saber.

Quando se fala em evolução das idéias e em desenvolvimento científico é inevitável remeter-se a linhas filosóficas que tenham algo incomum, como a idéia de mutabilidade da ciência, assim aproximando-se mais de uma eficácia no uso da HFC. Uma delas é o falsificacionismo (CHALMERS, 1993) de Karl Popper (principal representante dessa linha filosófica). Nela se justifica a mutabilidade da ciência quando se admite que:

As teorias são interpretadas como conjecturas especulativas ou suposições criadas livremente pelo intelecto e dar uma explicação adequado do comportamento de alguns aspectos do mundo ou universo. (CHALMERS, 1993 p. 71)

Essas teorias são testadas, sendo algumas eliminadas e substituídas por outras conjecturas. A ciência progride por “**tentativas e erros, por conjecturas e refutações**”. (CHALMERS, 1993, p.71)

Outra linha filosófica que mostra a química afastada do método positivista de descrever o seu desenvolvimento é a Teoria das Revoluções Científicas (CHALMERS, 1993) de autoria de Thomas Kuhn. Este percebeu que a forma de evidenciar o desenvolvimento da ciência seja no positivismo ou no falsificacionismo, não suporta uma comparação com o testemunho histórico. Então, com o intuito de superar as visões positivistas e falsificacionistas:

Desenvolveu uma teoria mais coerente com a situação histórica tal como ele via. Uma característica chave de sua teoria é a ênfase ao caráter revolucionário do progresso científico, em que uma revolução implica o abandono de uma estrutura teórica e sua substituição por outra incompatível (CHALMERS, 1993, p.129).

As teorias científicas, as descobertas e o desenvolvimento científico, de uma forma geral, eram vistos por Kuhn como um conjunto de paradigmas (conjunto de suposições teóricas gerais e de leis e técnicas para a sua aplicação adotadas por uma comunidade científica específica) que retratam a ciência como uma atividade de resoluções de problemas, governada pelas regras destes paradigmas. Quando então se quer detalhar, surgem dificuldades, e quando essas dificuldades fogem do controle, instala-se então uma crise que é solucionada a partir de um novo paradigma capaz de atrair uma adesão crescente de cientistas, culminando assim no abandono do antigo paradigma. Essa mudança brusca e descontínua é chamada de revolução científica.

O fato é que todas as linhas filosóficas citadas aqui mostram de uma forma ou de outra, a ciência como mutável, sem as linearidades propostas pela linha positivista de encarar o desenvolvimento científico. Logo, o professor de química ao fazer uso de forma adequada da História como ferramenta didática, deve conhecer as diferentes formas e pensamentos de como a ciência se desenvolve. Ao se aproximar da linha filosófica que desmistifique o modo linear de ver a ciência, afasta-se do método positivista.

O uso da história como mediador do processo do ensino aprendizagem de química não é hegemônico na comunidade científica (MATTHEUS, 1994). É criticado segundo o argumento de que seria muito difícil a medida adequada na abordagem entre as perspectivas do químico e do historiador, e que a dosagem inadequada de história no ensino de Química prejudicaria a construção do conhecimento efetivo.

No entanto, o professor ao fazer uso da história deve ter bem claro nas suas práticas, que a história não é o principal objeto de estudo e sim uma ferramenta mediadora da aprendizagem. Isso não deve ser confundido, o professor ao incorporar tais

pensamentos para sua prática deve estar a par dessas diferenças, isso é de extrema importância.

Além disso, o risco de dosagem inadequada sempre esteve presente em qualquer abordagem que se utiliza de ferramenta para facilitação da construção do conhecimento, cabe ao professor de posse dos pensamentos crítico e epistemológico adequar a dose. Sobre a forma de abordagem Chassot (2000) comenta:

O estudo da História da Ciência não ocorre de maneira não conectada a outros estudos. Não é recomendável alguém se propor o ser um estudioso, por exemplo, da História da Biologia, sem buscar uma dimensão mais ampla para esta especialização. Aqui vale recordar que a História da Ciência não é o somatório da História da Biologia, da História da Física, da História da Geografia, da História da Matemática ou da História da Química... Para se fazer um adequado uso da História da Ciência é preciso observar, ainda que panoramicamente a História da Filosofia, a História da Educação, a História das Religiões, a História das Artes.... CHASSOT, (2000 p. 269)

O que se tem de concreto é que não há evidências que a aproximação da Química com a História na prática docente tenha prejudicado o conhecimento científico (MATTHEUS, 1994). Ao contrário, está crescendo nos Estados Unidos o número de estudantes secundaristas que têm seu currículo educativo de ciências baseados em princípios históricos, relacionados com a dimensão cultural e filosófica, (MATTHEUS, 1994). Esses alunos desenvolvem pensamentos críticos que lhes propiciam vantagens significativas, tais como: interpretar textos e estabelecer uma ligação íntima entre a História e a Ciência. Passando a ter uma visão de mundo diferente, mais crítico contribuindo assim para o exercício de sua cidadania.

Acreditamos enfim que o uso da História da Química, além de ajudar a construção dos conteúdos químicos propriamente ditos, deve proporcionar aos alunos de química:

- O desenvolvimento de uma idéia ou teoria científica concreta, a forma como se relaciona com o seu contexto histórico, cultural e social, incluindo também o espiritual e moral;

- O Estudo de exemplos e controvérsias científicas, e as formas que as idéias científicas foram se desenvolvendo.

Temos, sim. De incorporar a aprendizagem em geral e especificamente sobre a aprendizagem dos conceitos científicos, incluindo, com destaque, as discussões de como os trabalhos em história e filosofia das ciências podem contribuir para uma melhor compreensão dos próprios conteúdos das Ciências, funcionando como auxiliar em seu ensino e sua aprendizagem. (CARVALHO, 2006, p, 2).

Estes são alguns exemplos de resultados que se deve esperar de um aluno tendo a sua educação científica permeada por aspectos históricos. Certamente um dos caminhos para o grande processo de mudança que almejamos passará pela inserção da história no processo de ensino aprendizagem de química, pois ela permite que o ensino seja mais efetivo e a aprendizagem mais significativa, que faça sentido para o aluno.

Nesse sentido, o conteúdo de Modelos Atômicos pode contribuir como um exemplo na utilização desse dispositivo didático, uma vez que é um conteúdo que se apresenta historicamente construído e possui uma larga quantidade de experimentos que pode ser discutido através de uma perspectiva histórica. É importante então ressaltar como foram construídos esses modelos.

2.5. Os Modelos Atômicos: a importância da história da química na aprendizagem dos conceitos.

2.5.1 Uma idéia de modelo atômico

Agora abordaremos a evolução dos conceitos de Modelos atômicos, mas o que viria a ser o átomo. Analisando-se a etimologia da palavra átomo teremos uma palavra de origem grega composta pelo prefixo grego **a** e pelo radical grego **tomo** que significam:

- **A** ou **an** – ausência de negação, carência.

Ex: **Ateu**:semDeus

Acéfalo: sem cabeça

Anarquia: sem comando

•**Tomos** – Partes, divisões, Logo pela união teremos como significado da palavra átomo: ausência de partes, algo que não tem divisão.

A busca de um formato para descrever essa partícula fundamental que é a base para todas as substâncias existentes sempre foi motivo de curiosidade, despertou o interesse dos homens das civilizações mais remotas e duras até hoje. Nesta empreitada já foram criadas e derrubadas várias teses hipóteses, o que é normal quando observamos que as primeiras idéias sobre os modelos atômicos datam de mais de 2000 anos atrás e baseavam-se apenas em dados mais filosóficos que experimentais (REIS, 2001, p.170).

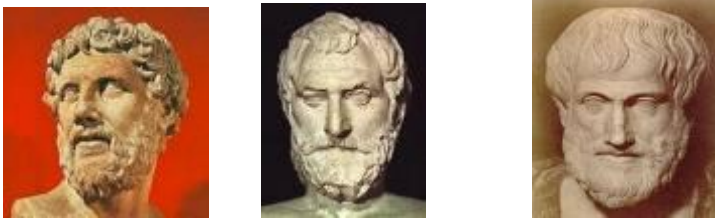
– Os Primeiros

O átomo é a partícula fundamental que representa um determinado elemento químico. O desenvolvimento da química como ciência deu-se ao aceitar e desenvolver este conceito e no trabalho de definir as propriedades físicas e químicas dos mesmos.

O conceito de átomo remonta a discussões filosóficas de estudiosos Gregos e Hindus há mais de dois mil anos. Em ambas as culturas falavam-se que o universo era formado por quatro elementos principais: fogo, ar, terra e água.

Na cultura grega, conceito de uma partícula fundamental foi introduzida por Leucipo de Mileto, 450 a.C. Este filósofo afirmava que deveria existir uma partícula fundamental tão pequena que não poderia ser dividida. (REIS, 2001, p.170).

Figura 1.0 – Imagens de Demócrito, Leucipo e Aristóteles



Fonte: www.luventicus.org

A partícula fundamental de Leucipo foi batizada de átomo por Demócrito de Abdera (470-380 a.C). Este filósofo, considerado o primeiro pensador materialista, tentou explicar inclusive funções orgânicas básicas, como o ato de pensar, como sendo um movimento dos átomos. Este materialismo total de Demócrito foi largamente combatido, sendo finalmente rechaçado por Aristóteles (384-322 a.C) o qual defendia a continuidade da matéria. Neste novo conceito, a matéria pode ser dividida infinitamente, sendo sempre possível fazer uma nova divisão (REIS, 2001, p.170).

Apesar de errado, o conceito aristotélico da matéria, juntamente com toda a sua filosofia, foi aceito oficialmente durante mais de 2000 anos. Neste período, apenas os alquimistas aceitavam a existência de elementos básicos, sendo então perseguidos por heresia (ARGENTIERE, 1957).

– Aristóteles

Nascido no reino da Macedônia (norte da Grécia), Aristóteles mudou-se para Atenas aos 17 anos, onde estudou sob a orientação de um dos mais famosos filósofos de todos os tempos: Platão (CHAUI, 2002).

A escola dirigida por Platão denominava-se Academia, e Aristóteles nela permaneceu por cerca de vinte anos. Com a morte do mestre, preferiu deixá-la, dizendo-se insatisfeito com a pouca importância que ali vinha sendo dada ao estudo da natureza.

Viajou então por várias partes do mundo grego, que na época era bem mais vasto do que hoje alcançando, entre outras regiões, o sul da Itália e a Ásia menor. Foi nesta última região que Aristóteles se fixou por alguns anos. Ali ele se casou e pôde se dedicar a seus estudos preferidos, até ser chamado de volta à sua terra natal. O novo rei da Macedônia queria que ele cuidasse da educação do seu filho mais velho, tarefa que Aristóteles desempenhou por muitos anos. Só deixou a Macedônia quando seu aluno já tinha sido aclamado rei. Futuramente, ele passaria à história como Alexandre, o Grande, devido a suas conquistas territoriais, que incluíram não só a própria Atenas, mas também a Pérsia (CHAUI, 2002).

Retornando a Atenas, Aristóteles criou sua própria escola, chamada Liceu, além de organizar uma biblioteca de manuscritos.

Os escritos de Aristóteles perfazem grande número de volumes (consta que 150, aproximadamente) e versam sobre assuntos variados: da ciência, política e ética à crítica literária. Desses trabalhos, cerca de dois terços desapareceram. Mesmo os que chegaram até nós ficaram perdidos por séculos. Muitos deles só atravessariam a idade Média traduzidos para o árabe.

Em seus estudos da natureza, Aristóteles dedicou especial atenção aos seres vivos. Chegou a fazer dissecações em algumas dezenas de espécie de animais, classificando cerca de 500 delas de acordo com suas semelhanças e diferenças. Foi o primeiro a considerar que o golfinho não era um peixe, pois possuía placenta, como os mamíferos terrestres. Tal descoberta, porém, seria negada nos séculos seguintes (CHAUI 2002).

Seus critérios de classificação, embora fossem – como era de se esperar – diferentes dos nossos, levaram-no a concluir que haveria na natureza uma hierarquia determinada por modificação dos seres vivos. Só Charles Darwin, em pleno século XIX, voltaria a trabalhar com uma idéia desse tipo, ao desenvolver a teoria da evolução.

Aristóteles aceitou a idéia, vigente em sua época, de que tudo na natureza se compunha de quatro elementos – ar, água, fogo e terra -, mas a eles acrescentou um quinto elemento – o éter, que formaria o espaço celeste. Concordou também com a idéia dos discípulos de Pitágoras de que a Terra e o céu seriam regidos por diferentes conjuntos de leis, pelas qual a Terra seria mutável e o céu permanente. Os elementos buscariam sempre alcançar seu lugar “natural”: a terra ficaria embaixo; sobre ela viria a água, depois o ar e por último, o fogo que ficaria acima de todos os elementos. Por causa dessa ordem “natural”, uma pedra (composta principalmente pelo elemento terra) lançada no ar afundaria na água, uma bolha de ar subiria num líquido e o fogo procuraria sempre alcançar o ponto mais alto possível. Isso levou Aristóteles a concluir que, quanto mais pesado um objeto, mais rápido ele desceria e, portanto, os corpos pesados caíam mais rapidamente que os leves (somente 2000 anos depois Stevin, Galileu e Pascal provariam que essa idéia era falsa)

Para Aristóteles, suas conclusões eram verdadeiras, porque se podia chegar a elas através de argumentação lógica. Apesar de todas as observações que fez, ele considerava que a discussão produzia conclusões mais verdadeiras que os fatos constatados através de experimentos.

De fato, Aristóteles pode ser considerado o criador do estudo da Lógica e seu livro *Organon*, que trata desse tema, foi o único, dentre toda sua obra, a continuar sendo estudado na Europa após a queda do Império Romano. Os séculos seguintes não só esqueceriam as contribuições de Aristóteles ao conhecimento da natureza como também viriam a utilizar o que restou de seu trabalho para argumentar contra as idéias e descobertas que as novas mentes procurariam divulgar.

Com o fim da idade média e o surgimento do renascimento, aparecem inúmeros cientistas experimentais. O acúmulo de informações práticas obtidas por estes estudiosos começaram a colocar em cheque a idéia da matéria contínua de Aristóteles. Surge então em 1803 com Dalton (1766 – 1844) um novo modelo para a matéria (REIS, 2001, p.170).

O modelo atômico de Dalton em muito se assemelha às idéias de Leucipo e Demócrito. A principal diferença é que o modelo de Dalton surge embasado em irrefutáveis evidências experimentais e não mais apenas como fruto de indagações filosóficas.

Mostraremos a seguir a relação existente entre a apresentação desse modelo e a construção histórica que se apresenta nos livros didáticos.

2.5.1.1 A história da química, livros didáticos e o modelo grego

O entendimento histórico do modelo grego detalhado anteriormente é de fundamental importância na medida em que o aluno se aproxima da visão questionadora dos filósofos na construção do conceito de átomo, assim é importante entender que a principal inquietação dos filósofos antigos é se poderíamos considerar a natureza inteira um único ser? Como então explicar que nela as coisas são múltiplas, está em movimento, nascem morrem se transformam (ZAETERKA, 2006).

É importante pensarmos que embora o termo átomo tenha sido preservado durante toda história ele possui conotações completamente diferentes, pois a visão de natureza e a perspectiva de ciência dos atomistas antigos é completamente diferente da dos modernos. Essa é uma importante contribuição que o ensino da filosofia grega sobre átomos pode nos fornecer.

Não se pode dissociar o ensino de modelos atômicos e a concepção filosófica dos gregos caso nossa perspectiva de ensino de química seja contextual, histórica. Essa visão a respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico não costumamos encontrar nos livros didáticos (ANDRADE, 2006).

Os livros didáticos enfatizam os resultados aos quais relacionados as teorias e conceitos que conhecemos, as técnicas e análises utilizadas, mas não costumam apresentar alguns outros aspectos da ciência.

..de que modo as teorias e os conceitos se desenvolveram? como os cientistas trabalham? quais as idéias que não aceitamos hoje em dia e que eram aceitas no passado? quais as relações entre ciência, **filosofia**, e religião? (ANDRADE, 2006, p.17).

Em uma pesquisa Mortimer (1988) A totalidade dos livros preocupa-se em discutir as implicações filosóficas dos conhecimentos químicos. Dessa forma, todas as afirmações que decorrem da **hipótese atômica** são acompanhadas de várias ressalvas que explicitam que, apesar da grande contribuição dessa hipótese para o atendimento da química, não há comprovação experimental.

Na atualidade, denominamos com átomo os elementos químicos que conhecemos na tabela periódica, e sabemos que nos dias de hoje, é possível a fissão nuclear a formação de íons a degradação radioativa. É possível separar alguns constituintes desses átomos. Sabemos também que nossos átomos são constituídos por um conjunto de partículas subatômicas, que denominamos de acordo com suas cargas e massas (TÉLLEZ, 1993).

No sentido da Genesis da palavra nada disto seria possível sem a inquietação inicial dos filósofos gregos a HFC tem papel fundamental nessa percepção. Os livros didáticos não levam em consideração essa perspectiva. Segundo Mortimer (1988) a maioria dos livros consultados traz retratos e pequenas biografias de vultos históricos da química, obedecendo à orientação do programa oficial. Alguns apresentam, além disso, um esboço da história da química, da antiguidade até os dias atuais. Que em nosso ponto de vista é insuficiente para construção do conceito.

2.5.2. O Modelo Atômico de John Dalton

Cientista inglês, nascido em 1766 na cidade de Eaglesfield e falecido em 1844 na cidade de Manchester, fundador da teoria atômica em Química. Padeceu de cegueiras para as cores e realizou um estudo sistemático deste fenômeno, que ficou conhecido como daltonismo, que é um problema da visão que consiste em impossibilitar a

distinção das cores também por discromatopsia. O Daltonismo raramente é adquirido (traumatismo do sistema ocular), mas caso seja é curável, mas quando é congênito e hereditário é incurável. Neste último caso, os recentes estudos de genética têm demonstrado que a transmissão hereditária obedece às leis de Mendel. O daltonismo não é uma doença grave, porém dificulta o exercício de algumas profissões, em que é imprescindível a distinção de vermelho e verde e em alguns casos mais raros do azul (REIS, 2001, p.172).

Dalton tinha como objetivo chegar a uma relação entre a idéia de Newton – que era considerar o ar como um fluído elástico – e suas próprias experiências e cálculo sobre misturas de gases, formulou a sua lei das pressões parciais. A teoria de Dalton dos átomos químicos apareceu nos primeiros anos do século XIX e foi publicada em 1807, na terceira edição do System of Chemistry de Thomas Thomson. Esta teoria conduziu à lei das proporções múltiplas, à lei de composição constante e à lei de conservação da matéria (REIS, 2001, p.170):

O pai da teoria atômica moderna, como passou a ser chamado, enunciou que:

- 1) Toda matéria é formada de átomos;
- 2) Os átomos são indivisíveis;
- 3) Os átomos não se transformaram uns nos outros;
- 4) Os átomos não podem ser criados nem destruídos;
- 5) Os elementos químicos são formados por átomos simples;
- 6) Os átomos de determinado elemento são diferentes entre si em tamanho, forma, massa e demais propriedades;
- 7) Átomos de elementos diferentes são diferentes entre si em tamanho, forma, massa e demais propriedades;
- 8) Toda reação química consiste na união ou separação de átomos;
- 9) Átomos iguais entre si se repelem e átomos diferentes se atraem;
- 10) Substâncias compostas são formadas por átomos compostos (as atuais moléculas);
- 11) Átomos compostos são formados a partir de elementos diferentes, em uma relação numérica simples (SLABAUGH, 1977).

Figura 2.0 – Imagem John Dalton



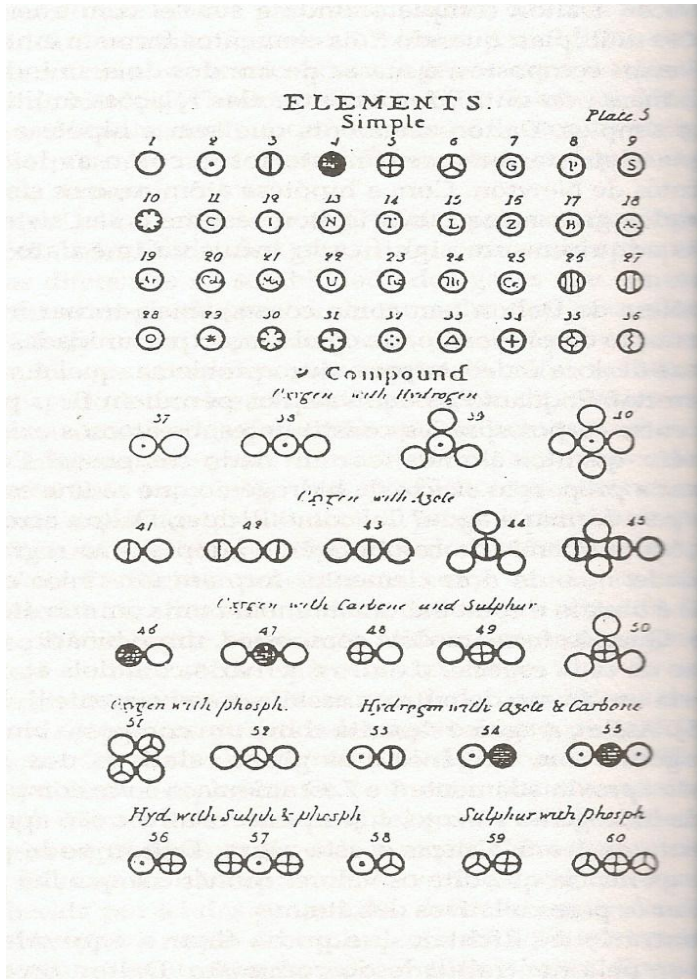
Fonte: <http://upload.wikimedia.org>

É fundamental lembrar que a teoria atômica de Dalton baseia-se em fatos experimentais, tornando as leis lógicas e coerentes.

A divulgação das idéias de Dalton seguiu-se em período de intensa aplicação e comprovação da sua teoria. Apesar de começarem a ser evidentes várias falhas, Dalton recusava sistematicamente tudo o que contrariasse suas afirmações. Graças ao prestígio, suas idéias mantiveram-se inalteradas por cerca de 50 anos.

Para Dalton os átomos eram esferas maciças queria dizer que um átomo de oxigênio mais átomo de hidrogênio dava um átomo ou molécula de água.

Figura 2.1 – Representação de Átomos segundo Dalton



Fonte: <http://paxprofundis.org>

Sabemos hoje que Dalton estava errado em diversos pontos. Átomos de um mesmo elemento podem ser diferentes, como no caso dos isótopos; pode ser dividido, como acontece em reações nucleares; e finalmente podem ser destruídos ou criados. No entanto, a contribuição deste cientista foi essencial ao avanço da ciência, uma vez que introduz de forma sólida o conceito de átomo e de elemento químico (SLABAUGH, 1977).

Figura 2.2 - Representação Modelo Atômico de Dalton



Fonte: www.eca.usp.br

Apresentaremos a seguir a relação existente entre a apresentação desse modelo e a construção histórica que se apresenta nos livros didáticos.

2.5.2.1 A história da química, livros didáticos e o modelo de Dalton

Segundo os gregos, *nada é criado do nada*. E isto nos surpreende como bem lembra Chassot em seu livro *A ciência através dos tempos*, “o átomo de Demócrito não é muito diferente do átomo de Dalton, proposto quase 25 séculos depois”. (CHASSOT, 1994, p.44).

O ensino de modelos atômicos permeado por um pano de fundo histórico leva em consideração essa complementaridade dos modelos o modelo de Dalton se aproxima dos modelos dos gregos, não existe nos modelos um caráter de competição uma vez que a construção de modelos se dá na busca de facilitar nossas interações com os entes modelados. Ou seja, complementa ele, “é por meio de modelos, nas mais diferentes situações, que podemos fazer inferências e previsões de propriedades”. (CHASSOT apud SIMÕES SOARES, 2004).

A tendência dos livros didáticos é uma não complementaridade entre os gregos e Dalton e sim a escolha de um em detrimento do outro. Então a HFC não pode substituir o ensino comum de ciências, mas pode complementá-lo estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as inter-relações como esta entre gregos e

Dalton, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico.

O modelo de Dalton apesar de não envolver as questões de natureza elétrica da matéria consegue dar conta de boa parte das explicações referentes às reações químicas e comportamento cinético dos gases.

O mérito que é devido a Dalton em um ensino sem contexto não é destacado de maneira adequada, é comum identificar esse modelo como sinônimo de idéias básicas e superadas. Essa forma de ver a ciência não privilegia a construção histórica e, portanto para o nosso objetivo é nociva.

Na tentativa de um adequado estudo de episódios histórico, como a construção do modelo de Dalton, o uso da HFC permite perceber o processo gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta da natureza da ciência (ANDRADE, 2006).

Devemos entender que a utilização da HFC no ensino de química contribui para formação de um espírito crítico e desmistificador do conhecimento científico, sem, no entanto negar o seu valor.

A ciência não brota, na cabeça de “grandes gênios”. Muitas vezes, as teorias que aceitamos hoje foram propostas de forma confusa com muitas falhas, sem possuir uma base observacional e experimental. (ANDRADE, 2006, p.18).

Diante disso é importante ressaltar tanto nas aulas como nos livros didáticos comprometidos a construir um conceito contextual a importância do modelo grego de átomo na construção do modelo de Dalton assim como a importância do modelo de Dalton na construção dos outros modelos subsequentes.

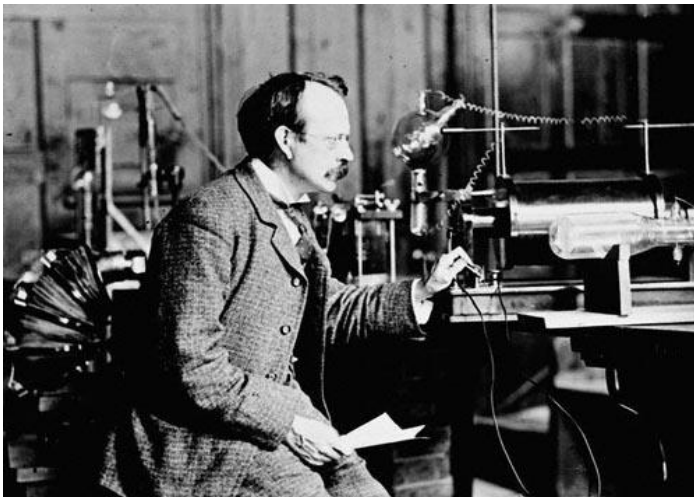
2.5.3. O modelo de Joseph John Thomson

Físico inglês, descobridor do elétron e detentor do Prêmio Nobel de Física de 1906 por seus estudos experimentais sobre a condução de eletricidade pelos gases. Nasceu em Cheetham Hill, perto de Manchester. cursou o Trinity College de Cambridge, onde mais tarde foi professor (REIS, 2001, p.284).

Em 1884, foi escolhido membro da Royal Society e pouco depois sucedeu Lord Raleigh no laboratório Cavendish, cargo que ocupou até 1919. Juntamente com John Poynting, publicou em quantos volumes *Text-book of physics*, onde aparecem seus estudos sobre Teoria Matemática da Eletricidade e de Magnetismo (REIS, 2001, p.284).

Em 1896, lecionou em Princeton um curso de suas pesquisas sobre Descargas Elétricas nos Gases e, em 1904, em Yale, resumiu sua teoria sobre Eletricidade e Matéria. Em 30 de Abril de 1897, trabalhando com raios catódicos conseguiu medir a relação entre a carga e massa do elétron, e calcular a carga dessa importante partícula da matéria (REIS, 2001, p.284).

Figura 3.0 – Thomson em seu laboratório



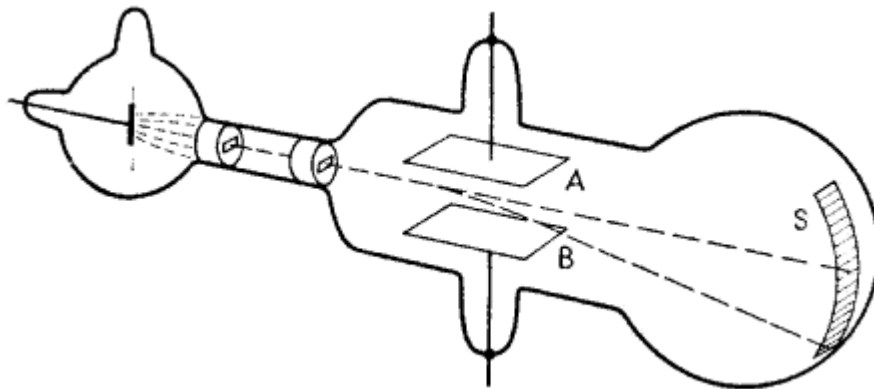
Fonte: <http://sites.uol.com.br>

Cambridge significava para J.J. não apenas um excelente meio de desenvolvimento intelectual, mas também de ascensão para quem, como ele, viera da classe média.

E foi, provavelmente, essa inclinação que o fez participar brilhantemente do famoso *Mathematical trips*, exame que tinha caráter de competição esportiva, revelando o aspectoum pouco escolástico adquirido pela disciplina em Cambridge. Para essa maratona intelectual, J.J. preparou-se com afinco durante três anos e obteve o segundo lugar, provavelmente por causa de sua lentidão no escrever (NIAZ, 2009).

Em 1895 vêm a luz os *Elements of the mathematical theory of electricty and Magnetism*. Um ano depois está na Universidade de Princeton proferindo uma série de conferências em que aborda os fenômenos produzidos pelas descargas nos gases (NIAZ, 2009).

Figura 3.1 - Tubo de raios catódicos



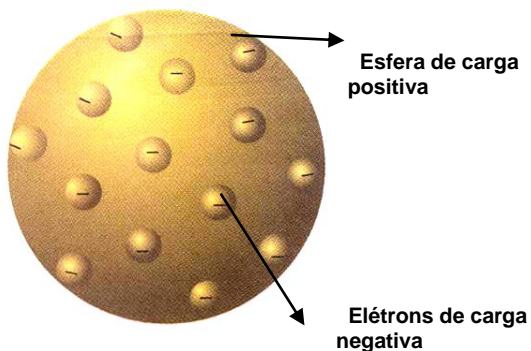
Fonte: www.portalsaofrancisco.com.br

Era chegado o momento que iria comunicar sua maior obra como investigador experimental. Ela começara no laboratório Cavendish quando se dedicava aos gases rarefeitos. Os estudos sobre as descargas através desses gases tinham conduzido à descoberta de uma radiação que emanava do tubo de descarga, propagava-se em linha reta, era detida por um obstáculo fino e transmitia um impulso aos corpos contra os quais se lançava. Foram chamados de raios porque se propagavam em linha reta, e catódicos porque pareciam emanar do cátodo da descarga elétrica (REIS, 2001, p.285).

Os pesquisadores ingleses achavam que a radiação era de natureza corpuscular. Isso porque Cookes tinha descoberto que a trajetória dos raios se curvava quando em presença de um campo magnético. Além disso, Perrim tinha descoberto que o transportavam carga elétrica negativa. Ao contrário, os alemães, especialmente Hertz, sustentavam seu caráter eletromagnético.

Thomson estava decidido a defender a teoria corpuscular partindo para a experimentação. Após sucessivas tentativas, conseguiu medir a razão carga/ massa dessas partículas e descobriu que seu valor era aproximadamente mil vezes maior que o observado na eletrólise dos líquidos. Imediatamente procurou-se medir a carga de eletricidade conduzida por vários íons negativos, e chegou à conclusão de que era a mesma tanto na descarga gasosa quanto na eletrólise. Constatava-se, assim que as partículas constituintes dos raios catódicos eram muito menores que qualquer átomo conhecido, por pequeno que fosse; eram os elétrons (REIS, 2001, p.285).

– Representações do Modelo Atômico de Thomson



Essa descoberta contou com a colaboração de muitos outros cientistas como Wiecher, Perrin, Kaufmann, Townsend e Wilson. Mas foi Thomson o primeiro a intuir que os elétrons são corpúsculos dotados de carga elétrica e de massa e, principalmente, que fazem parte de toda matéria do universo. Formulou uma teoria sobre o estruturado átomo: Para ele, o átomo era uma esfera maciça com carga positiva. Os elétrons

estariam presos à superfície da esfera e contrabalanceariam a carga positiva (REIS, 2001, p.286).

A primeira vez que anunciou o resultado de suas investigações foi numa conferência na, Royal Institution, a 30 de abril de 1897. Dois anos depois, num congresso realizado em Dover, expôs suas idéias a numerosos colegas, encontrando, porém muita hostilidade e pouco crédito. Isso acentuou certa tendência para o trabalho independente, embora sempre aconselha-se os alunos a trabalhar em equipe(NIAZ,2009).

Foi, porém, com muito espírito de equipe que dirigiu o laboratório Cavendish, depois a saída de Lord Rayleigh. A eleição foi muito dificultada por outros pretendentes, devido à sua pouca idade. Não tinha completado trinta anos e os cientistas mais velhos julgavam-se ter maior merecimento para cargo tão cobiçado.

Apesar de tudo, foi eleito e o laboratório sofreu grandes transformações. A pesquisa deixou de ser problema pessoal de cada um, tornando-se trabalho coletivo. A colaboração de estudiosos de outras universidades, inclusive estrangeiras, foi incrementada. Rutherford, Townsend, Langevin, Wilson, Barkla, Aston, Bragg e Appleton ali realizaram uma abordagem histórica e pesquisas relevantes. Thomson não só acompanhava os estudos de cada um, como favorecia as discussões e trocas de idéias em grupo (NIAZ, 2009).

Não descuidava, entretanto, de comunicar as descobertas, o que fazia sempre em prosa elegante nos vários livros publicados. Em 1903, aparece a *Conduction of Electricity through Gases*, onde relata investigações que lhe valeram a obtenção do prêmio Nobel em 1906.

Não pararam aí suas contribuições para a história da física. Extremamente importante foi a descoberta de um novo método para a separação de diferentes espécies de átomos e moléculas. Consistia em usar íons positivos cuja deflexão num campo

magnético ou elétrico varia com a massa atômica. Esse método levou à descoberta de muitos isótopos, quando empregado por pesquisadores como Aston, Dempster e outros. Teve também como resultado a possibilidade de calcular a difusão das radiações eletromagnéticas que atingem os elétrons dos átomos. É hoje chamada teoria do espalhamento de Thomson.

Quando a Europa foi conturbada pela primeira guerra Mundial, Thomson foi obrigado, juntamente com outros cientistas, a dedicar-se às pesquisas militares. Para perturbar ainda mais seu trabalho com o investigador puro, teve que deixar a direção do laboratório Cavendish por ter sido eleito presidente da Royal Society e diretor do Trinity College. Local onde cativou uma estudante de física chamada Rose Piaget. A ligação entre os dois, no entanto, não foi livre de angústias e frustrações. J.J. não podia casar-se como membro do College, e teve que esperar até 1890, quando a obsoleta proibição foi suspensa. (REIS, 2001, p.285).

A partir daí a vida do College foi extremamente fecundada, tanto que resultou em outro Cientista notável, o filho George, colaborador do pai e ganhador do prêmio Nobel de física em 1937.

Três anos depois, no dia 30 de agosto de 1940, terminava a longa existência daquele que fora um dos iniciadores da era nuclear, para a qual contribuíra de maneira decisiva quando, meio século antes, descobriu o elétron.

– As bases para o Modelo de Thomson

Em 1800, William Nicholson e Anthony Carlisle demonstraram a decomposição eletroquímica da água em H_2O e O_2 . Estes cientistas utilizaram para tal a pilha descoberta no mesmo ano por Alessandro Volta e batizaram este processo de **eletrólise**. Esta nova técnica interessou a Humphrey Davy e Michael Faraday, os quais passam então a estudá-la exaustivamente durante mais de 30 anos. Estes estudos demonstraram que a quantidade de produto formado durante a eletrólise depende tanto da natureza da substância como da quantidade de corrente elétrica envolvidas. Estas

relações, largamente conhecidas como as **Leis de Faraday**, constituem-se na primeira evidência da existência dos elétrons (REIS, 2001, p.282).

Já na metade do século XIX, William Crookes desenvolveu um dispositivo, para estudar descargas elétricas em gases a baixa pressão. Este dispositivo que se tornou conhecido como **tubos de Crookes**, constitui-se de um tubo com uma saída ligada a um sistema de vácuo e dois eletrodos ligados a uma fonte de alta tensão, geralmente acima de 20000 V. Se o potencial for aplicado quando o gás estiver a pressão atmosférica pouco pode ser observado. Porém, se for feito vácuo mediano no interior de um tubo, verifica-se uma incandescência do gás (REIS, 2001, p.282).

Se a pressão continuar a baixar a região incandescente desloca-se e, baixando mais ainda, desaparece a incandescência do gás e a parede do vidro entorno a este eletrodo torna-se incandescente. É importante salientar que estes resultados podem ser obtidos para qualquer gás, variando apenas a cor da incandescência (RUSSEL, 1965).

Figura 3.2 – Funcionamento do Tubo de Crookes



Fonte: www.if.ufrgs.br

Para interpretar estes resultados foi admitido que durante o processo, “algo” (minúsculas partículas) é emitido pelo cátodo e direciona-se para o ânodo, sendo chamado na época de raio catódico. A incandescência emitida pelo gás no interior do tubo a pressões intermediárias resulta da colisão entre as partículas em movimento e as moléculas do gás.

A baixa pressão, a concentração de moléculas de gás é muito baixa para produzir luz visível, e sob essas condições, muitas partículas atingem o vidro no ânodo, causando incandescência na extremidade do tubo. Além disto, o fato de ser formada uma sombra nítida do sulfeto de zinco no ânodo indica que estas partículas viajam em linha reta, pois se elas pudessem seguir vários caminhos em torno da amostra, a sombra obtida no eletrodo não – seria – nítida (RUSSEL, 1965).

Figura 3.3 – William Crookes



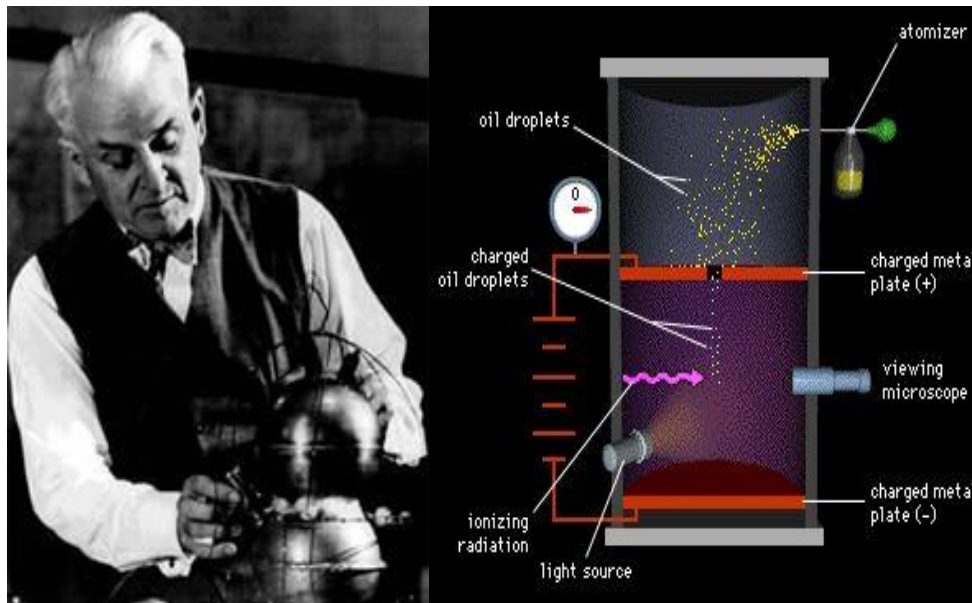
Fonte: <https://.../www/slides/mediums/crookes.jpg>

J.J. Thomson construiu tubos de Crookes adaptados para estudar o efeito de campos elétricos e magnéticos sobre os raios catódicos. Ele verificou que os catódicos são desviados de sua trajetória quando sob influência de ambos os campos. O desvio sofrido indica claramente que as partículas que compõem os raios catódicos possuem cargas negativas. Estas partículas foram batizadas de **elétrons**. Aplicando os dois campos simultaneamente, este físico foi capaz de determinar a relação carga/massa do elétron, hoje corrigida para $q/m = -1,76 \times 10^8 \text{ C.g}^{-1}$. (ATKINS,2007,P.39).

Em 1908, o físico americano Robert Milikan realizou um experimento pulverizando gotas de óleo entre duas placas metálicas paralelas, irradiando o ar existente entre as placas com raios – X, as gotas de óleo receberam elétrons do ar, ficando carregadas cp, carga negativa. Então, Milikan variou o campo elétrico entre as placas até impedir que estas caíssem pelo efeito da gravidade. Conhecendo a massa de uma gota e a

carga necessária para que esta permanecesse suspensa, ele conseguiu determinar a carga elétrica mínima existente, a qual é de $-1,6 \times 10^{-19}$ C, isto é, a carga de um elétron. Finalmente, com a relação carga/massa do elétron determinada por Thomson, também calculou a massa de um elétron que é de 9.1×10^{-28} g (COTTON, 1986).

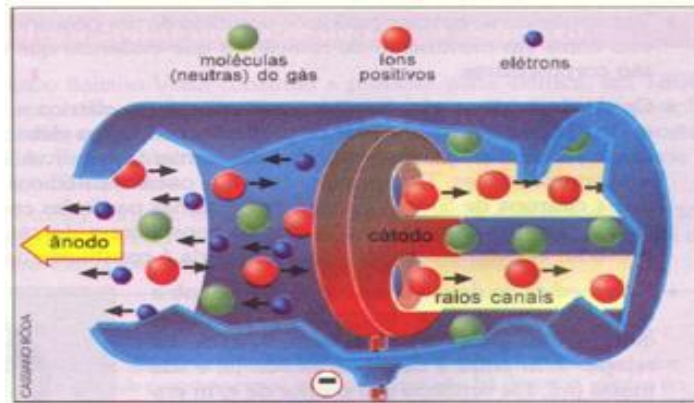
Figura 3.4 – Milikan e seu experimento



Fonte: www.portalsaofrancisco.com.br

Em 1886, o físico alemão E. Goldstein construiu um tubo Crookes modificado. Utilizando com cátodo uma placa com um orifício no centro, conforme esquematizado abaixo. (ATKINS, 2007, p.40).

Figura 3.5 – Experimento de Goldstein



Fonte: www.profpc.com.br

Goldstein verificou uma nova emissão saindo do cátodo no sentido oposto ao raio catódico, à qual chamou de **raio canal**. Aplicando campos elétricos e magnéticos no raio canal em experimento semelhante ao de Thomson, provou que o raio consistia em partículas carregadas positivamente, e que a carga mínima era de $+16 \times 10^{-19}$ C. Também verificou que a massa dessas partículas era muito maior que a dos elétrons. Essas observações nos dizem que os átomos são formados por partículas carregadas positivamente e partículas carregadas negativamente (COTTON, 1986).

Sabendo que, quando os elétrons são retirados do átomo, partículas positivas com massa bem maiores são formadas, Thomson em 1898 propõe um novo modelo atômico. Pensou ele que os átomos são formados por uma grande massa esférica com carga positiva, na superfície da qual ficam dispostos os elétrons. Este modelo, intuitivamente muito satisfatório, foi rapidamente aceito por físicos e químicos da época. Desta maneira, Thomson complementa a idéia de Dalton e conclui que o átomo era divisível.

Mostraremos a seguir a relação existente entre a apresentação desse modelo e a construção histórica que se apresenta nos livros didáticos.

2.5.3.1. A história da química, livros didáticos e o modelo de Thomson

A história da química pode oferecer subsídios para uma reflexão mais profunda acerca do desenvolvimento histórico-conceitual da temática do modelo de Thomson, porque foi um modelo muito combatido.

Nos livros didáticos as incertezas, as controvérsias e as disputas entre os pesquisadores para que um conhecimento seja aceito e estabelecido na comunidade científica, acabam ficando ausentes, como a já citada hostilidade encontrada por Thomson quando na apresentação de seu modelo.

A simplificação do conhecimento e a sua descontextualização histórica podem trazer conseqüências tanto para as concepções dos docentes sobre a natureza do conhecimento científico, como para as concepções dos alunos.

Essa forma de simplificar especificamente no modelo de Thomson tem uma relação com a analogia usada no intuito de aproximar o conceito do cotidiano. A analogia “pudim de passas” é indiscriminadamente usada pela maioria dos livros.

Para alguns a analogia é o resultado da comparação de termos novos com outros já conhecidos; para outros, uma relação de semelhança ou dependência entre diferentes objetos; para outros ainda, um prolongamento de uma mera comparação, a partir da qual se tenta estabelecer múltiplas relações. A analogia não pressupõe a existência de uma igualdade simétrica, mas antes uma relação que é assimilada a outra relação, com a finalidade de esclarecer, estruturar e avaliar o desconhecido a partir do que se conhece. (FERRY E NAGEM, 2006 p.01).

Analogias são utilizadas em livros didáticos e em muitas delas, os autores não fornecem nenhuma explicação do domínio análogo e não discutem suas limitações. Em sua análise de livros didáticos de Química brasileiros destinados ao Ensino Médio, (JUSTI & MONTEIRO, 2000 apud FERRY E NAGEM) as autoras discutem as implicações da analogia com o pudim de passas, classificada por elas como “ilustrativa-verbal”, utilizada para se ensinar o modelo de átomo de Thomson.

O cuidado no uso das analogias está na perspectiva de atuação de um professor que usa a história como pano de fundo de suas aulas. Pois este professor com uma atuação contextual mostra a construção do conceito e evita fórmulas fáceis de simplificação de conteúdos.

2.5.4. O Modelo de Ernest Rutherford

Um dos modelos atômicos importantes foi o que descrevia o átomo como um núcleo central rodeado por elétrons de carga negativa. Essa teoria resultou a série de experiências iniciadas por Ernest Rutherford em 1910.

Figura 4.0 – Ernest Rutherford



Fonte: <https://.../422-002+L.+Jaho+Big+Time+Line+Project>

Rutherford nasceu em Nelson, Nova Zelândia, a 30 de agosto de 1871. Cresceu e fez os primeiros estudos em sua cidade natal, em seguida frequentou a Universidade de Wellington, onde em 1893 se graduou em matemática e física. No ano seguinte, ganhou por concurso uma bolsa de estudos que o levou à Universidade de Cambridge, na Inglaterra (COTTON, 1986).

Em Cambridge, Rutherford trabalhou no laboratório Cavendish sob a orientação de Joseph J. Thomson (1865 – 1940), o físico descobridor do elétron. Assim realizou pesquisas sobre o movimento de partículas eletricamente carregadas: os íons. Interessou-se especialmente pelas radiações emitidas pelo elemento, então recém – descoberto por Maria e Pierre Curie (SLABAUGH, 1976).

Este trabalho interessou o casal Marie e Pierre Curie, os quais passam a estudar radiações em amostras de Pechblenda (um minério de urânio).

– Pierre e Marie Curie

O casal Pierre - Marie foi mais além: o urânio não era o único elemento que apresentava tal propriedade. Os sais de tório emitiam radiações análogas. Como resultado de todo esse longo trabalho, iniciado pelo físico alemão Konrad Von Roentgen, continuado por Becquerel e concluído pelo casal, nascia o estudo do fenômeno da radiatividade.

Pierre e sua companheira deram mais um passo à frente. Em uma comunicação à Academia de Ciências, a 12 de abril de 1898, anunciaram que a pechblenda – óxido de urânio – era bem mais ativa que o próprio metal. Tal fato levava a crer que o minério continha, além do urânio, outro elemento.

O casal, porém, tinha razões suficientes para acreditar que a presença do polônio não explicava o excesso de radiatividade do minério, impunha-se repetir toda a tarefa que conduzira à descoberta do polônio. E, novamente, os resultados foram positivos. Não havia mais segredos na radiatividade da pechblenda. Quase no final de 1898, uma comunicação assinada por Marie, Pierre e seu colaborador G. Bémont anunciava a descoberta do segundo elemento radiativo – o rádio.

As descobertas dos Curie foram impressionantes: além de confirmar a radiação do urânio, encontraram dois novos elementos químicos bem mais radioativos, o polônio e o

rádio. Outra importante contribuição do casal foi a descoberta de que estes elementos desapareciam espontaneamente, diminuindo pela metade em um período de tempo característico que chamaram de **tempo de meia-vida** (SLABAUGH, 1976).

Figura 4.1 – O casal Pierre e Marie Curie



Fonte: <http://w3.ufsm.br>

Em 1896, Wilhelm Röntgen descobre por acaso que, quando raios catódicos atingem um anteparo, como uma chapa de metal, uma forte radiação é emitida. Esta radiação, que foi apelidada por ele de **raios-X**, é na realidade onda eletromagnéticas, como luz visível, com frequências bem superiores às da luz.

– Wilhelm Konrad Roentgen

Poucos acontecimentos na história da ciência provocaram impacto tão forte quanto a descoberta dos raios X por Wilhelm Konrad Roentgen, professor de física na Universidade de Würzburg.

Em 1895, Roentgen começou a ocupar-se dos raios catódicos (assim chamados por serem produzidos no cátodo dos tubos de vácuo) e realizou algumas experiências com tubos de vácuo elevado. Consistiam em tubos de vidro cuidadosamente esvaziados de ar, em cujo interior, em extremidades opostas, colocavam duas pequenas lâminas.

Essas lâminas eram ligadas aos pólos de um gerador de alta tensão. Estabelecida a passagem de corrente, obtinha-se no tubo a emissão de radiação luminosa: era uma espécie de luminescência que parecia emanar do ar rarefeito que permanecia dentro do tubo. As experiências eram feitas em laboratórios escuros, o que permitia melhor análise das fracas radiações produzidas no tubo.

Durante as semanas sucessivas, Roentgen dedicou-se exclusivamente à identificação de outras propriedades da recém-descoberta radiação. Em vista da incerteza que nutria quanto à sua natureza, deu-lhe o nome de raios X. Pouco depois, Kolliker, professor em wurzburg, denominou-a raios Roentgen.

Hoje em dia, o instrumental de raios X é tão comum nos laboratórios científicos quanto a aparelhagem óptica. A eletrônica veio também prestar ajuda ao desenvolvimento dos aparelhos de raios-X, possibilitando a construção de equipamentos mais sensíveis e poderosos. Tais descobertas foram importantes pra o futuro trabalho de Rutherford em McGill, juntamente com seu colega Frederick Soddy. Ambos estabeleceram as bases da teoria da relatividade. Um relato pormenorizado de suas pesquisas e conclusões encontram-se no livro de Rutherford intitulado “Substâncias Radiativas e Suas Radiações”.

- Nobel para Rutherford

Deixando o Canadá em 1907, Rutherford foi trabalhar em Manchester, Inglaterra. Descobriu então que os raios alfa consistiam em um fluxo de átomos de hélio carregados positivamente, ou seja, átomos de hélio sem elétrons. Esta descoberta foi feita recolhendo o gás resultante da passagem de partículas radiativas através das paredes de uma câmara de vácuo, e demonstrando por processos espectroscópicos que o gás era hélio. Isto valeu a Rutherford o Prêmio Nobel de Química em 1908. Contudo, ainda mais importantes foram os experimentos que iniciou em 1910. (ARGENTIERE, 1957).

Rutherford e seus colaboradores iniciaram estudos e, em poucos meses, conseguiram descrever todas as famílias radiativas. No degrau mais alto, o urânio; no mais baixo de todos, o chumbo, em que já não mais existia radiatividade. Entre esses dois extremos, todos os elementos radioativos intermediários, resultantes da “degradação” radiativa, isto é, da desintegração.

Os cientistas do século XIX consideravam os átomos como pequenas esferas mais ou menos rígidas, indivisíveis e indestrutíveis. Entretanto, em 1887, depois de 20 anos de trabalho, J.J. Thompson sugeriu que os elétrons, aos quais chamava “corpúsculos” eram um constituinte universal da matéria. Apresentou então as primeiras idéias relativas à estrutura interna dos átomos, indicando que eles deveriam ser constituídos de cargas elétricas positivas e negativas distribuídas uniformemente.

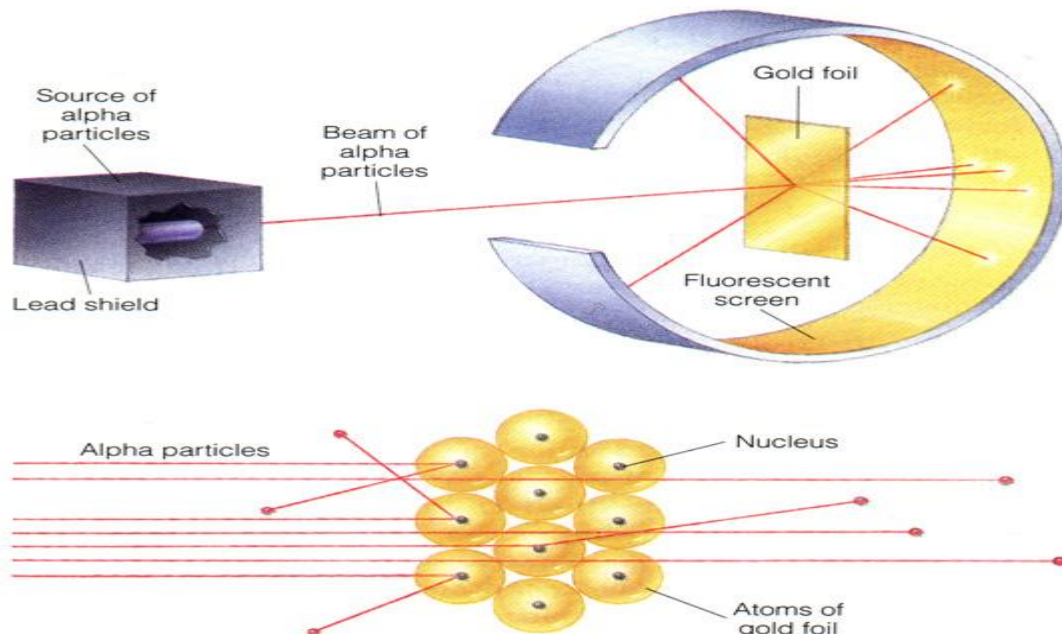
O problema que Rutherford e seu assistente Geiger levantaram por volta de 1910 foi o seguinte: o átomo real se assemelharia ao modelo proposto por Thompson? Rutherford e Geiger colocaram uma folha de ouro, bastante fina, “interceptando” um feixe de partículas alfa com energia suficiente para penetrar através da folha e que era proveniente da desintegração espontânea de elementos radioativos naturais (SLABAUGH, 1977).

Observou-se que algumas partículas ficavam totalmente bloqueadas, outras não eram afetadas, mas a maioria ultrapassava a folha sofrendo desvios.

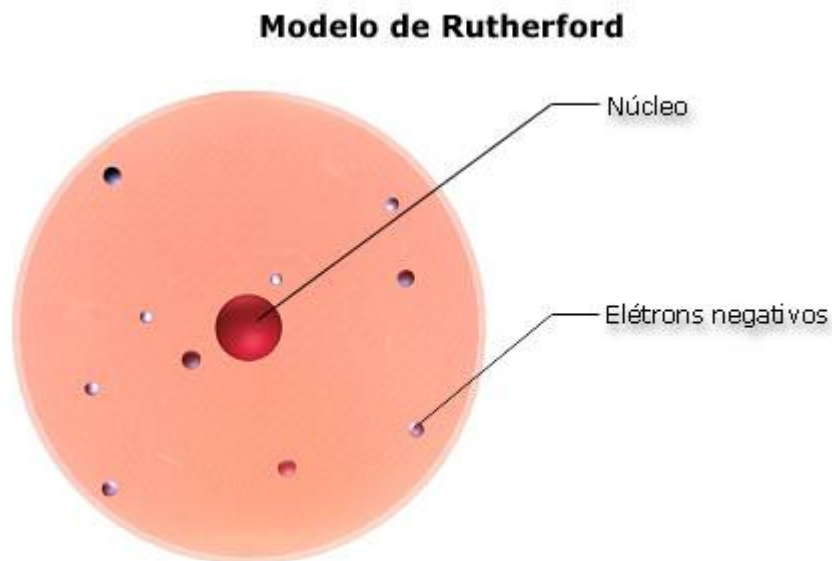
Os desvios relativamente grandes sofridos por umas poucas partículas só podiam ser explicados graças a forças de repulsão elétrica entre essas partículas (sabidamente positivas) e determinada parte (também positiva) dos átomos constituintes da folha. Pelas observações de Rutherford, essa parte concentrava-se em um pequeníssimo volume central carregado positivamente, no interior do átomo. Como este deve-se eletricamente neutro, deveriam existir negativas (os elétrons de Thomson) girando ao redor desse centro, onde concentrava-se em grande massa e um intenso campo elétrico.

Concluiu assim que a matéria da folha metálica, e sem dúvida toda e qualquer matéria, é bastante rarefeita, constituída quase toda e espaços vazios, sendo o diâmetro do núcleo 10 mil vezes menor que o do átomo inteiro. Tal é o modelo de átomo nucleado, proposto por Rutherford, e quem em linhas gerais vale até hoje.

Figura 4.2 - demonstração do trajeto dos raios durante o experimento



Rutherford inspirou toda a moderna teoria atômica, ao afirmar que o átomo era nucleado e sua parte positiva se concentrava num volume extremamente pequeno, que seria o próprio. Os elétrons seriam extra nucleares. O modelo de Rutherford é normalmente relacionado a um sistema planetário em miniatura, no qual os elétrons – esses micro satélites se movem em órbitas circulares ou elípticas ao redor do micro-sol nuclear. Pelas leis clássicas do eletromagnetismo seria impossível pensa-los em repouso. Tal modelo seria assim, um átomo eminentemente dinâmico, com os elétrons girando em redor do núcleo, movimentando-se em sua órbita sob a ação das forças elétricas (ATKINS, 2007, p.40).



O **modelo planetário** de Rutherford, como ficou conhecido, possuía uma incongruência percebida até mesmo pelo seu autor. A mecânica newtoniana (hoje conhecida como mecânica clássica), que conseguia descrever com bastante exatidão os movimentos na Terra e no universo, falhava completamente para este modelo. Ora, se os elétrons (carga negativa) estão girando em movimento circular, deveriam ter uma aceleração e, desta maneira, emitir radiação. Emitindo radiações perderiam energia e acabariam por “cair” sobre o núcleo! Portanto, do ponto de vista da mecânica clássica conhecida na época, este modelo não poderia existir.

Apresentaremos a seguir a relação existente entre a apresentação desse modelo e a construção histórica que se apresenta nos livros didáticos.

2.5.4.1. A história da química, livros didáticos e o modelo de Rutherford

A história da química como pano de fundo da construção dos modelos atômicos é de fundamental importância no modelo de Rutherford. Humanizar os cientistas é aproximar a ciência do aprendiz. E a história da química cumpri bem esse papel.

A análise feita por Rutherford do experimento com partículas alfa é interessante pois tratava da dimensão do átomo. Mas a idéia de descontinuidade era tão diferente de tudo que o próprio Rutherford tinha sentimentos mistos sobre sua teoria(CHASSOT, 1994)

Essa profusão de sentimentos quanto a um resultado experimental e formulação da teoria instigam mais o estudante a aprender química. As relações do cientista e a sociedade que o cerca, a ciência feita por homens que possuem sentimentos e inseguranças como todos é uma ciência mais impregnada de realidade menos asséptica e elitista sendo esta uma forma equivocada de ver essa construção.

Permeiar o ensino de química e especificamente o estudo dos modelos atômicos e em especial o modelo de Rutherford destacando o papel humano na construção do conceito é recomendável a uma perspectiva contextual que esperamos para o ensino de química.

Nos livros didáticos a questão da analogia também está presente nesse modelo assim com estava no modelo de Thomson. A imagem do núcleo atômico como um pequeno sol está fortemente presente nesses recursos didáticos (LOPES 2007).

O modelo de Rutherford é descrito como um sistema solar em miniatura, onde o sol é representado pelo núcleo e os planetas os elétrons. Nessa transposição do macro ao micro os autores não conseguem decidir se é o átomo que representa o sistema solar ou o inverso (LOPES, 2007).

Alem disso os elétrons colocados como pequenos satélites gravitam em torno do núcleo, sem que se analise a impossibilidade teórica de que a força gravitacional atue em corpos de massa pequena.

Os professores com o objetivo de ensinar uma ciência fácil, todo tipo de analogias são feitas para que a construção do conhecimento não cause problemas maiores de questionamentos por parte dos alunos. Fazer uso da história como dispositivo didático afasta essa possibilidade de ciência fácil de analogias indiscriminadas.

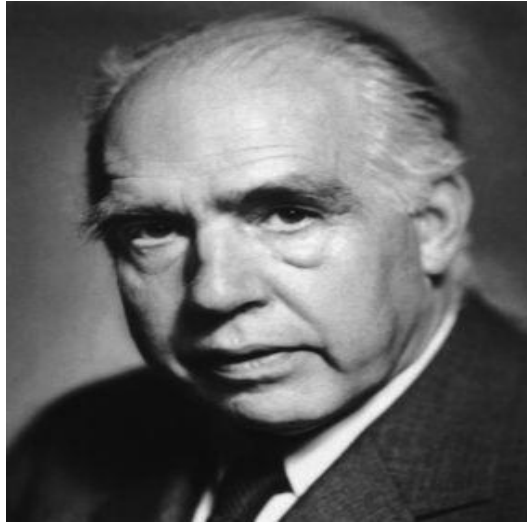
Nessa modelo Rutherford conhecia as contradições do seu átomo com a física clássica e essas contradições ficam de fora se a abordagem não for histórica contextual. A construção desse modelo de forma histórica enfatiza a contradição e revela o que mais ele pôde trazer de avanços do que o erro pelo erro.

O aluno aproxima-se mais da ciência quando percebe que assim como ele constrói um conceito a partir de idéias iniciais prévias a ciência também apresenta idéias iniciais que se aprimoram através dos tempos e que o erro é valorizado na construção de um conceito. Mas esse olhar da ciência só é possível diante de uma perspectiva histórica.

2.5.5. O Modelo de Bohr

Físico dinamarquês nascido e falecido em Copenhague, que contribuiu para o desenvolvimento de muitos aspectos teóricos da física moderna. Niels Bohr tem seu nome ligado a um modelo atômico introduzido para aperfeiçoar a estrutura do átomo formulada por Ernest Rutherford.

Figura 5.0 – Niels Bohr



Fonte: <http://www.counterbalance.org>

Doutorou-se em 1911, em Copenhague. Integrou a equipe do Laboratório Cavendish, em Cambridge, onde trabalhou sob a orientação de J.J. Thompson, e, posteriormente, esteve em Manchester, onde colaborou em Ernest Rutherford. Retornando a Copenhague. Aí realizou os estudos que o tornariam célebre e que consistiriam na aplicação dos princípios da Mecânica Quântica à estrutura do átomo, tentando colocá-lo mais de acordo com os fenômenos de emissão e absorção de radiações. Prêmio Nobel em 1922, Bohr prosseguiu em sua brilhante carreira. Tal como Einstein, foi um dos que advertiram os E.U. A de que a Alemanha nazista estava a caminho da bomba atômica americana, lançada em Hiroshima e Nagasaki (ARGENTIERE, 1957)

Os fatos relacionados com a descontinuidade dos espectros e os postulados de Planck sugeriam algumas perguntas. Por que o espectro de elementos no estado gasoso é sempre descontínuo? Por que o espectro de hidrogênio, elemento de um elétron apenas, é o mais simples? Por que a complexidade do espectro aumenta à medida que aumenta o número de elétrons?

Começou-se a perceber que luz deveria ter origem na excitação eletrônica dos elétrons. Ou seja, em determinadas condições, os elétrons ganhavam energia e passariam de

sua órbita de origem para outra, mais externa. Ao retornarem, devolveriam a energia recebida na forma de ondas eletromagnéticas, que seriam responsáveis pela luz. Se o elemento dava origem a espectros descontínuos, deveria ser porque o elétron só admitia transposições energéticas possíveis, portanto maior a quantidade de linhas no espectro. Se os elétrons sofressem infinitas transposições energéticas, emitiriam infinitas ondas eletromagnéticas, e o espectro seria contínuo (SLABAUGH, 1977)

Para Bohr, o encontro com Rutherford foi decisivo: daí por diante resolveu dedicar-se ao estudo da estrutura do átomo. De fato, Rutherford descobrira que o átomo possui, no centro um núcleo no qual se concentra praticamente toda sua massa. Os elétrons descobertos por J.J Thomson poucos anos antes, localizavam-se ao redor do núcleo, Não se sabia exatamente, porém, como esses elétrons se dispunham a quais suas relações com o núcleo.

Voltando à Dinamarca em 1913, Bohr procurou estender ao modelo atômico proposto por Rutherford os conceitos quânticos sugeridos por Planck, 1900. Bohr acreditava que, utilizando teoria quântica de Planck, seria possível criar um novo modelo para descrever o átomo, capaz de explicar a maneira como os elétrons absorvem e emitem energia radiante. Esses fenômenos eram particularmente visíveis na análise dos espectros luminosos produzidos pelos diferentes elementos. Ao contrário daquele produzido pela luz solar, esses espectros apresentam linhas de luz com localizações específicas, separadas por áreas escuras. Nenhuma teoria conseguirá até então explicar o porquê dessa distribuição (REIS, 2001).

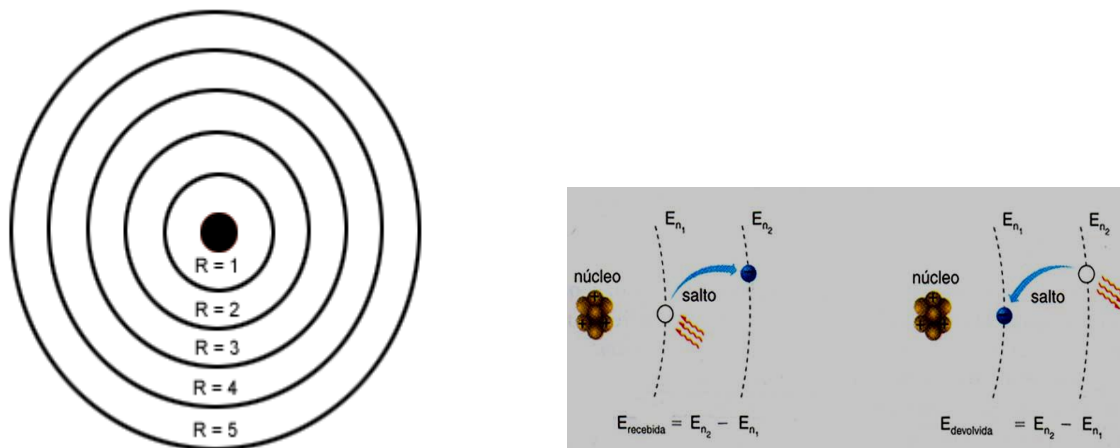
Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr propôs um modelo para o átomo de hidrogênio que englobava a conclusão de Rutherford, os estudos feitos em relação ao espectro do átomo de hidrogênio e o postulado de Planck, que admitia a quantização de energia. Tomando para estudo o átomo de hidrogênio, que é o mais simples, os postulados de Bohr, em linhas gerais, foram seguintes.

a) o elétron pode encontrar-se em uma série limitada de órbitas;

- b) o elétron pode encontrar-se em uma série limitada de órbitas;
- c) as órbitas foram chamadas por Bohr de estados estacionários e, portanto, diz-se que o elétron está em um estado estacionário;
- d) as órbitas diferem pelos raios;
- e) o elétron só pode ocupar as órbitas que tenham uma determinada quantidade de energia;
- f) um elétron que permanece em uma órbita determinada não irradia nem absorve energia;
- g) a passagem de um elétron de uma órbita para outra supões absorção ou emissão de determinada quantidade de energia, conforme o elétron se mova de uma posição menos energética para outra mais energética, ou vice e versa;
- h) a energia é emitida ou recebida em forma de irradiação e é calculada pela equação; $E_2 - E_1 = y$ onde E_2 é a energia do elétron em posição energética maior, e E_1 , em posição energética menor ;
- i) cada órbita é caracterizada por um número quântica (n), que pode assumir valores inteiros: 1,2,3,etc. (REIS, 2001, P.296)

Racionalizando em função desse modelo, Bohr calculou o raio e as energias do elétron do átomo de hidrogênio nas órbitas permitidas, e conseguiu mostrar, teoricamente, que era possível prever o espectro do hidrogênio, no qual ele baseava-se para construir sua teoria.

Figura 5.1 Representação do Modelo Atômico de Bohr



Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br>

Estudando o átomo de hidrogênio, que é o mais simples de todos, Bohr conseguiu, em 1913, formular seu novo modelo. Concluiu que o elétron desse átomo não emitia radiações enquanto permanecesse numa mesma órbita, mas somente ao se deslocar de um nível mais energético (órbita mais distante do núcleo) a outro de menor energia (órbita menos distante).

A teoria quântica lhe permitiu formular essa concepção de modo mais preciso: as órbitas não se localizaram a quaisquer distâncias do núcleo; ao contrário, apenas algumas órbitas seriam, cada uma delas correspondendo a um nível bem definido de energia do elétron. A transição de uma órbita a outra não seria gradativa, mas se faria por saltos: ao absorver energia, o elétron saltaria para uma órbita mais externa; ao emití-la, passaria para outra mais interna. Cada uma dessas emissões, de fato, aparece no espectro como uma linha luminosa bem localizada.

Mostraremos a seguir a relação existente entre a apresentação desse modelo e a construção histórica que se apresenta nos livros didáticos.

2.5.5.1 A história da química, livros didáticos e o modelo de Bohr.

Assim como os outros modelos anteriores o modelo de Bohr sofre inúmeras críticas principalmente o fato de Bohr não explicar satisfatoriamente porque os elétrons apresentam energia constante e eletrosferas de átomos com muitos elétrons.

Porém o trabalho realizado por Bohr nos quatro primeiros meses foi impressionante no que se refere ao nível de perseverança, inclusive apoiado por Rutherford.

Chassot no seu livro a ciência através dos tempos destaca essa força para o trabalho através de cartas enviadas por Bohr a sua namorada descrevendo que apesar dos resultados não serem animadores eles também não pareciam desencorajar a pesquisa.

Os livros didáticos não destacam a questão do trabalho o quanto foi trabalhoso os conceitos ali postos. Os níveis de dificuldades estruturais e de diferentes ordens que os cientistas precisaram superar para conclusão de suas pesquisas.

Os resultados parecem surgir prontos e acabados sem dificuldades maiores para serem construídos. Mostrar as dificuldades é um benefício, na medida em que o aluno passa a entender e perceber a atividade científica como outra atividade já conhecida dele com todos os seus encantos e dificuldades peculiares.

Essa perspectiva de abordagem a história da química bem conduzida e permeada entre os modelos atômicos pode contribuir para uma aproximação entre a química e o aluno, mas para isso é uma questão de comprometimento e que nem sempre todos envolvidos no ensinar química estão dispostos a engajar-se.

A parceria entre Rutherford Bohr também poderia ser destacada nos livros didáticos, como sugestões dadas por Rutherford a Bohr (CHASSOT, 1994). Seria uma possível contribuição porque não fomentaria a forma competitiva que são vistos os cientistas onde um modelo sempre deve superar o outro e destacaria as parcerias que surgem no fazer ciência.

A utilização da história da química como dispositivo didático pode ser muito eficaz na construção dos modelos atômicos. ao atender perspectivas como estas descritas acima.

2.5.6. Modelo Atômico Atual

O modelo atômico quantizado de Bohr obteve grande sucesso para descrever o átomo de hidrogênio. No entanto, mesmo com rigorosas correções, este modelo falhou na tentativa de explicar linhas espectrais emitidas por elementos multieletrônicos ou de fornecer explicações razoáveis acerca das ligações químicas. Desta maneira ficou claro

que em poucos anos a teoria de Bohr estava longe de ser definitiva, sendo apenas o ponto de partida para a moderna teoria quântica de matéria.

2.5.6.1. Modelo Atômico de Sommerfeld (1916)

Ao pesquisar o átomo, Sommerfeld concluiu que os elétrons de um mesmo nível, ocupam órbitas de trajetórias diferentes (circulares e elípticas) a que denominou de subníveis, que podem ser de quatro tipos: s, p, d, f.

Figura 6.0. Sommerfeld

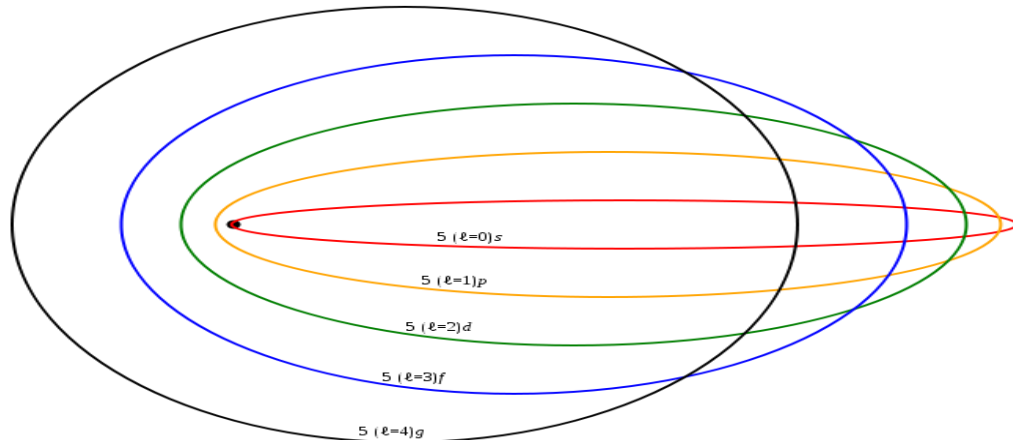


Fonte: <http://www.nndb.com>

Sommerfeld em 1916 percebeu que as raias estudadas por Bohr eram, na verdade, um conjunto de raias finas. Como Bohr havia associado cada raia a um nível de energia, Sommerfeld concluiu então, que um dado nível de energia era constituído, na realidade, por algumas divisões, que ele denominou subníveis de energia, aos quais estavam

associadas várias órbitas diferentes, sendo uma dessas órbitas circular e as demais elípticas (REIS,2001,p.299).

Figura 6.1- Representação do Modelo Atômico de Sommerfeld



Segundo Bohr, a eletrosfera de um átomo era dividida em níveis de energia. Agora se acredita que os elétrons se distribuem na eletrosfera em níveis e em suas subdivisões: os subníveis.

Energia dos níveis																		
1	2	3	4	5	6	7												
K	L	M	N	O	P	Q												
Energia dos subníveis																		
0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	0	1
1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	6f	7s

Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br>

Contribuição de Broglie:

Em 1923, Louis Broglie mostrou através de uma equação matemática, que “qualquer corpo em movimento estaria associado a um fenômeno ondulatório”. Desta maneira o

elétron apresenta a natureza de uma partícula-onda, obedecendo assim, as leis dos fenômenos ondulatórios. Como acontece com a luz e o som (REIS,2001,p.317).

Figura 6.2 – Louis Broglie

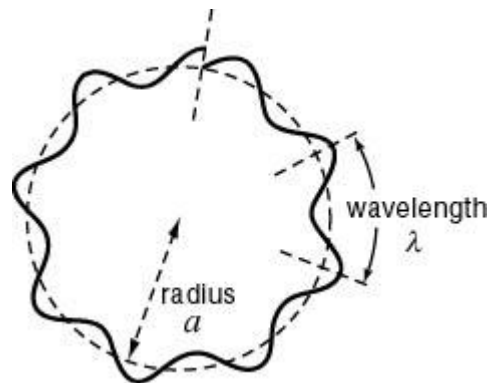


Fonte: http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/rovatok/humor/feleki_napoleon.htm

Nenhuma particularidade da estrutura das equações clássicas permitia a explicação do fato. As hipóteses formuladas por Bohr e Sommerfeld pareciam adequadas para solucionar o problema particular do átomo de hidrogênio, mas não para construir uma teoria que abrangesse todos os fenômenos microscópicos.

Schrödinger encontrou a pista para a solução no trabalho de Louis Broglie. Este físico francês tinha, em 1924, descoberto o duplo comportamento da matéria. Um elétron, por exemplo, pode comportar-se ora como partícula material, ora como feixe de ondas, e o comprimento destas dependem de sua quantidade de movimento. A matéria apresenta-se, portanto, sob dupla forma, como corpúsculo ou como onda. A relação estabelecida por Broglie, no entanto, descrevia apenas o comprimento de onda das partículas, não estabelecendo sua equação fundamental. De qualquer modo, estava ali a chave com a qual Schrödinger iria abrir as portas para a criação da mecânica quântica.

Então eis que ele propõe a seguinte indagação: se as partículas microscópicas comportam-se como ondas, quando se movem no espaço, porque então não procurar descrever seu movimento de ondas, ao invés de átomos, e abandonar completamente o caminho seguido pelas equações newtonianas da mecânica dos pontos materiais, encontrando para esse movimento equações do tipo das de Maxwell?



Indo além do plano das ciências naturais, penetrou no universo da reflexão filosófica numa série de conferências proferidas na universidade de Dublin, e posteriormente editadas sob o título *Science and Humanism*, em 1951. Onde aborda o problema das implicações teóricas e morais da nova física, especialmente o “princípio das incertezas de Heisenberg”, segundo o qual não é possível determinar, simultaneamente, a posição e a velocidade de um elétron (REIS, 2001, p.321).

Princípio da Incerteza de Heisenberg

Werner K. Heisenberg nasceu em Wurzburg, em 1901. Sua educação inicial e seus estudos universitários foram realizados em Munique, na Baviera. Iniciou o curso de física em 1920. Um de seus professores foi Arnold Sommerfeld, que além de famoso físico era um extraordinário professor. Muitos de seus alunos se tornaram grandes cientistas.

Seu raciocínio era aproximadamente o seguinte: todos os dados experimentais referentes ao átomo diziam respeito apenas à emissão e absorção de energia. Não havia experiência alguma que dissesse como os elétrons se moviam dentro do átomo.

Mas teoria de Bohr, por exemplo, falava do raio da órbita do elétron e de sua velocidade. Mas se essas coisas não são observáveis, não tem sentido falar nelas; na explicação de um fenômeno só podem entrar outros fenômenos suscetíveis de serem verificados experimentalmente. É possível afirmar que um átomo possui vários estados energéticos diferente, e que, ao passar de um para outro, emite ou absorve energia. Mas esses estados não devem ser relacionados a diferentes órbitas eletrônicas.

Para determinar a temperatura de um copo com água, por exemplo, é necessário colocar dentro dele um termômetro, ao aquecer-se, absorverá calor, fazendo com que o líquido. Sofra uma diminuição de temperatura. Assim, como o processo de medição da temperatura de um objeto modifica o estado térmico deste objeto, toda observação perturba o sistema observado.

Isso já era conhecido anteriormente. Mas de acordo com as antigas concepções, a perturbação introduzida numa medição poderia ser reduzida à vontade, desde que se aperfeiçoassem as técnicas experimentais e se diminuísse o tamanho, após a observação.

Mas as propriedades ondulatórias da matéria proíbem isso, conforme Heisenberg(REIS, 2001) mostrou com um enorme numero de exemplos, as perturbações introduzidas no processo de medição não podem ser calculadas no campo microscópico. Por isto, ao se fazer uma medição, perturba-se de tal forma o sistema que se torna impossível fazer uma previsão exata sobre seu comportamento futuro.

Heisenberg(REIS, 2001) demonstrou que na verdade, é possível conhecer alguns dados sobre qualquer sistema, com grande precisão; mas o valor dos outros se tornará cada vez mais impreciso. Ao se medir precisamente a posição de uma partícula, por exemplo, haverá uma perturbação de sua quantidade de movimento, e ao se medir o instante preciso em que ocorre um fenômeno, haverá uma perturbação da energia do sistema. A formulação mais completa desta idéia é denominada Principio das Incertezas: se não é possível determinar exatamente todas as condições iniciais de um

sistema, então também não é possível prever seu comportamento futuro. Os fenômenos não podem ser previstos exatamente; só é possível estabelecer a probabilidade de que algo aconteça (REIS, 2001, p.321).

Figura 7.0 – Heisenberg



Fonte: <http://phys.bspu.unibel.by/hist/physport/physpicquant.html>

Baseados nas novas idéias de física quântica surgiram as definições de:

SPIN

É o movimento de rotação do elétron (REIS, 2001, p.322).

SUBNÍVEL DE ENERGIA

O fator determinante na colocação do elétron em uma região da eletrosfera é a sua quantidade de energia.

O movimento do elétron ao redor do núcleo foi descrito por Schrödinger, 1927, através de uma equação matemática que relaciona a natureza corpuscular (partícula), a energia, a carga e massa do elétron. A solução numérica para essa equação, denominados números quânticos, permite que cada elétron seja caracterizado pela sua quantidade de energia. A caracterização de cada elétron é feita por quatro números quânticos: PRINCIPAL, SECUNDÁRIO, MAGNÉTICO E SPIN (REIS, 2001, p.323).

Número Quântico Principal (n)

É o número primordial na determinação da energia de um elétron. Representa o nível de energia do elétron.

Número Quântico Secundário ou Azimutal (l)

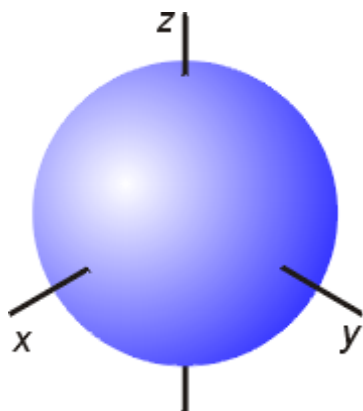
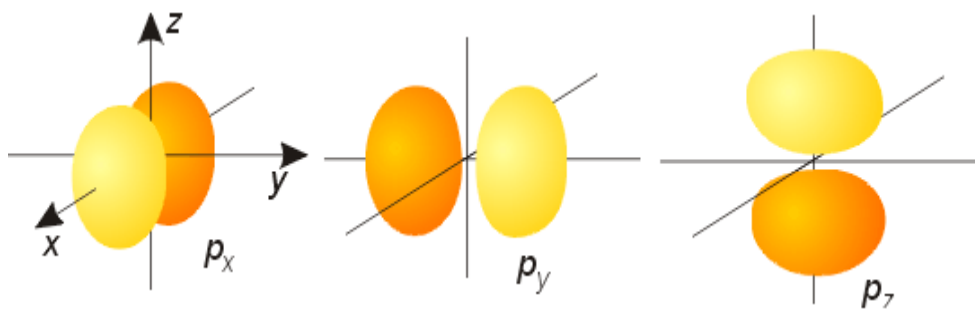
Conforme demonstrado por Sommerfeld, cada nível de energia é constituído por um ou mais subníveis, caracterizados pelos números quânticos secundário e designados pelas letras minúsculas s, p, d, f.

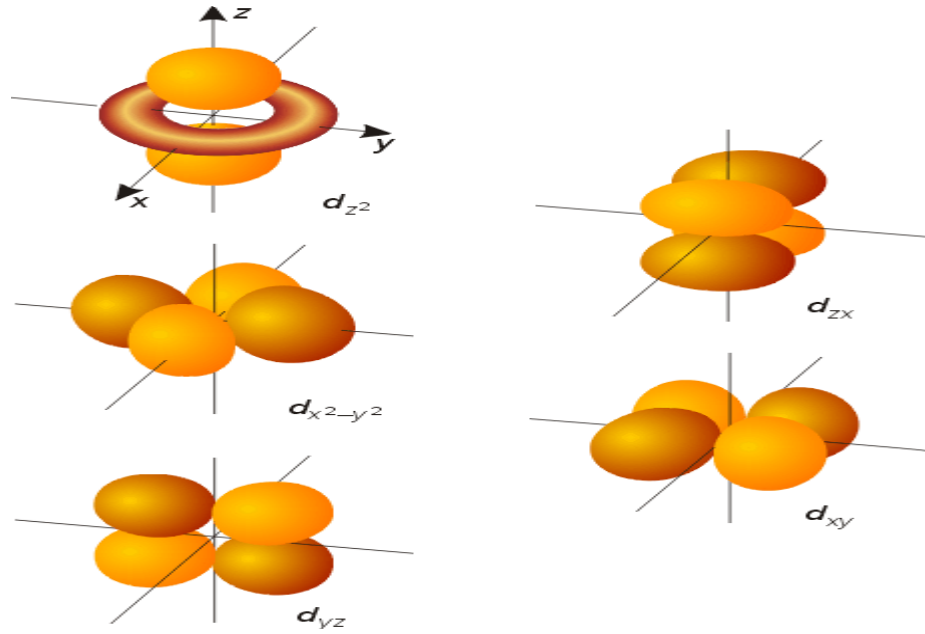
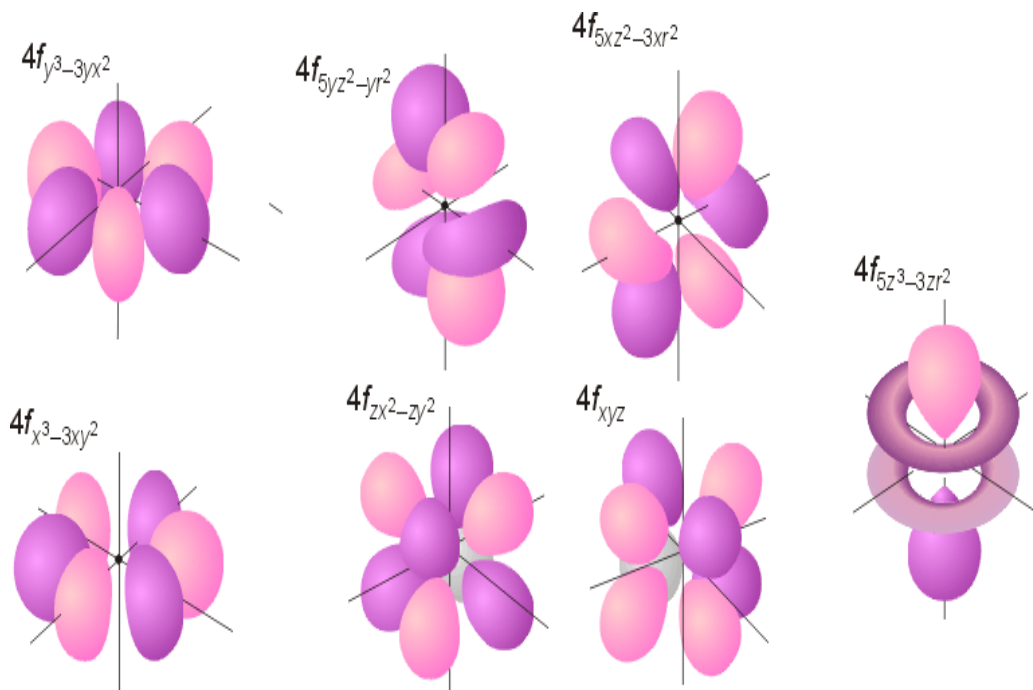
Números Quânticos Magnéticos (m)

O número quântico magnético informa o orbital em que se encontra o elétron. Ele assumirá valores tantos quantos orbitais possuir um subnível com qual ele se relaciona:

Número Quântico SPIN (M_s)

Representa a rotação do elétron.

Figura 8.0 Orbitais**Orbital s:****Orbital p:**

Orbitals d:**Orbitals f:**

www.ufsm.br/nitrico/site/orbiais.htm.

Para finalizarmos nossa discussão, consideremos as proposições de Mortimer (2000) sobre o ensino de modelos atômicos:

Por que se ensinar, então, esses conceitos clássicos? (...) envolvem a construção de algo que é diferente do senso comum, através da superação de analogias superficiais e da prisão perceptiva em que eles se encontram. (...) [a] crítica... pode dar ao aluno a possibilidade de contextualizar essa realidade científica incipiente (...). O reconhecimento dos limites de cada teoria, de cada modelo, (...), é fundamental para se construir uma cultura sobre ciência contextualizada na cultura científica deste final de século. Esse, a nosso ver, é um dos objetivos principais do ensino de ciências. Uma visão do ensino, enquanto construção de concepções mais avançadas e tomadas de consciência do contexto em que as concepções, mais ou menos avançadas, podem ser empregadas através do debate de idéias e da crítica, é fundamental para se alcançar esse objetivo. (MORTINER, 2000, p.118).

Diante de todos esses modelos de átomos construídos Historicamente, tomaremos como base de análise desse conteúdo nos livros didáticos a perspectiva de Gaston Bachelard que situa Historicamente o conhecimento e apresenta referenciais suficientes para uma análise epistemológica adequada. Assim apresentaremos a epistemologia Bachelardiana sempre tentando traçar um paralelo com a utilização da HFC no ensino de Química.

2.6. Bachelard e Epistemologia

Em 27 de junho de 1884 nasce em Bar-Sur-Aube em Champanha na França Gaston Bachelard sempre em contato com elementos básicos da natureza e com uma infância rústica Bachelard aproxima-se da Filosofia e da Poesia.

Trabalhando no sistema de correios francês ele passa a pesar cartas onde desenvolve a idéia de massa e traz sua marca empirista. Embora Licenciado em matemática, ensinava várias disciplinas inclusive filosofia por quem dedica boa parte de sua leitura e em 1940 é convidado a lecionar na Sorbone. Toda sua obra é dedicada ao entendimento da construção do conhecimento científico.

Segundo Calderipe (2003) a epistemologia Bachelardiana apresenta três características:

- Racionalista: devido ao papel atribuído ao sujeito para o ato de conhecer.
- Construtivista: pois é através da ação do sujeito, numa interação dialética com o objeto que o conhecimento é construído.
- Descontinuista: o conhecimento novo é construído através de superação de obstáculos que lhe são impostos pelo conhecimento anterior, mediante um processo de ruptura.

As características racionalista e construtivista da epistemologia de Bachelard se enquadram a uma perspectiva com um pano de fundo histórico deste trabalho. Porém, é no caráter descontinuista da sua epistemologia onde há uma grande proximidade com a defesa do uso da História e Filosofia da Ciência no ensino de Química.

A lentidão dos progressos científicos dá uma impressão de uma continuidade como em um livro. Essa maneira contínua de encarar a ciência reforça a idéia de que o conhecimento produzido foi uma lenta transformação de conhecimentos comuns. Mas existem momentos na ciência que a linearidade não aparece.

Os continuístas entendem o progresso científico como quantidades de incansáveis estudiosos que contribuíram com cálculos, revisões e descobertas. Quanto mais se acredita no continuísmo, mas se reforça a imagem da ciência fácil, ciência elementar como um refinamento de atividades cotidianas.

Alem disso os continuístas gostam de refletir sobre a Genesis da ciência como um caráter elementar entendendo o progresso científico como muito lento e quanto mais lentos mais contínuos eles parecem (BACHELARD 1971).

A idéia de que a história do conhecimento se constrói com os conceitos sendo paulatinamente somados uns aos outros, o entendimento de que existe uma

continuidade entre o conhecimento cotidiano e conhecimento científico, assim como o científico sendo um refinamento das qualidades do cotidiano infelizmente ainda se mantém dominante (LOPES, 2007).

Bachelard critica a idéia da existência de um fio condutor ao longo da história do conhecimento. Na química um exemplo da teoria continuísta criticada por Bachelard é tratar a ciência química como uma derivação da alquimia a partir da justificativa de que os alquimistas utilizavam algumas técnicas que são utilizadas ainda hoje pelos químicos. Em um caso como este é desconsiderado completamente as visões de mundo que permeiam os dois campos do conhecimento.

Bachelard introduz a concepção de descontinuidade na construção do conhecimento científico por intermédio das concepções de ruptura que se apresenta tanto entre conhecimento cotidiano e o científico quanto no próprio desenvolvimento da ciência (LOPES 2007).

Um exemplo de um descontínuismo na química é a mudança de paradigma do modelo atômico de Rutherford para o de Bohr. Nesse caso houve uma ruptura não linear no modo de pensar a matéria.

Nesse sentido, Bachelard comenta que temos que demonstrar que aquilo que o homem faz em uma técnica científica não existe na natureza, sendo assim não é uma continuidade de fenômenos naturais.

Não é apenas na química que ocorreram essas descontinuidades e rupturas, na física temos o exemplo das radiações emitidas por um corpo aquecido. Essas radiações experimentalmente não estavam de acordo com a previsão teórica, então é proposta por Plank uma espécie de radiações não uniformes de energias quantizadas. Algo completamente novo que não era uma continuidade linear daquilo que se estudava.

Os cientistas não encaram essas mudanças facilmente como foi a mudança do caso descrito acima. Assim os cientistas tentam a todo custo não entrar em conflitos com teorias vigentes e nem sair do conjunto de paradigmas na qual pertencem.

Se discutirmos as revoluções na ciência devemos examinar mais de perto o que aconteceu... quando Planck abordou pela primeira vez esse assunto, ele não tinha o desejo de modificar seriamente a física clássica. Seu estilo sempre foi conservador. Ele queria resolver um problema específico... Tentou fazer isso seguindo todas as leis físicas aceitas, e levou muitos anos para descobrir que era impossível. Somente nesse estágio ele formulou uma hipótese que não se enquadrava no arcabouço da física clássica e, mesmo assim, procurou preencher a lacuna que havia criado na antiga física com pressupostos adicionais. Isso se revelou impossível, e as consequências da hipótese de Planck acabaram levando à reconstrução *de toda física* (HEISENBERG, APUD CALDERIPE, 2003, p 84).

Assim ao fazer uso do dispositivo HFC para facilitar o entendimento dos conceitos na Química através de uma ótica de Bachelard devemos levar em consideração que assim como Bachelard apresenta em sua epistemologia, a característica descontinuista a ciência também evolui de igual forma.

A maneira descontinuista de entender a ciência que Bachelard propõe, é adequada a uma abordagem Histórica no ensino de química. É dentro desse referencial descontinuista Bachelardiano que será feita a análise dos livros didáticos tentando identificar no capítulo de modelos atômicos se a abordagem Histórica está sendo feita de maneira descontinuista.

Entender essa descontinuidade da Química é um salto qualitativo no fazer ciência, mas olhar o passado com os olhos de hoje exige muitos cuidados que devem ser levados em consideração ao fazer uma abordagem Histórica em um conteúdo de Química, pois esse conteúdo tem uma História que Bachelard chama de recorrência Histórica.

2.6.1. A Recorrência Histórica de Bachelard

A característica Racionalista da epistemologia de Bachelard quando atribui ao sujeito o papel no ato de conhecer, é uma característica Racionalista Dialética, pois a idéia de

superação na dialética Hegeliana também reconhece uma historicidade no conhecimento. E o Racionalismo Bachelardiano também reconhece essa historicidade.

O racionalismo Dialético de Bachelard valoriza o movimento que vai da razão a experiência. **É recorrente conhecer o presente e interpretar o passado sem restabelecer as mentalidades.** Para fazer uso da HFC, essa interpretação deve ser feita nos dias de hoje sem perder de vista as concepções do passado assim podemos observar as rupturas que ocorrem ao longo das construções científicas.

Para Bachelard o historiador deve conhecer o presente para julgar o passado, porém não no sentido de ver no passado a preparação para o presente, mas sim de, a partir do presente questionar os valores do passado e suas interpretações(LOPES, 2007) .

A história do desenvolvimento dos fatos deve vir acompanhada da história do desenvolvimento dos valores racionais. Tais valores se constituem a partir de um racionalismo abrangente: o valor de uma idéia não depende apenas da idéia em si, mas da relação dessa idéia com a clareza de outras idéias. A história recorrente é assim uma história que se esclarece pela finalidade do presente: é preciso partir das certezas do presente para descobrir, no passado, as formações progressivas da verdade. (LOPES, 2007, p. 39).

As rupturas que ocorrem entre as construções não necessariamente anulam o conhecimento que foi produzido anteriormente, os novos e os conhecimentos anteriores podem conviver paralelamente cada um atendendo suas explicações para um mesmo fenômeno em níveis diferentes. Assim, uma teoria **não** anula completamente a outra. Esse não para Bachelard tem um peso diferente e é a partir desse **não** que ele propõe parte de sua filosofia.

2.6.2. A Filosofia do Não de Bachelard

No decorrer do conhecimento científico é que analisando as “recorrências históricas” que encontramos as discontinuidades e rupturas, assim Bachelard elaborou A Filosofia do Não. Onde As teorias anteriores não precisam ser modificadas porque há domínios onde essas teorias são completamente aceitáveis e outros domínios que não são.

Segundo Lopes (2007) para Bachelard as rupturas no conhecimento científico não ocorrem apenas em relação ao conhecimento cotidiano, mas também no decorrer do próprio desenvolvimento científico. Não existe um contínuo racional na história do conhecimento científico: Química quântica diz não a química lavoisieriana (energia e massa).

O não (não implica no completo abandono das teorias construídas anteriormente). Essa negação trata-se de reordenar de ir além de seus pressupostos, trata-se de introduzir uma nova racionalidade. A dialética da filosofia do não tem relação com a dialética hegeliana (não é mera vontade de negação). Essa filosofia tem um sentido de diálogo um movimento complementar.

Uma abordagem contextual fazendo uso da HFC deve aproximar-se dessa perspectiva Bachelardiana na construção conceitual. Os livros didáticos cujos autores pretendem fazer uma abordagem contextual não devem confundir com a concepção Bachelardiana com a Marxista, onde a dialética é um movimento interno de produção de realidade, cujo motor é a contradição que se estabelece nas condições históricas e sociais reais.

Então na Filosofia do **não** a dialética de Bachelard não tem relação com a dialética Hegeliana, não há contradição interna tese-antítese, a filosofia de Bachelard não é mera vontade de negação e sim uma necessidade de complementação.

Para compreender fenômenos complexos devemos juntar noções, a princípio antagônicas, mas ao mesmo tempo complementares.

é evidente que duas teorias podem pertencer a dois corpos de racionalidade diferentes e que se podem opor em determinados pontos permanecendo válidas individualmente no seu próprio corpo de racionalidade(BACHELARD,1988, p.140 apud LOPES, 2007).

Entender essas complementaridades em lugar dos antagonismos exige maturidade e superação de algumas dificuldades geradas por pensamentos que não valorizam essas

complementaridades. Trabalhar o conteúdo químico de maneira linear pode gerar obstáculos que Bachelard também analisa em sua filosofia.

2.6.3. Os Obstáculos Epistemológicos na perspectiva de Bachelard.

A etnologia da palavra obstáculos, de acordo com o Houaiss (2001), significa algo que impede ou atrapalha o movimento, a progressão de alguém ou alguma coisa, impedimento, empecilho, embaraço, resistência.

No que se refere à construção do conhecimento científico temos:

Todo conhecimento científico precisa destruir a opinião. Mesmo quando a ciência concorda com o conhecimento empírico, suas razões são outras, isto é, o conhecimento científico se processa, destruindo conhecimentos mal acabados pelo cotidiano, superando vários obstáculos. A evolução do pensamento científico se processa contra obstáculos epistemológicos, ou seja, lentidões e conflitos inerentes ao próprio ato de conhecer (BACHELARD, 1938, p.17).

Os obstáculos descritos por Bachelard são: **O CONHECIMENTO COTIDIANO; A GENERALIDADE; HÁBITOS DE NATUREZA VERBAL; OBSTÁCULO SUBSTANCIALISTA; OBSTÁCULO ANIMISTA** (BACHELARD, 1971).

- Conhecimento cotidiano

Interpretado como o primeiro obstáculo na formação do espírito científico, por conduzir a erros que devem ser ratificados. Erros levados pelo impulso é um fenômeno corriqueiro.

Esse obstáculo é impulsionado pelo colorido do cotidiano tem uma tendência em generalizar a experiência imediata, além disso, apresenta um caráter ilusório, pois admira as imagens vistas de forma demasiada.

Esse tipo de obstáculo empirista busca variedades dando ênfase ao maior número de dados advindos da observação. A experiência inicial é a experiência situada antes e

acima da crítica, que é necessariamente um elemento integrante do espírito científico. (BACHELARD, 1971).

A experiência inicial não pode, em caso algum, constituir um apoio seguro, essa experiência se baseia num sensualismo mais ou menos sincero, mais ou menos romanceado, e que pretende receber diretamente as suas lições de um dado claro, nítido, seguro, constante, sempre oferecido ao um espírito sempre aberto.... o espírito científico tem de se formar contra o entusiasmo natural, contra o fato colorido e variado.(BACHELARD,1971,p.170).

O que fica claro é que para Bachelard é preciso ultrapassar as aparências, pois o aparente é sempre fonte de enganos, de erros, e o conhecimento científico se estrutura por intermédio da superação desses erros em um constante processo de ruptura com o que se pensava que era conhecido.

Para Bachelard a ciência não capta o real, ela indica a direção e a organização intelectual, segundo as quais é possível se assegurar que se aproxima do real.

Segundo Lopes (2007) a realidade de um objeto que se apresenta aos olhos, que pode ser tocado, que possui lugar e forma definidos , não é a mesma da realidade de uma molécula, a qual constitui e é constituída pela teoria molecular a ela subjacente.

Devemos psicanalisar o conhecimento objetivo, ou seja, retirar todo caráter subjetivo que induz ao erro, pois o que existe de mais imediato nas experiências primeiras somos nós mesmos.

Ao espetáculo dos fenômenos mais interessantes, mais espantosos, o homem vai naturalmente com todos os seus desejos, com todas as suas paixões, com toda sua alma. Não é, pois, de admirar que o primeiro conhecimento objetivo seja um primeiro erro.

- A generalidade

Segundo obstáculo epistemológico. As repetidas experiências mal interpretadas (tabelas de observação) levam a generalização. Tudo é explicado tudo é generalizado.

Esse obstáculo apresenta o conhecimento como unitário e pragmático com um caráter utilitário tudo serve para tudo. Além de uma atração pelo universal onde ocorre generalizações para os mais diversos domínios.

Muitas conclusões gerais são resumidas em tabelas a serem preenchidas. Para Bachelard a tabela vem a ser a base de um conhecimento estático e é a idéia constitutiva do empirismo clássico. Por isso a construção de tabelas a partir da lei empírica é um obstáculo a ser vencido (CALDERIPE, 2003).

- Hábitos de natureza verbal

Terceiro obstáculo na formação do espírito científico. É identificado quando ocorre, por exemplo, a utilização de uma única imagem ou uma única palavra com a intenção de ser suficiente para toda explicação de um fenômeno.

Além de imagem e palavra fazer uso demasiado de metáforas reforça o aparecimento do obstáculo em questão. Bachelard não é totalmente contra o uso de metáforas, mas é contra o uso abusivo de imagens usuais. Ele critica o uso das metáforas quando passamos a nos agarrar a elas e não sentimos mais as necessidades de explicações.

Segundo Calderipe (2003), o obstáculo é nítido quando as metáforas suprem qualquer necessidade de maiores explicações. O acúmulo de imagens prejudica a razão e impede a visão abstrata e nítida dos problemas reais. Impede a evolução do pensamento que necessita afastar-se das imagens primitivas.

Bachelard chama atenção para o perigo das imagens porque nem sempre são imagens passageiras, pois tendem a completar-se. Segundo Bachelard é na mentalidade pré-

científica que a imagem entra antes da teoria, enquanto na mentalidade científica ela entra depois. Já suficientemente pensada e explicada.

- Obstáculo substancialista

Este obstáculo atribui a substância qualidade diversa. A substância além de ter um interior passa a ser o próprio interior. Assim uma qualidade é tão mais substancial quanto mais íntima for.

Nessa perspectiva um conjunto de propriedades é visto como pertencente a determinada substância as qualidades são encaradas como atributos das substâncias, deixando de considerar que as substâncias são inteiramente relativas umas às outras e suas propriedades são frutos de suas relações.

Um exemplo clássico é no exame da cor do metal ouro. Na perspectiva substancialista, o amarelo, evidente ao conhecimento comum, é tipicamente uma característica do ouro. Mas em lâminas muito finas de ouro apresentam-se um jogo de cores variadas de acordo com a espessura.

Outro exemplo de substancialismo é explicar diferentes manifestações de qualidade íntima a partir de uma intensidade variável. É comum alunos considerarem e relacionarem a força de um ácido com o número de hidrogênios ionizáveis com essa análise o ácido fosfórico (H_3PO_4) seria mais forte em relação ao clorídrico (HCl). O que não ocorre pois a interação com a água também determina a força de um ácido.

O obstáculo substancialista é constituído por intuições muito dispersas, por uma tendência quase natural, o espírito científico condensa num objeto todos os conhecimentos... atribui à substância qualidades diversas prevalecendo da experiência externa evidente, as escapando à crítica pelo mergulho na intimidade (BACHELARD, 1938, p.121).

Para Bachelard (1938) a substancialização de uma qualidade imediata percebida numa intuição direta pode entravar os futuros progressos do pensamento científico. Pois falta lhe o percurso teórico que obriga o espírito científico a criticar a sensação.

- Obstáculo animista

Esse obstáculo da vivacidade aos fenômenos naturais a partir de fenômenos biológicos como meio de explicação aos acontecimentos da natureza. Assim a vida anima as substâncias com grande valor.

Esse tipo de obstáculo segundo Lopes (2007) provocado pela presença da vida é freqüente nos livros didáticos são marcantes os conceitos apresentados dotados de vida onde as tentativas de explicação mostram-se carregadas de metáforas tendo por base o ser vivente.

É importante a história no ensino de ciências no sentido de tentar superar esses obstáculos com um intuito de se fazer um ensino dos problemas científicos e não dos resultados científicos.

É consideravelmente importante destacar a história do progresso do conhecimento, nada se assemelhando as pequenas introduções históricas apresentadas nos livros didáticos de química.

Essa forma resumida de apresentar a história no início dos capítulos assumem apenas um caráter ilustrativo, pois acabam transformando grandes questões científicas com muitos problemas filosóficos em mero conjunto de informações carregada de um empirismo simplista.

A história da ciência deve está presente no ensino, fortalecendo o pensamento científico pela colocação das lutas entre idéias e fatos que constituíram o progresso do conhecimento.

Segundo Lopes (2007) à medida que se estuda a história das ciências, é possível perceber um paralelismo entre certos erros dos alunos e certos erros históricos.

Bachelard considera a história das ciências como uma escola que permite entender as progressivas construções racionais.

O conhecimento dos erros possibilita entender o que obstaculiza o conhecimento científico. É assim que se constata como muitos desses entraves estão presentes no processo de aprendizagem.

O uso da HFC defendida nesse trabalho leva em consideração todos esses aspectos da epistemologia de Bachelard para um adequado uso dessa ferramenta devemos identificando pontos da teoria e usando-a com criticidade.

Ao escolher uma perspectiva Histórica de atuação, é de fato fundamental o professor tentar entender em que medida se influencia mutuamente o desenvolvimento cognitivo individual e o processo de desenvolvimento histórico conceitual. Uma tentativa de aproximação é feita nesse próximo tópico. Pois para fazer o uso da História como dispositivo didático é necessário que o professor entenda como se dá o processo de aprendizagem.

2.7. O Material Didático e suas possibilidades para o ensino.

A proposta de organização curricular do ensino médio pode ser considerada um avanço do pensamento educacional, no entanto o que na prática acontece é algo incompatível com essa proposta ainda predomina um ensino fragmentado, disciplinar, de visão linear (OCEM, BRASIL, 2006).

Isso pode ser confirmado pelas propostas pedagógicas presentes nos materiais didáticos mais utilizados nas escolas. Mesmo os autores desses materiais afirmando que contemplam as exigências isso não ocorre de fato, pois a contemplação fica no campo das exigências de conteúdos e de aplicações tecnológicas.

Uma análise mais detalhada mostra, no entanto que isso não vai além de tratamentos superficiais, apenas para satisfazer algumas curiosidades que são apontadas. É nessa perspectiva que precisamos fazer uma análise do livro didático no que se refere à utilização da HFC, na perspectiva Bachelardiana, que é uma das ferramentas utilizadas por esses materiais, cabe então, uma discussão preliminar sobre os materiais didáticos.

No processo de construção do conhecimento formal oferecido através das escolas existe uma série de instrumentos que podem ser utilizados pelos professores como auxiliares na prática pedagógica por eles desenvolvida. Esses materiais, são denominados materiais didáticos.

Segundo Lajolo (1996), material didático é definido como conjunto de objetivos envolvidos nas atividades-fim da escola. Tudo aquilo que ajuda a aprendizagem como computadores, livros, cadernos, vídeo, canetas, mapas, lápis de cor, televisão, giz, entre outras coisas. Esses materiais na prática são tão necessários que sem eles seria praticamente impossível haver uma educação formal eficiente, pois basta imaginarmos o que seria de nós se não existissem os livros didáticos onde se encontram armazenados os conteúdos a serem estudados, o caderno onde fazemos as anotações, o quadro as bancas e etc.

Percebe-se que é de extrema importância a utilização desses materiais no ambiente escolar e de sala de aula, porém nem sempre todos esses materiais estão disponíveis nas escolas. Isso ocorre por vários motivos tais como: falta de recursos, falta compromisso da gestão, falta de incentivos etc.

Mas nem por isso as escolas fecham às portas, a resistência dos que fazem educação surpreende em todos os níveis.

Diante de uma tão variada gama de instrumentos didáticos, existem aqueles mais importantes e por isso mais necessários que não podem faltar nas escolas como, por exemplo, os livros didáticos.

2.7.1. O Livro Didático como instrumento de ensino-aprendizagem.

O livro didático é sem dúvida considerado pela maioria das pessoas como o material didático mais importante presente na escola. Quando se fala em livro didático todos têm em maior ou menor grau alguma idéia formada a seu respeito quanto a sua importância, utilização e qualidade, comercialização, eficiência.

Mas, quando se trata em definir livro didático, as idéias são variadas, pois, não é fácil defini-lo devido a complexidade que o envolve. Porém, em nossa pesquisa encontramos algumas definições que podem nos ajudar a entender o que venha a ser o livro didático.

Segundo Lopes (1992), o livro didático é um facilitador do processo de ensino – aprendizagem por se tratar de uma obra complexa com conceitos atividades e técnicas visuais como figuras e gráficos.

Do ponto de vista do autor de livros didáticos Meksenas (1996), que publicou um artigo sobre “o papel social dos autores de livros didáticos” o livro didático é definido como “elemento organizador da prática docente”, “material complementar as práticas de professores e alunos” e ainda como “material que possibilita a prática docente eficiente”.

Lajolo (1996), em uma definição um pouco diferente, pois, segundo ela, didático é o livro que vai ser utilizado em aulas e cursos, que provavelmente foi escrito, editado, vendido e comprado, tendo em vista essa utilização escolar e sistemática. Aqui, o livro não é definido como agente facilitador, mas como o instrumento que sistematiza a prática escolar. Essa sistematização muitas vezes determina a prática pedagógica do professor tornando-o dependente do livro.

Outra definição diferente sobre o livro didático foi publicada por Bittencourt (1997) como um objeto fruto da produção industrial que sofre interferência de técnicas na sua

produção. Como produto da indústria cultural, o livro é uma mercadoria que se insere no mundo da lucratividade e da competitividade como qualquer outra mercadoria, obedecendo, nesta perspectiva, a lógica da economia capitalista. Assim, o livro não é apenas um objeto facilitador da aprendizagem, mas é também objeto de exploração comercial o que o torna cada vez mais presente no meio escolar.

Já vimos o que é um livro didático e diferentes definições, mas o que torna um livro realmente didático? Por que os paradidáticos não são didáticos? Sobre isso Lajolo (1996) afirmou que para ser considerado didático, um livro precisa ser usado, de forma sistemática, no ensino-aprendizagem de um determinado objeto do conhecimento humano, geralmente já consolidado como disciplina escolar. Ela afirma ainda que num livro didático tudo deva estar em função da situação coletiva da sala de aula, para com ele se aprender conteúdos, valores e atitudes específicas. Assim para ser didático deve ser produzido em função do uso coletivo e não individual do seu conteúdo. Tudo apresenta relação com ambiente de sala de aula.

Ainda sobre os livros didáticos, eles possuem uma característica marcante que os difere dos livros comuns que é a linguagem. Conforme afirma Bittencourt (1997), os conteúdos explícitos surgem em suas páginas em uma linguagem própria, construída especificamente para transmitir um conhecimento oriundo de uma ciência de referência, com conceitos muitas vezes complexos que devem ser entendidos por um público jovem, de crianças e de adolescentes. Essa transposição de um conhecimento erudito para o livro didático deve vir acompanhada de uma linguagem clara e simples que nem sempre é conseguida tornando-o alvo de constantes críticas por parte dos educadores, conforme veremos mais na frente.

Além da linguagem, outra característica dos livros didáticos são os seus conteúdos pedagógicos que se refere à forma como serão construídos os conceitos. Segundo Bittencourt (1997), esses conteúdos pedagógicos são explicitados na forma de atividades exigidas para o trabalho em sala de aula. Eles dependem da concepção de

aprendizagem de seus autores onde os conceitos podem ser construídos ou simplesmente transmitidos aos alunos conforme a concepção de cada um.

Por último, os livros didáticos também trazem consigo um conteúdo ideológico que é segundo Bittencourt (1997), portador de valores de determinados grupos sociais menos favorecidos como negros, os pobres, as mulheres, etc. assim, o livro didático é um aparelho ideológico que pode contribuir ou não para um ensino de qualidade. Podemos concluir que os livros didáticos são agentes facilitadores da aprendizagem com linguagem própria e conteúdos pedagógicos que juntos podem auxiliar os professores na construção do conhecimento.

2.7.2. Utilizando o livro didático na sala de aula.

Como já foi dito, o livro didático é o material mais utilizado em sala de aula por professores e alunos, porém, o relacionamento professor, livro e aluno nem sempre é benéfico e as opiniões quanto a prática didática têm sido motivo de constantes críticas por parte de muitos educadores.

Segundo afirma Lopes (1992), o livro didático não atua como auxiliar do processo de construção do conhecimento, mas como modelo padrão, autoridade absoluta, critério último da verdade: parece modelar os professores. Tudo isso acontece, segundo ela, porque o livro didático traz consigo já pronto o que deveria ser preparado pelo próprio professor: a ordem dos conteúdos, os exercícios, as explicações dos mais variados assuntos, etc. o professor que teve uma má formação acadêmica acaba se acomodando com o livro e se tornando dependente dele para “preparar” suas aulas.

De fato, o uso do livro didático pesa muito sobre o professor, é dele que depende sua boa ou má utilização. Segundo Lajolo (1996), o pior livro pode ficar bom na sala de um bom professor e o melhor livro desanda na sala de um mau professor, pois o melhor livro é apenas um livro, um instrumento auxiliar da aprendizagem. Nesta mesma linha de pensamento está Machado (1996) quando afirma que utilizado de modo adequado,

o livro mais precário é melhor do que nenhum livro, enquanto que o mais sofisticado dos livros pode tornar-se perigoso, se utilizado de modo inadequado.

Os motivos que levam a má utilização dos livros didáticos são diversos, para Bittencourt (1997) as condições de trabalho do professor, cujos salários exigem jornadas em várias escolas e turnos, diminuindo o tempo destinado a preparação de aulas e de materiais pedagógicos explicam a necessidade do livro e o poder que eles tem nas determinações do cotidiano de aula. Machado (1996), também concorda quando diz que os professores abdicam do seu papel de projetar os caminhos a serem trilhados baseados nas experiências, interesses e perspectivas de seus alunos passando a conformar-se como encadeamento de temas propostos pelos livros, e isso ocorrem devido às más condições de trabalho, baixos salários, pouco tempo no preparo das aulas e poucos materiais didáticos disponíveis.

Mas essa dependência dos livros não pode ser generalizada, pois há professores que por motivos diversos preferem não recorrer unicamente ao livro didático e preparam os seus próprios materiais. Outro fato limitante quanto ao uso do livro didático é o seu alto custo que se constitui um peso no orçamento familiar. Isso leva muitas escolas, principalmente os cursinhos de pré-vestibular a adotarem materiais próprios produzidos pelos professores.

Toda essa discussão pode servir para percebermos que o livro tem sido mal utilizado e esse mau uso tem comprometido muito a formação dos estudantes. Cabe agora verificarmos o que pode ser feito para diminuir o grau de dependência do livro didático e torná-lo mais eficiente. A solução começa na formação dos professores que devem desenvolver um senso crítico sobre o livro didático ainda na faculdade, para quando tiverem que escolher um livro possa ter condições de fazer uma boa escolha.

Quanto aos professores que já ensinam, estes devem receber essas orientações em cursos de formação continuada. Outra solução seria oferecer melhores condições de trabalho com salários e jornadas mais justas, colocando mais materiais didáticos a

disposição dos mesmos. Segundo Machado (1996), o papel do livro didático precisa ser redimensionado, diminuindo-se sua importância relativamente a outros instrumentos, como: caderno, materiais de um amplo aspecto que inclui textos para didáticos, não-didáticos, jornais, revistas, redes informacionais, etc..

2.7.3. Algumas críticas ao Livro Didático.

O Ministério da Educação vem desenvolvendo nos últimos anos o seu projeto de avaliação dos livros didáticos tendo já identificado diversos erros conceituais, metodologias de ensino deficientes e atividade que colocam a integridade física dos alunos e professores em risco. Porém esses erros existem e muitos trabalhos de pesquisas já foram realizados em anos anteriores por diversos autores com diferentes pontos de vista que visam a melhoria do ensino em nosso país.

O conhecimento científico é apresentado de forma simplificada pelos autores por meio de analogias que muitas vezes são comparações mal feitas que geram interpretações diversas e que modificam o significado real dos conhecimentos transmitidos(BITTENCOURT,1997).

Sobre isso escreveu Oliveira (1993), afirmando que tornar algo acessível ao leitor não significa transformar esse algo em banalidade. Isso acontece segundo ele por causa da “linguagem e do uso de analogias inadequadas”. Este pensamento está fundamentado nos obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard. Obstáculos são entendidos como os entraves inerentes ao próprio conhecimento científico, que bloqueiam seu desenvolvimento e construção. Esses obstáculos já foram discutidos anteriormente.

Segundo Lopes (1992, p.330), “análise dos obstáculos epistemológicos nos livros didáticos, visa contribuir para que se suplante o fato do professor não compreender porque o aluno não aprende”. Afirma ainda que, não sendo o aluno uma tábula rasa, é preciso ultrapassar os entraves presente em seu conhecimento prévio a fim de se ter uma aprendizagem eficiente.

O que acontece em muitos livros é o exagero nas imagens e figuras comparativas para explicar conceitos científicos complexos. Essas imagens tornam-se um meio fácil, capaz de permitir aos alunos associações imediatas com as idéias que lhe são familiares, mas não há problematização dos conceitos nem tampouco o desenvolvimento do raciocínio do aluno de forma que, se o tema for mais aprofundado pelo professor, a explicação do livro se torna fraca e ineficiente.

Outro fato que merece uma atenção especial nos livros didáticos são os conteúdos ideológicos que vêm inseridos no seu conteúdo e são responsáveis pela transmissão de valores de interesse de um determinado grupo ou classe de pessoas que exercem algum tipo de poder sobre os autores e editores.

Essa ideologia não deve ser vista necessariamente como um mal, pois toda a obra literária traz consigo um conteúdo ideológico de acordo com a visão de mundo dos autores. Sobre isso Oliveira (1993) afirma que existem ideologias historicamente necessárias e ideologias arbitrárias onde as primeiras representam um conjunto de idéias que permite aos homens tomar consciência de sua posição, criando um senso crítico capaz de torná-los agentes sociais transformadores, já as segunda, tendem a refletir os interesses de indivíduos ou grupos particulares.

Neste contexto se encontram os preconceitos que muitas vezes são vistos nos livros didáticos que visam atingir grupos sociais menos favorecidos como os homossexuais, as mulheres, os negros, etc. conforme observado em diversas obras.

As críticas ainda se estendem onde destaca-se a natureza conservadora da pedagogia científica. Os conceitos são passados com “explicações exemplares” que funcionam como provas de verdade onde estudantes aceitam tudo sem questionar nada. Além disso, a forma como são passados os conteúdos muitas vezes não tem quase diferença de uma obra para a outra até os mesmos exemplos e exercícios já foram encontrados em obras diferentes. Sobre isso Lajolo (1996), afirma que muitas vezes o livro didático é

inadequado pela irrelevância do que diz, pela monotonia dos exercícios que propõe e pela falta de sentido das atividades que sugere.

Machado (1996) descreveu as críticas aos livros didáticos sobre três aspectos: qualidade, custo e atualização. Segundo ele a qualidade do livro não deve passar apenas pela presença ou não de erros conceituais, mas é preciso avaliá-lo pelo seu projeto global, pelo que apresenta de positivo. Ele afirma ainda que muitas vezes os livros mais adotados estão entre os que menos acrescentam em idéias para um fecundo trabalho em classe.

No que se refere ao custo, este poderia ser mais baixo se houvesse disposição por parte das editoras em produzir “modelos populares”, o que não significaria abdicar da qualidade, com uso de papéis mais baratos e de poucas cores nas impressões. Outra alternativa seria a criação por parte do governo de estratégias que tornassem o valor de venda ao público igual ao vendido aos órgãos governamentais, isso facilitaria seu acesso a um público bem mais amplo.

Por fim, a atualização dos conteúdos que é muito criticado pelos professores é vista por ele como não existente. Para ele, os conteúdos são atualizados, mas a forma como são ensinados é que está errada, pois deveriam levar em consideração as múltiplas relações, envolvendo diferentes áreas do conhecimento. Mas, em geral os conteúdos tratados nas diversas áreas do conhecimento são vistos de forma isolada como se dependessem apenas de uma determinada área do conhecimento científico.

As sugestões mais indicadas depois de todas essas discussões podem ser sistematizadas:

- Avaliação sistemática do MEC para verificar os conteúdos dos livros didáticos. Este trabalho já vem sendo realizado desde 1996;
- Diminuir a importância do livro didático tendo em vista a utilização de outros materiais que podem ajudar o professor no preparo das suas aulas;

- Investir na formação dos professores e na valorização da profissão com melhores salários, diminuição da jornada de trabalho, incentivos a pesquisa, etc.;
- Tornar o acesso ao livro mais fácil com criação de bibliotecas, melhor distribuição dos livros e baixo custo, entre outras soluções.

2.7.4. Os Parâmetros Curriculares e o Livro Didático

Os parâmetros curriculares nacionais foram elaborados a fim de se construir referências nacionais comuns ao processo educativo em todas as regiões brasileiras. Esses parâmetros se constituem de conhecimentos necessários ao exercício da cidadania.

Um de seus objetivos é que os alunos sejam capazes de perceber-se integrante, dependente e agente transformador do ambiente, identificando seus elementos e as interações sobre eles, contribuindo ativamente para a melhoria do Meio ambiente.

Assim cabe aos livros didáticos de ciências se adequarem as orientações estabelecidas nesses parâmetros, abordando a questão ambiental de forma crítica, com uma postura que não se limite à mera descrição de suas teorias, mas que reflitam também sobre seus aspectos éticos e culturais.

Um caminho encontrado para aumentar a interação do aluno com o meio social é a abordagem de temas relacionados com o seu cotidiano. A leitura dos parâmetros curriculares nos leva a acreditar que é de fundamental importância garantir estudos sobre o ambiente onde vive o aluno é um recurso essencial à cidadania. É importante que os alunos entrem em contato direto com o que estão estudando de forma que o ensino dos ambientes não seja exclusivamente livresco.

Dessa afirmação podemos concluir que os livros didáticos devem trazer temas que estão relacionados com o cotidiano do aluno e cabe aos professores fazer a aplicação dos mesmos não se prendendo apenas ao livro, mas buscando outras maneiras que

ponham os alunos em contato direto com o objeto de estudo encontrado no meio onde ele vive.

2.7.5. Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio e HFC.

O Programa Nacional do Livro para o Ensino médio (PNLEM) foi planejado para apresentar os professores a estrutura das obras, uma análise crítica dos aspectos conceituais, metodológicos e éticos, e algumas sugestões para a prática pedagógica a partir do PNLEM o catálogo das obras de Química 2008 mostra quais os livros recomendados e os critérios de análises.

O PNLEM estabelece critérios para análise dos livros, em específicos os de química, foram separados em dois tipos de critérios os **eliminatórios** e de **qualificação**.

A não observância de qualquer um desses critérios, por parte de uma obra didática, resultará em uma proposta contrária aos objetivos a que ele deveria servir o que justificará sua exclusão do PNLEM (PNLEM, 2008.p.13).

Os critérios eliminatórios são:

- Correção e adequação conceituais e correção das informações básicas.

Analisa se a obra formula erroneamente os conceitos, se fornece informações atualizadas, se mobiliza informações que leve ao aluno a construir conceitos e procedimentos.

- Coerência e pertinência metodológica

Analisa se o livro explicita suas escolhas metodológicas, e se a apresenta de maneira articulada e coerente, alertando para os riscos de realização de atividades e recomendando cuidados para prevenir esses riscos na hora da execução.

- Preceitos éticos

Analisa a obra no sentido de privilegiar determinado grupo ou camada social, veicular preconceitos de origem, cor, condição econômico-social. Divulgar matéria contrária a legislação vigente ou que promova idéias de desrespeito ao meio ambiente.

Os critérios de qualificação são:

- Aspectos sobre correção conceitual e compreensão.

Tratamento conceitual apropriado, redação clara e objetiva, vocabulário específico, utilização correta da linguagem.

- Aspectos pedagógicos metodológicos

Apresentação do conceito científico de forma adequada usa de conhecimentos prévios, estímulo ao desenvolvimento de habilidades, apresentação de conteúdos relacionados ao contexto, estímulo a diferentes formas de abordagem dos conteúdos, incentivo a atividades que exigem trabalho cooperativo, viabilidade de execução de experimentos.

- Aspectos sobre a construção da cidadania

Abordagem crítica das questões de gênero, promoção positiva das minorias, incentivo a uma postura de respeito ao meio ambiente.

- Aspectos sobre o livro do professor

Descrição da estrutura geral da obra, apresentação de orientações claras e precisas para abordagem do conteúdo em sala de aula, presença de sugestões de atividades complementares.

- Aspectos gráficos editoriais

Utilização de recursos gráficos para mostrar hierarquização de estruturas, qualidade da impressão da obra, distribuição e textos e ilustrações de modo a construir uma unidade visual, presença de créditos, adequação as ilustrações à finalidade para qual foram elaboradas, utilização de formatos atendendo critérios de legibilidade.

➤ Aspectos sobre a construção do conceito

Construção de uma compreensão integrada a química, criação de condições para a aprendizagem de Química, abordagem adequada de modelos científicos, abordagem adequada de metodologia científica, proposição de atividades que favorecem formação de espírito científico, proposição de discussões sobre relações entre ciência, tecnologia e sociedade, **valorização da História e Filosofia da Ciência, tratamento Histórico integrado à construção de conceitos envolvidos.**

Percebe-se que o PNLEM estabelece critérios bastante relevantes para facilitar a escolha dos livros didáticos. Porém, no que se refere a utilização da HFC o PNLEM sinaliza para esse dispositivo como opção metodológica, mas não oferece condições para um adequado uso e análise dessa ferramenta.

Esse trabalho visa complementar o PNLEM nessa opção metodológica elaborando um referencial teórico para análise do uso da HFC nos livros didáticos atendendo assim dois critérios de análise do PNLEM e avançando no sentido de criar um método de análise.

3. METODOLOGIA:

Os materiais que os sujeitos escrevem por si próprios também são usados como dados, embora sejam pouco utilizados nas pesquisas. Esses materiais configuram-se como: autobiografias, cartas pessoais, diários, memorandos, minutas de encontro, boletins informativos, documentos sobre políticas, propostas, códigos de ética, declarações de filosofia, **livros do ano**, comunicado à imprensa, livros de recortes, cartas ao editor,

artigos de jornal, ficheiros pessoais e registos individuais e processos (BOGDAN, 1994).

Entendendo os livros didáticos de Química adotados pelo Estado de Pernambuco na sua rede oficial de ensino como sendo um documento oficial foi realizada uma análise documental de textos escritos pelos sujeitos como indica a investigação qualitativa em educação no que se refere a livros didáticos.

Os documentos oficiais têm sido encarados por muitos investigadores como extremamente subjetivos, representando os pensamentos dos seus promotores e, quando escrito para consumo externo, apresentam um retrato brilhante e irreal de como funciona a organização. Por isto, muito investigadores não os consideram importantes, porém pelas mesmas razões os pesquisadores qualitativos os vêem de forma favorável, pois estes não estão à procura da “verdade”, os seus interesses é como a escola ou a organização é definida por várias pessoas. Muitos destes documentos estão facilmente disponíveis para o investigador, embora alguns estejam protegidos por serem privados ou secretos (BOGDAN, 1994).

Na tentativa de facilitar ou até mesmo despertar no professor de química um pensamento crítico, no que diz respeito à escolha dos livros didáticos, foram analisados livros didáticos de química da primeira série do ensino médio quanto ao uso da História da química especificamente no conteúdo de modelos atômicos em uma perspectiva Bachelardiana.

Esse conteúdo pode ser trabalhado com um enfoque histórico dado as diversas descobertas e últimas utilizações no campo social. A aquisição desses conteúdos pelo cidadão é de fundamental importância, na conscientização dos malefícios e benefícios que esse conteúdo no contexto social pode trazer.

3.1. Livros analisados

Os livros didáticos que foram analisados nesta pesquisa foram adotados pelo Governo do Estado de Pernambuco no ano de 2009, na primeira série do ensino médio. Para isso adquirimos um documento oficial da Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco, dando conta de quais os livros de Química adotados neste ano (2009). Além do nível de abrangência desses livros em termos do número de escolas que os adotam. Tendo em vista que ocorrem mudanças de um ano para o outro e o intuito é que a análise seja a mais atual possível.

Quanto ao número de livros, sete livros que foram analisados nessa pesquisa:

- Química, volume 1 de Ricardo Feltre da editora moderna;
- Química, volume 2 de Ricardo Feltre da editora moderna;
- Química, volume 3 de Ricardo Feltre da editora moderna;
- Química, volume 1 de Francisco Miragaia Peruzzo e Eduardo Leite do Canto da editora moderna;
- Química, volume 2 de Francisco Miragaia Peruzzo e Eduardo Leite do Canto da editora moderna;
- Química, volumes 3 de Francisco Miragaia Peruzzo e Eduardo Leite do Canto da editora moderna;
- Química e Sociedade, volume único da PEQUIS.

Destes, apenas três abordam o conteúdo escolhido para análise. Já que o Estado propõe certa homogeneidade na utilização dos materiais didáticos à análise documental foi aprofundada em diferentes aspectos e a pesquisa exeqüível.

- Química e Sociedade, volume único da PEQUIS;
- Química, volume 1 de Francisco Miragaia Peruzzo e Eduardo Leite do Canto da editora moderna;
- Química, volume 1 de Ricardo Feltre da editora moderna.

- Os livros foram analisados baseados nos seguintes critérios:

Categorias para análise elaboradas nessa pesquisa para documento oficial, no caso o livro didático, fundamentadas no uso da história da química como um dispositivo didático através das idéias colocadas ao longo do texto.

- O número de páginas que abordam os modelos atômicos no livro:

A utilização desse critério é de fato importante, pois teremos uma idéia da importância dada ao conteúdo no livro. Além disso, o número de páginas pode servir para comparações futuras.

- O número de páginas em que encontramos uma abordagem histórica dos modelos atômicos:

Esse critério permite se ter numericamente a quantidade de páginas concebidas a história da química no conceito de modelos atômicos e uma relação percentual com base no total de páginas dada ao assunto. O número de páginas específicas de história dos modelos atômicos nos fornece de certa forma, a importância que o autor passa aos seus leitores sobre o conteúdo específico de história do tema e se ele está realmente utilizando esse instrumento didático.

- Tipo de abordagem histórica:

O tipo de abordagem é extremamente importante quando se querem analisar os livros didáticos, e nos remete a todas as discussões anteriores sobre o uso da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química.

Nesse critério foi analisado se a abordagem está ou não de forma contextualizada, isto é, se aborda não só a descoberta científica, mas também a época, as circunstâncias sociais e políticas em que se encontravam os descobridores. Este critério também será usado no intuito de analisar se a informação histórica é de fato relevante ou não para o aprendizado efetivo do conteúdo dos modelos atômicos.

A questão da humanização do cientista também foi levado em consideração os embates científicos nas construções das idéias e as questões de gênero na ciência.

A visão não linear da ciência ou contextual foi avaliada nesse critério avaliando se essa visão aparece ou simplesmente vem em forma de referência ou de fato contribui para construção dos conceitos.

A forma como é feita a abordagem pode também fornecer um fator extremamente importante na forma de construção do estudo dos modelos atômicos. Analisa o momento adequado da introdução da informação, o que permite analisar se as informações históricas são expostas gradativamente, mostrando as descobertas através de uma cronologia natural. O tipo de abordagem mostrará a forma filosófica que o autor vê o desenvolvimento da ciência, se ele encara a ciência de uma forma positivista ou aproxima a química de uma forma mutável de encarar o seu desenvolvimento.

➤ Hipertexto:

Um texto que permita uma construção multidimensional do conhecimento. Textos que possam de alguma maneira ajudar a compreensão da construção do conceito químico, como trechos de textos antigos, transcrições de anotações originais, mapa de localização de onde o fato ocorreu, recortes de jornais ou revistas que tratem do assunto de forma atual, contextos políticos e econômicos da época, tudo que possa ajudar ao aluno e ao professor a entender melhor a descoberta científica e suas implicações na sociedade.

➤ Exercícios que abordam a História da Química:

A escolha de uma abordagem histórica de um tema deve necessariamente vir acompanhada de um processo avaliativo que contemple também esse mecanismo. Assim o exercício relacionado com uma perspectiva contextual deve dar oportunidade de o aluno dissertar sobre o tema fazer com que o aluno faça relações históricas escreva sobre o que era previsto nos experimentos históricos científicos.

Os exercícios não devem ser simplesmente de múltipla escolha na qual apenas uma marcação é exigida para resolução da questão é necessário uma reflexão maior na resolução dos exercícios.

Categorias de análise elaboradas na perspectiva Bachelardiana para análise de sua epistemologia nos livros didáticos que propõem o uso da história como ferramenta facilitadora na construção de conceito químico modelos atômicos.

Essas categorias, seus significados e exemplos foram discutidos a partir da página 79 deste trabalho caracterizando cada aspecto relevante a ser considerado na análise que foi feita, foram elas:

- Recorrência histórica
- Filosofia do não
- Obstáculos epistemológicos. (natureza verbal)
- Obstáculos epistemológicos (substancialistas)
- Obstáculos animistas

➤ Generalidades

3.2. Análise dos Dados

- Sobre o referencial teórico:

Toda discussão construída ao longo do trabalho propõe subsídios teóricos suficientes para uma análise da utilização da HFC no livro didático.

Para essa análise foram levados fundamentalmente como pontos relevantes a serem considerados na análise as dificuldades de construção de conceitos químicos por parte dos alunos por diversos motivos desde o foco institucional (escola), como também na formação (professor), sem deixar de fora o material didático que está sendo utilizado.

Para elaboração desse referencial de análise um conhecimento sobre filosofia da ciência é de suma importância, pois é importante a clareza de diferentes pontos de vista de como a ciência se desenvolve e essa discussão também foi conduzida neste trabalho.

Um profundo mergulho na perspectiva Bachelardiana e sua forma de encarar a ciência foi destaque na elaboração desse referencial de análise, pois nesse teórico encontra-se muito de história e filosofia da ciência em sua epistemologia.

As formas mais adequadas de se utilizar a história por parte de alguns teóricos também foram destacadas no trabalho abrindo assim possibilidades para análise do material que o pesquisador teve nas mãos.

Além de uma discussão sobre livros didáticos, material de didático, PCN, PNLEM, OCEM.

Sem a intenção de institucionalizar uma forma única e irreduzível de análise de materiais didáticos essa pesquisa se propôs a indicar alguns caminhos de ação para análise, fazendo com que toda a discussão do texto e com destaque para esses pontos relevantes indicados aqui, fosse possível a elaboração de um referencial de análise, certo consenso mínimo diante dos critérios acima estabelecidos.

O nosso referencial teórico para análise dos livros é a construção do conceito científico levando em conta um panorama histórico defendido ao longo de todo o trabalho, juntamente com o cuidado de ao fazer uso desse panorama não criar obstáculos, numa perspectiva Bachelardiana, capazes de interferirem na construção desse conceito.

Toda a metodologia da análise se baseou na feitura ou não dessas questões ao longo do capítulo de modelos atômicos nos livros didáticos.

- Referencial de Análise

Categorias de análises para documento oficial

- Paralelo entre os percentuais relatados ao número de páginas com ênfase na história da química e páginas relacionadas ao conteúdo específico;**
- Análise da abordagem histórica levando-se em conta contextualização, relevância histórica da informação, momento adequado na construção do modelo, concepção filosófica;**
- Identificação da presença de hipertextos e exercícios com abordagem histórica significativa.**

Categorias de análise na perspectiva Bachelardiana

- **Identificação da presença de recorrência histórica (análise de um passado com as lentes do presente);**
- **Constatação da ausência da filosofia do não (creditar com mais ênfase uma teoria negando possibilidades das outras, hierarquizar teorias);**
- **Reconhecimento de possíveis obstáculos epistemológicos ao longo do capítulo:**
 - **Natureza verbal – mal uso de analogias e imagens**
 - **Substancialista - estender a qualidade do todo a parte**
 - **Animista – inserção de aspectos relacionados a vida onde não há**
 - **Generalidade – abuso das generalizações**

- Sobre o procedimento da análise:

Os livros didáticos escolhidos para a análise foram os livros adotados pela GRE metropolitana sul pertencente ao PNLEM 2009, 2010 e 2011 na disciplina de química como mostra declaração expedida pelo chefe de gestão da regional metropolitana sul no estado de Pernambuco. (anexo 1).

Essa GRE compreende 51 escolas estaduais que adotam esses referidos livros (em anexo) e é a GRE que o pesquisador atua na suas atividade profissional de professor de química.

Tomando como base o número de escolas que essa GRE representa e que estão adotando os livros pesquisados a pesquisa passa a ter um caráter esclarecedor e ao mesmo tempo contribuidor no que se refere a escolha de material didático.

Dos livros listados pela declaração apenas três continham o conteúdo escolhido para análise.

Diante de todo o lido e discutido, foi elaborado um referencial teórico quanto a utilização da HFC no capítulo de modelos atômicos nos livros didáticos e se essa ferramenta do modo que estava sendo utilizada nos livros era capaz de gerar alguns obstáculos na compreensão do conceito. Além disso, se essa utilização desse dispositivo aparecia outros fatores importantes da epistemologia Bachelardiana como filosofia do não e recorrência histórica.

O capítulo de modelos atômicos foi exaustivamente analisado nos três livros no intuito de identificar as categorias escolhidas sempre no referencial construído a partir das leituras dos teóricos presentes em todo o trabalho.

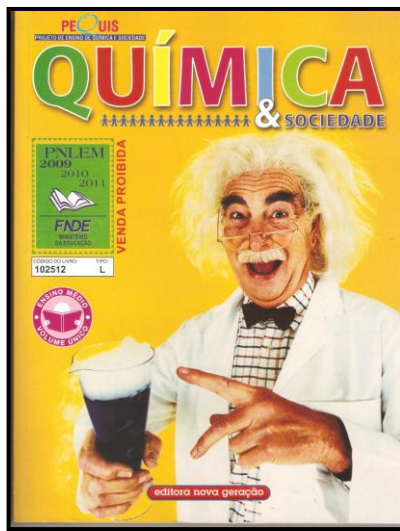
A pesquisa é qualitativa deixando aspectos quantitativos apenas no que se refere ao número de páginas e exercícios, ter-se uma idéia do panorama geral do capítulo quanto ao uso do dispositivo didático.

Não é proposta da pesquisa uma fórmula única para análise nem tão pouco utiliza amarras de enquadramento para mostrar “como deve fazer” e sim mostra uma reflexão do que vem sendo feito, e aponta alguns caminhos que podem ser trilhados.

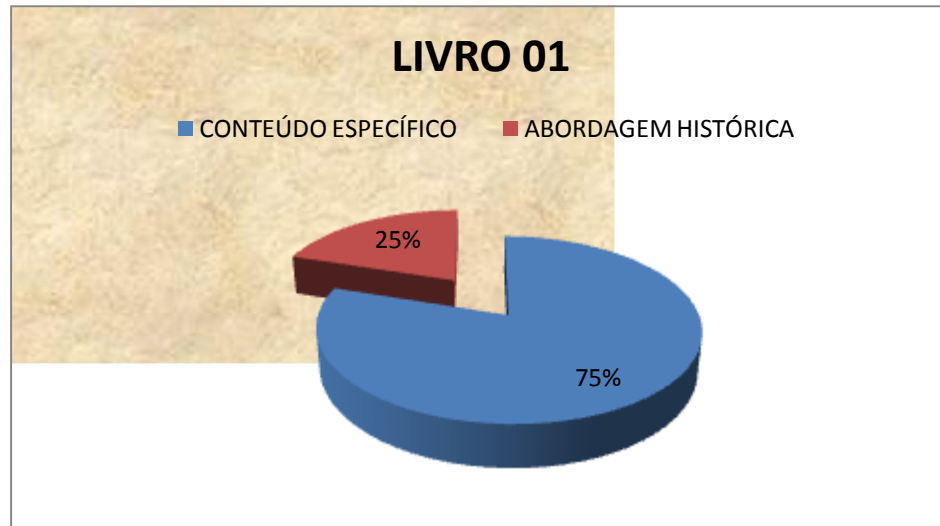
As categorias foram encontradas e interpretadas ao longo dos capítulos de modelos atômicos dos livros e foram feitas as seguintes análises:

RESULTADOS E DISCUSSÕES

LIVRO 01 – QUÍMICA E SOCIEDADE: volume único, ensino médio. Wildson Luiz Pereira dos Santos, Gerson de Souza Mol, (coord.). Editora nova geração, 20078.



O livro destaca 36 páginas ao conteúdo modelos atômicos, dessas páginas 9 delas apresentam, conteúdo histórico no intuito de facilitar a aprendizagem correspondendo em termos percentuais 25% das páginas apresenta algo de histórico na apresentação dos conteúdos.



E essa abordagem histórica a que o livro se propõe fazer inicia muito bem com uma introdução ao estudo de modelos discutindo o início de toda a idéia que são os aspectos filosóficos da natureza da matéria.

Tanto cronologicamente como conceitualmente essa discussão não pode ficar a margem de quem pretende construir conceito de modelos atômicos haja vista a importância desse modelo inicial já discutida nesse trabalho.

O capítulo em questão intitula-se: *as teorias filosóficas sobre a natureza da matéria*. Este capítulo mostra a importância das idéias de Tales de Mileto, Demócrito, Aristóteles para construção do conceito de modelos de átomos.

Ainda sobre este capítulo é importante ressaltar a idéia pouco vista nos livros que é a teoria do flogisto (uma teoria que desencadeou uma série de observações sobre a natureza da matéria.)

A natureza elétrica da matéria é muito bem apresentada antes de introduzir o modelo atômico de Thomson analisando que cargas elétricas eram aquelas que acariciam nos fenômenos de eletrização, discutindo o que será que confere tal característica elétrica a

esses materiais, respeitando toda a descoberta histórica da natureza elétrica da matéria antes de Thomson propor o seu modelo.

Assim também o fez no início da construção histórica do modelo atômico de Rutherford quando também faz jus aos créditos da descoberta e trabalhos sobre radioatividade pois sem essa descoberta o modelo de Rutherford não teria sido proposto, logo a dissociação feita na maioria dos livros não aparece neste ao contrario a associação Rutherford e radioatividade o tempo todo é levada em consideração.

É extremamente importante salientar a humanização do cientista feita pelo livro em uma passagem que deixa claro o embate entre eles como era descrito como primordial quando na construção do nosso referencial de análise para aproximar mais a prática de fazer ciência do nosso aluno. Assim temos em uma parte do livro:

nas primeiras décadas do século xx, o estudo de diversos fenômenos físicos possibilitou debates acirrados entre os cientistas que apresentavam diferentes explicações para o mesmo processo(p. 153)

É evidente nessa passagem a **filosofia do não** de Bachelard, é importante que o aluno perceba que uma teoria não necessariamente anula a outra que se pode ter explicações diferentes para o mesmo fenômenos dependendo de como se apresenta o problema.

Ainda no que se refere à humanização dos cientistas o livro destaca com entusiasmo:

foi nesse ambiente fervilhante de discussões científicas que surgiu um novo modelo para explicar a estrutura do átomo: o modelo quântico (p. 153).

Em 1808, o cientista inglês John Dalton publicou um livro apresentando sua teoria sobre a constituição atômica da matéria o seu trabalho foi amplamente debatido pela comunidade científica e, apesar de ter sido criticado por físicos famosos da época, a partir da segunda metade do século XIX os químicos começaram a se convencer pelas inúmeras evidências que tal modelo era bastante plausível(p. 139)

Citações como estas desmistificam a construção científica como absoluta e detentora da verdade única. Que um passo a frente e qualitativo quando se trabalha com HFC como dispositivo didático.

Também é muito boa a forma como o conteúdo e sua utilização na sociedade moderna quando é destacada a utilização em medicamentos, raio laser e raios ultravioletas.

É notório que o livro em toda trajetória histórica busca sempre um modelo definitivo de átomo como se isso fosse naturalmente encontrado como um desenrolar de um novelo.

Um aspecto extremamente negativo que se deve ressaltar no livro é a questão da linearidade da ciência. Em alguns trechos do livro a visão linear de se entender a ciência é bem clara, sobretudo no que se refere a derrubada de teorias.

a chamada teoria do flogisto foi derrubada no século XVIII com os dados experimentais de Lavoisier.(p.139)

A idéia de que uma teoria derruba a outra que será derrubada por uma nova teoria mostra esse caráter continuísta tão combatido na perspectiva Bachelardiana que prima como já discutido ao longo do trabalho por uma ciência descontinuísta.

No caso em questão a teoria do Flogisto que foi uma teoria que atribuía alma a matéria.

A idéia de continuidade é evidenciada no livro e não considera que as teorias não são simplesmente derrubadas elas complementam-se na maioria das vezes elas não são antagonicamente opostas como também já foi discutido dependendo do nível de análise

pode-se conviver com teorias diferentes, onde cada uma apresenta seu conjunto de paradigmas.

Fugir da idéia continuísta é de fundamental importância para se utilizar a HFC como dispositivo didático como foi discutido durante todo o trabalho na elaboração do nosso referencial, e que segundo ele o livro se equivoca.

Sobre a epistemologia Bachelardiana também podemos destacar aspectos relativos a uma possível aparição de obstáculos epistemológicos por parte do aluno quando do texto do livro o autor atribui cores aos átomos.

A atribuição de cores aos átomos pode gerar um **obstáculo substancialista** uma vez que parte da idéia de que a parte guarda as características do todo. E essa idéia é equivocada, pois átomo nem molécula individualmente não apresentam propriedades específicas como ponto de ebulição, ponto de fusão, densidade.

Mostrar átomos de ouro como amarelos, por exemplo, pode gerar um obstáculo de que o átomo de ouro é amarelo porque o metal ouro é amarelo e assim, o equivocado raciocínio de que os átomos apresentam cor.

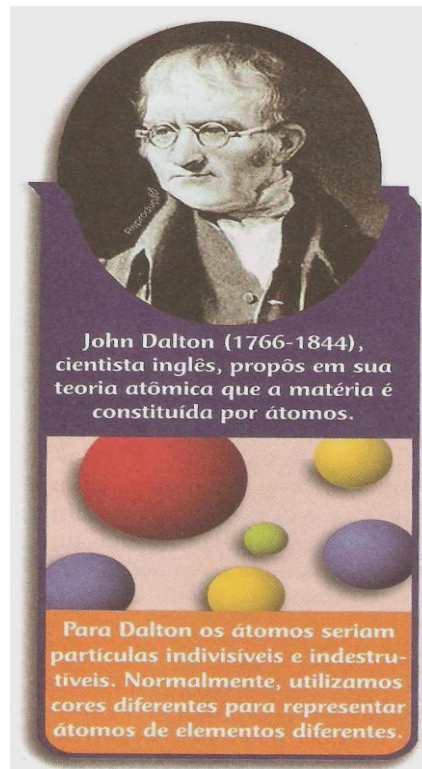


Figura dos átomos de Dalton p.139

Além de obstáculos epistemológicos possíveis, o livro também apresenta cortes na evolução histórica que consideramos primordiais para construção do conceito e assim não poderia ter ficado de fora.

A citação a seguir tenta construir o conceito do modelo de Thomson que utilizou dos desvios das partículas para fazer essa inferência quanto à relação das massas.

posteriormente foi demonstrado que os elétrons têm massa 1840 vezes menor do que a massa do átomo de hidrogênio . (p. 141)

Mas essa relação numérica não é discutida como foi feita? Porque o uso do hidrogênio? Em que momento da evolução histórica isso foi discutido? Todas essas questões são substituídas pela palavra posteriormente.

Assim fica claro que utilizar a HFC nos livros didáticos vem sendo feita de maneira inadvertida e que isso pode desencadear erros de natureza conceitual.

Com relação ainda aos obstáculos epistemológicos no quesito **generalidades** é comum fazer generalizações utilizando analogias e o autor não foge a essa regra ao tentar definir o modelo atômico de Thomson ele recorre a analogia do famoso pudim de passas.

Thomson propôs que os elétrons seriam uma parte constituinte dos átomos. Com base nos conhecimentos da época e em suas observações experimentais, ele propôs um modelo que descrevia o átomo como sendo uma esfera carregada positivamente, na qual estariam incrustados os elétrons, com carga elétrica negativa. Esse modelo pode ser comparado a uma panetone: a carga positiva do átomo corresponderia à massa do panetone, enquanto os elétrons seriam as massas incrustadas nele. (p. 142).

Segundo o estudo, esta analogia está inserida num grupo de 18% daquelas que induzem aos erros conceituais. As autoras destacam essa analogia mostrando que no texto que a acompanha, os próprios autores transferem atributos equivocados do veículo (do análogo) ilustrado para o alvo ao se referir à teoria atômica. (FERRY E NAGEM, 2006).

A história e filosofia da ciência poderiam ser melhores aproveitadas quando se refere a construção do conceito de radioatividade no livro. Ao citar Marie Curie, seria uma boa oportunidade para uma análise com relação a gênero na ciência, mesmo que essa não tenha sido a proposta do autor. Mas a utilização da HFC passa por uma postura emancipatória e conscientizadora logo essas questões também são importantes de serem destacadas.

Quanto a HFC utilizada na construção de modelo de Rutherford o livro não expõe o ineditismo que esse modelo foi e a impressionante discussão em torno dele pelo seu caráter descontinuista.

Apenas ao narrar a experiência feita por Rutherford e os resultados obtidos por ele o autor em seguida mostra o modelo atômico sem citar qualquer entrave da época sobre o ineditismo de Rutherford.

Como é evidenciado no artigo de Niaz sobre a conclusão e aceitação do átomo de Rutherford:

O átomo nuclear de Rutherford não prevaleceu por causa da evidência a seu favor – prevaleceu devido ao seu extraordinário poder de explicação [...] explicação para grandes áreas problemáticas em química, particularmente considerando a natureza dos elementos e as regularidades e diferenças entre eles (NIAZ, 2009, p.12).

Esse ineditismo e avanço do modelo de Rutherford não são discutidos no livro do relato da experiência vai para a conclusão do modelo.

No que se refere a descoberta do nêutron o autor se limita duas linhas ao dizer que o físico inglês Chadwick determinou a presença de nêutrons (já com esse nome) como resultado do bombardeamento de berílio com partículas alfa. Não traz nenhuma discussão da experiência, nada com relação à partícula, massa e carga, ou seja, nenhuma discussão mínima plausível.

Nesse sentido o equívoco do uso da HFC é muito grande, pois apenas narra o fato conta a história pela história sem interferências nem discussões apenas os nomes as datas e os fatos.

Ainda sobre o modelo de Rutherford e relacionando com a epistemologia de Bachelard temos também presentes **hábitos de natureza verbal** no que se refere às analogias e metáforas.

Sistematicamente o uso de metáforas nesse modelo aparece quando faz uma relação com o sistema solar ou um campo de futebol.

Como já foi dito nesse trabalho a epistemologia Bachelardiana chama atenção para o perigo das imagens porque nem sempre são imagens passageiras, pois tendem a completar-se. Segundo Bachelard é na mentalidade pré-científica que a imagem entra antes da teoria, enquanto na mentalidade científica ela entra depois., já suficientemente pensada e explicada.

Logo é muito perigoso o uso das imagens inadvertidamente sem que se façam essas análises antes de utilizá-las. Mas essa imagem do modelo atômico de Rutherford é utilizada repetidas vezes, inclusive dito pelo próprio autor:

O modelo de Rutherford é uma ferramenta básica para o estudo da química no ensino médio. De forma simples e clara, ele permite explicar uma série de processos químicos. Por isso, é importante que você compreenda suas principais características. Por diversas vezes ele será representado em figuras. (p. 146)

Como já foi discutida ao longo do trabalho a representação de imagens nem sempre melhora a compreensão.

No que se refere à **recorrência histórica** o livro infelizmente também traz esse equívoco na abordagem histórica contextual.

lembre-se que o modelo de Bohr não representa adequadamente o movimento dos elétrons, pois hoje sabemos que eles não giram em órbitas(p. 156)

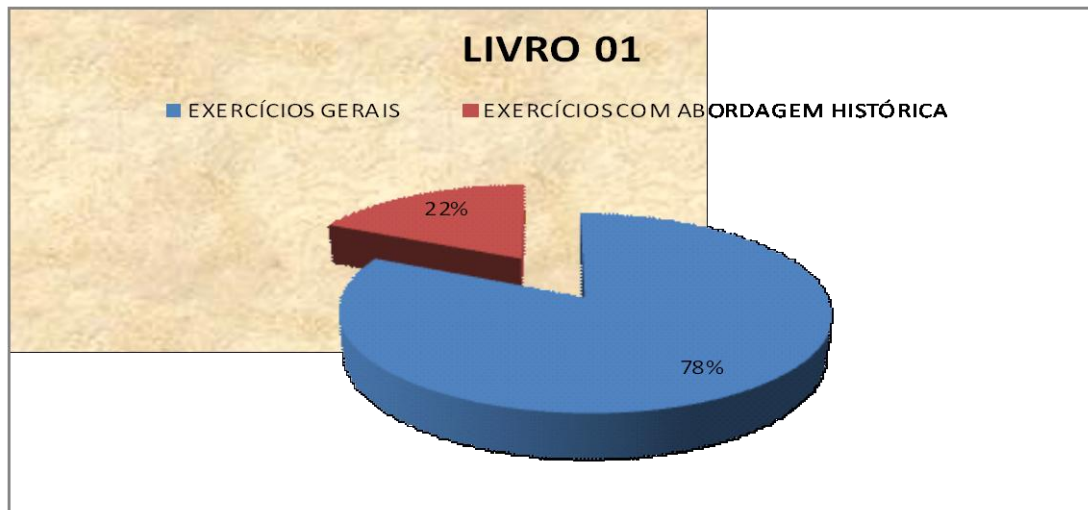
Como a epistemologia de Bachelard chama atenção é recorrente analisar o passado com os olhos de hoje. Não deveria ser destacado o que o modelo de Bohr traz de erro com os olhos de hoje, mas o que ele podia trazer de acerto ou o que ele trouxe de contribuição.

O modelo atual que por sinal está ausente no livro não é a verdade única nem consenso na comunidade científica sobre esse modelo nada é comentado no livro

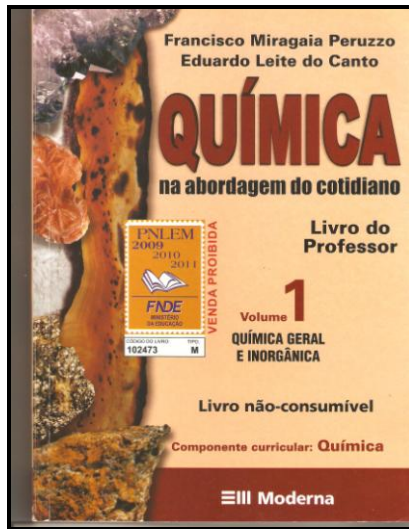
nomes que contribuíram para evolução histórica dos modelos atômicos estão de fora da obra nomes como os de Sommerfeld, de Broglie e Heisenberg.

Poucos **hipertextos** históricos resumidos a datas de nascimentos e óbito além de datas importantes quanto às descobertas nada mais.

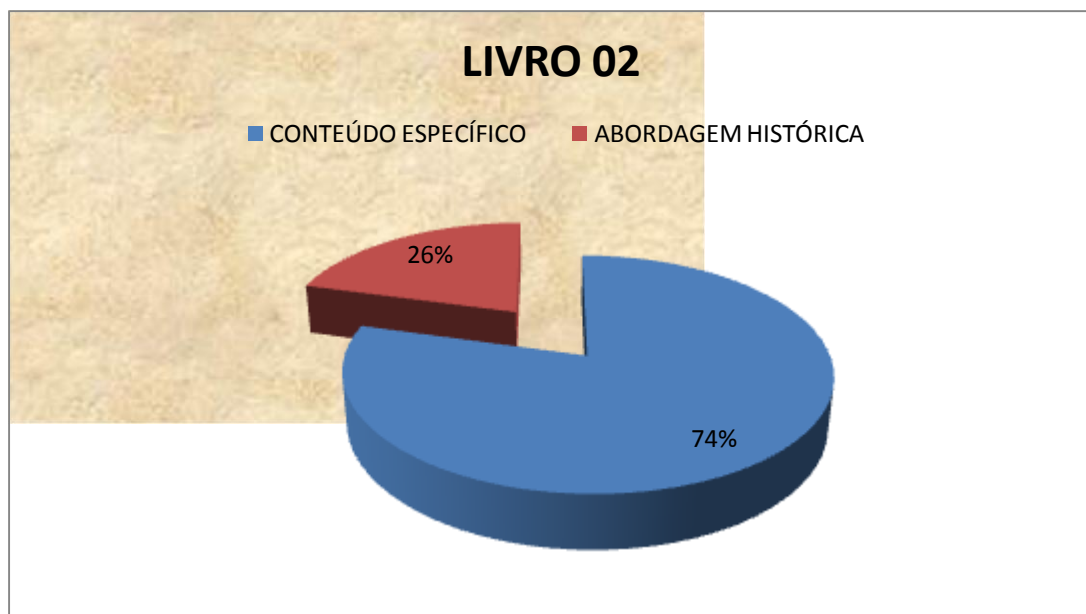
Os **exercícios** de todo o capítulo computam 59(todos de múltipla escolha) desses abordam história da química e construção dos modelos historicamente 13 o que corresponde 22% dos exercícios.



LIVRO 02 - Química na abordagem do cotidiano. Francisco Miragaia Peruzzo, Eduardo Leite do Canto. Editora Moderna, 2003.



O livro destaca 23 páginas ao conteúdo modelos atômicos, dessas páginas 6 delas apresentam, conteúdo histórico no intuito de facilitar a aprendizagem correspondendo em termos percentuais 26% das páginas apresentam algo de histórico na apresentação dos conteúdos.



Analisando o livro dentro do referencial teórico proposto e de todas as discussões presentes nesse trabalho podemos inferir que o livro pouco contribui para uma abordagem contextual efetiva.

Poucos aspectos podem ressaltar como positivos na abordagem histórica dada pelo autor no livro. Mesmo com a intenção de produzir uma abordagem histórica que na perspectiva em questão é louvável, porém o tipo abordagem acaba por comprometer a construção histórica do conceito.

Um aspecto positivo a se destacar é a forma como o capítulo se apresenta, diferente de muitos outros livros que abordam o assunto o capítulo não inicia com a descrição pura dos modelos.

A idéia de o que vem a ser um modelo é colocada em questão traçando um paralelo interessante com amadurecimento de frutas.

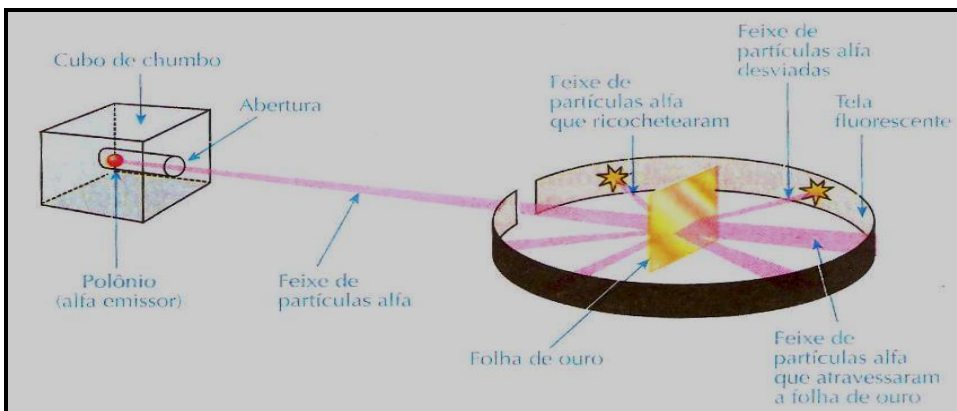
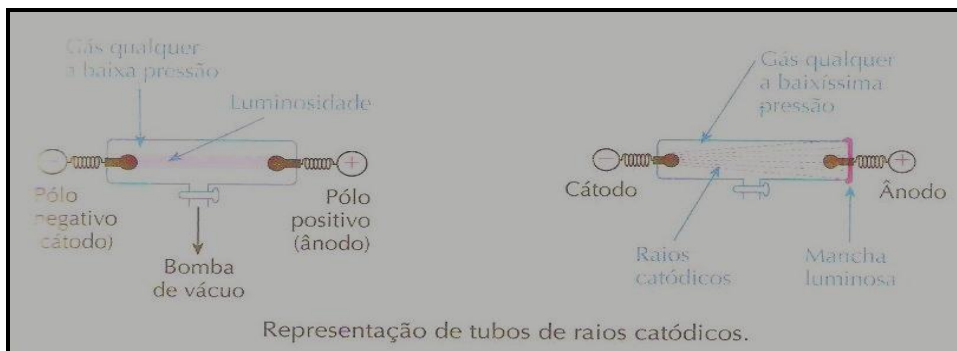
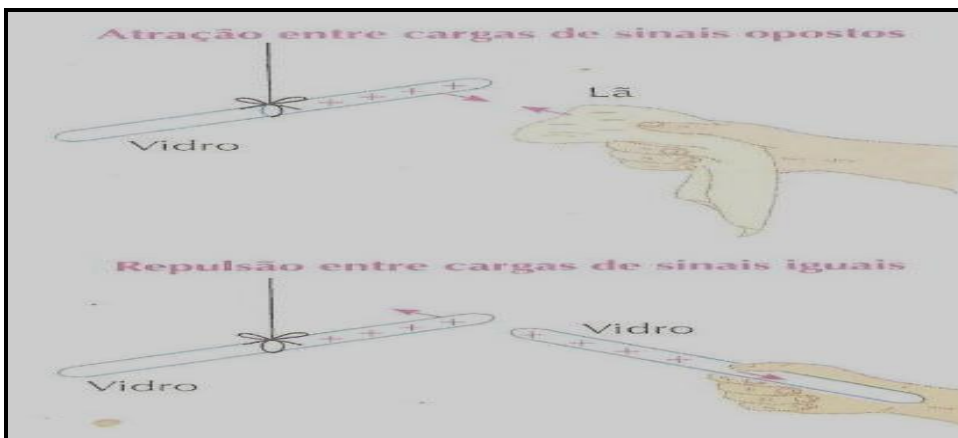
Não podemos abrir todos os melões para escolher o melhor. Podemos, contudo, utilizar evidências para elaborar um modelo do interior de cada melão e, baseado nesses modelos, escolher aquele cujo interior pareça estar melhor (p. 63).

Esse comentário propõe uma analogia com os modelos atômicos diferentemente de querer fazer analogias com um modelo em específico para facilitar o entendimento do referido modelo a analogia foi feita para entender a idéia central do conceito de modelos atômicos.

Pois, os químicos no século XIX também dispunham de evidências sobre a existência de átomos, no entanto, a medida que novas evidências surgem teorias e modelos muitas vezes devem ser aperfeiçoados porque átomos são muito pequenos para serem vistos até nos melhores microscópios convencionais, isso sempre dificultou o estudo da

sua estrutura, que deve ser feito por meio de evidências indiretas e as vezes bastante complexas.

Um outro aspecto positivo na abordagem contextual histórica do conteúdo é a utilização de figuras não na representação dos átomos mas nos equipamentos utilizados para os experimentos que culminaram na construção dos modelos atômicos.



Assim o livro não recai ao lugar comum de apenas mostrar as figuras e imagens de cada modelo atômico, mas remonta historicamente alguns experimentos importantes que contribuíram para a construção dos modelos e essa remontagem trás algumas figuras facilitadoras, assim não se resume apenas a narrações dos experimentos.

Com essa característica o experimento realizado outrora na história pode servir de estímulo para a construção do conceito por parte do aluno cabe ao professor de posse desse material estimular essas questões.

Tentar trazer muito mais o que aquele experimento pode trazer e trouxe de acerto do que apenas os equívocos normalmente evidenciados. O experimento como agente problematizador e não ele por ele mesmo.

O livro traz alguns experimentos que o professor junto com o aluno podem tentar construir os modelos a partir dos resultados encontrados que são também descritos no livro.

Destacando aspectos negativos do livro temos como exemplo nesse capítulo analisado não traz o modelo de Dalton que acaba sendo deslocado apenas nas leis ponderais, outro capítulo do livro, apesar da contribuição nas leis ponderais os modelos grego e de Dalton não poderiam está fora do capítulo em uma completa ausência a não ser por uma pequena referência no início do capítulo.

Após a descoberta do elétron estava provado que um átomo não é indivisível como imaginavam os filósofos gregos ou como sugeriu Dalton. (P. 65).

Essas são as únicas referências de Dalton ou de gregos no capítulo inteiro que se propõe a trazer uma abordagem histórica da idéia de modelos atômicos.

No que se refere à descoberta do próton na construção dos modelos temos:

Modificações no tubo de raios catódicos, feitas pelo cientista alemão Eugene Goldstein, conduziram à descoberta de outra partícula subatômica, 1836 vezes mais pesada que o elétron e dotada de carga elétrica igual à dele, só que com sinal positivo. Para essa nova partícula foi proposto o nome de próton. (P. 66).

Muitos questionamentos podem ser feitos a partir desse parágrafo como que modificações foram feitas? O que se esperava com essas modificações? Ou ainda porque 1836 vezes? Nenhuma dessas perguntas são esclarecidas ao longo do capítulo.

Esse tipo de abordagem histórica não facilita a compreensão dos alunos ao contrário dificulta mostra erros conceituais furos históricos que são nocivos a construção do conceito.

O modelo de Thomson logo é discutido no livro após esse experimento o livro não leva em consideração passagens importantes para construção desse modelo como explica Niaz:

Por exemplo, no caso do trabalho de J. J. Thomson, antes dos detalhes experimentais do experimento dos raios catódicos (ênfatisados por muitos livros textos), o “princípio heurístico” envolveu o teste de muitas hipóteses rivais, nomeadamente a determinação da razão massa-carga levando as hipóteses rivais de que as partículas dos raios catódicos poderiam ser íons ou uma partícula de carga universal. (NIAZ, 2009, p. 1)

Assim é evidente que o livro não apresenta detalhes experimentais relacionados com o progresso da ciência competitiva quando se quer descrever um fenômeno. Não somente os detalhes experimentais deveriam ser descritos como também os princípios interpretativos que foram necessários para investigação em questão.

Quanto a epistemologia Bachelardiana encontramos pontos a destacar no início da apresentação do modelo de Rutherford o livro não considera a **filosofia do não** de Bachelard, não considera que uma teoria não necessariamente “derruba” a outra, a ciência para Bachelard não se assemelha com a dialética hegeliana, a ausência de filosofia do não, é destacada:

Ernest Rutherford realizou em 1911 um experimento que conseguiu descartar de vez o modelo atômico da esfera rígida (p.66)

É evidente o incomodo com o modelo de Dalton, da esfera rígida, que o autor apresenta como se todo trabalho de Rutherford fosse apenas livrar-se desse incômodo modelo esquecendo que toda teoria cinética dos gases e as relações estequiométricas até hoje são satisfatoriamente explicadas por esse modelo da esfera rígida.

No que se refere aos obstáculos epistemológicos encontramos na análise hábitos de **natureza verbal** com a utilização de imagens para explicar o fenômeno.

O raciocínio de Rutherford foi extremamente simples. Imagine que alguém atirasse com uma metralhadora em um caixote de madeira fechado e cujo conteúdo é desconhecido. Se as balas ricocheteassem, não atravessando o caixote, concluiríamos que dentro dele deveria haver algum material como concreto ou ferro maciço. Mas se as balas o atravessassem chegaríamos à conclusão de que ele deveria está vazio ou então conter materiais leves, como isopor serragem ou similares (P.66).

Caixotes, balas e metralhadora são utilizadas para facilitar o entendimento de chumbo, partículas alfa e polônio na experiência de Rutherford. Para utilizar a HFC como dispositivo didático é preciso ter cuidado com os **hábitos de natureza verbal** que podem dificultar o entendimento histórico e não facilitar como era esperado.

O caráter continuísta da ciência tão combatido por Bachelard aparece no livro mostrando os modelos como meras continuidades de pensamentos e conclusões como se os modelos fossem continuações e conseqüências de trabalhos mais aprimorados. Temos como exemplo de uma visão continuísta da ciência do autor o seguinte trecho:

O modelo de Rutherford em 1911, apesar de esclarecer satisfatoriamente os resultados da experiência de dispersão de partículas alfa possuía algumas deficiências, como por exemplo não explicar os espectros atômicos. Em 1913 Niels Bohr propôs um outro modelo, mais completo, que conseguia explicar o espectro de linhas. (P.76).

Mostra o caráter continuísta além de **recorrência histórica** dois aspectos presentes como exemplos a não serem seguidos na epistemologia de Bachelard.

É recorrente fazer críticas como esta a Rutherford depois que é conhecido o modelo de Bohr que se aproxima mais com a questão espectral, porém o modelo de Rutherford contribui para questão espectral no que se refere à descontinuidade do átomo. Assim mostra-se um caso de aparecimento de **recorrência histórica**.

Poucos **hipertextos** históricos, resumidos a datas de nascimentos e óbito além de datas importantes quanto às descobertas nada mais.

Os exercícios envolvendo modelos atômicos também não fogem à regra da não utilização da filosofia do não a uma tendência no livro de competição entre ao modelos e não de complementaridade vejamos o exemplo do exercício de número cinco da página 67.

**5. A experiência de Rutherford permitiu evidenciar que o modelo de Thomson estava correto?
Comente. (P.67).**

Numa perspectiva Bachelardiana não existe a questão de um modelo está certo e outro está errado como puramente a negação sem o artifício da complementaridade.

Ou ainda evidenciando os exercícios tanto esses do livro analisado aqui como também dos outros também analisados são na sua maioria de múltipla escolha que não fornece oportunidade para o aluno dissertar sobre o tema trabalhado em sala de aula. Quando muito os exercícios são meramente associativos sem nenhuma reflexão ao conteúdo histórico. Vejamos o exemplo da página 70 exercício de número 09.

9. Considere os modelos atômicos de:

I) Dalton

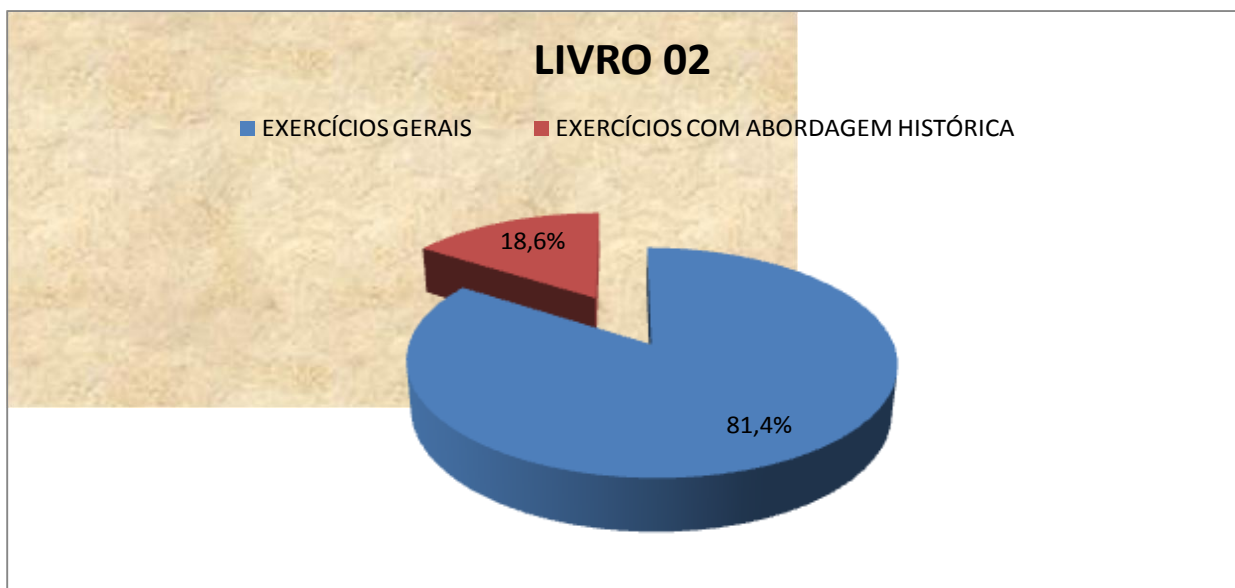
II) Rutherford

III) Thomson

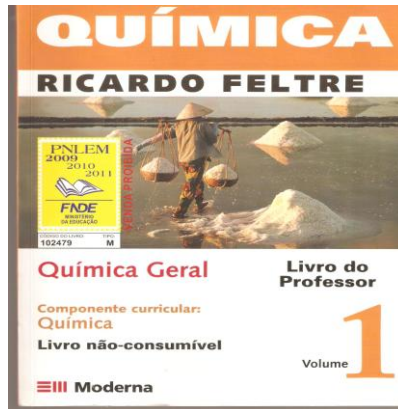
- A) Qual deles foi proposto baseado nos resultados da medida da massa dos participantes de reações químicas?**
- B) Qual introduziu a natureza elétrica da matéria?**
- C) Qual apresenta matéria como sendo descontínua?**
- D) Qual é mais recente?**

Infelizmente, a abordagem histórica nos exercícios do livro mostra-se frágil quando analisada numa perspectiva contextual e Bachelardiana.

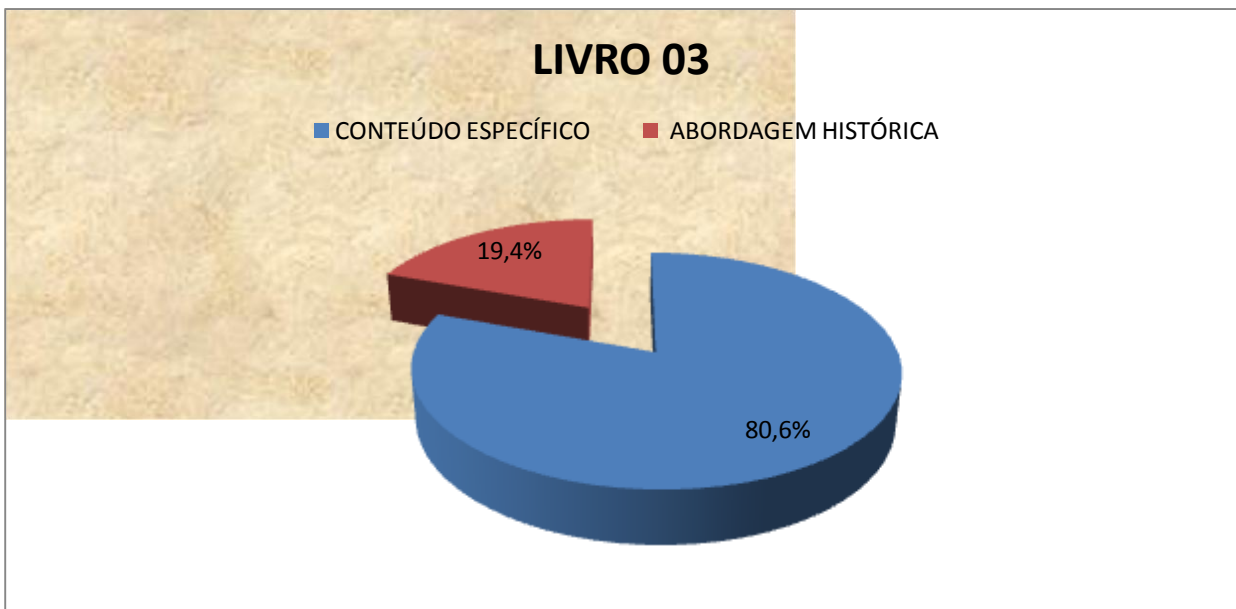
Os **exercícios** de todo o capítulo computam 75, desses abordam história da química e construção dos modelos historicamente 14, o que corresponde 18,6% dos exercícios.



LIVRO 03 – Química. Ricardo Feltre. Editora Moderna, 2004.



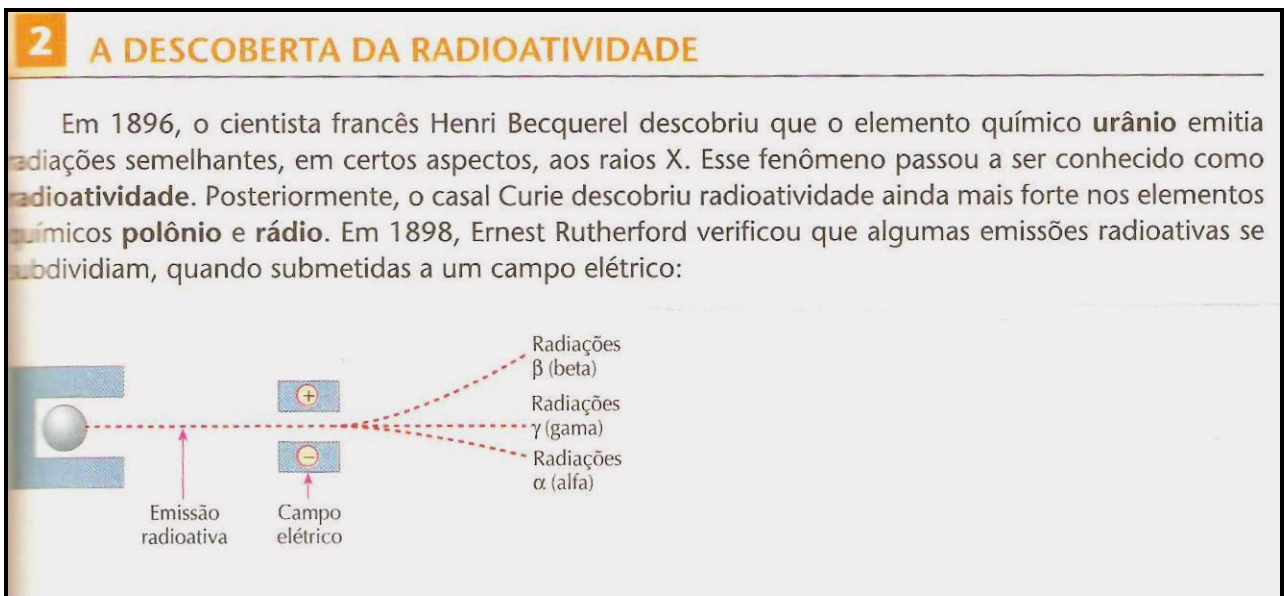
O livro destaca 36 páginas ao conteúdo modelos atômicos, dessas páginas 7 delas apresentam, contudo histórico no intuito de facilitar a aprendizagem correspondendo em termos percentuais 19,4% das páginas apresentam algo de histórico na apresentação dos conteúdos.



O início do capítulo de modelos atômicos do livro diferencia-se dos outros analisados no que se refere ao modelo atômico de Dalton o crédito do pioneirismo, de suas bases experimentais são dados e aponta para um possível modelo que possa ser complementar a ele.

A qualidade das imagens referentes ao processo histórico é muito boa além de uma linguagem acessível para os alunos.

O conceito de radioatividade é abordado antes dos modelos de Thomson e Rutherford, o que não é comum nos livros, pois o conceito de radioatividade tão importante na construção histórica dos modelos atômicos é trabalhado em um capítulo aparte na maioria dos livros.



A construção do modelo de Rutherford feita pelo livro apresenta um diferencial, pois o autor tenta construir o modelo dialogando com o leitor a medida que ele trabalha a experiência de Rutherford vai fazendo indagações e perguntas que são respondidas ao longo do texto com outras questões.

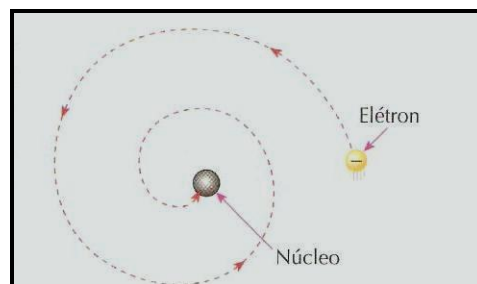
... Rutherford observou, então, que a maior parte das partículas alfa atravessava a lâmina de ouro facilmente apenas algumas partículas desviavam ou até mesmo retrocediam. Como explicar esse fato?...(p.78).

...surge, porém, uma pergunta: se o ouro apresenta núcleos positivos, como explicar o fato de a lâmina de ouro ser eletricamente neutra?... (P.79).

..no modelo de Rutherford surgiu, porem, uma dúvida muito importante:se o núcleo atômico é formado por partículas positivas , porque essas partículas não se repelem e núcleo não desmorona?..(P.79).

A historia é utilizada como problematizadora na construção desse conceito um aspecto relevante que deve ser destacado.

No que se refere ao modelo de Bohr, o livro introduz o modelo através do paradoxo da instabilidade do elétron no átomo admitindo o modelo de Rutherford. O livro traz uma figura mostrando o que aconteceria com o átomo caso o modelo de Rutherford obedecesse aos parâmetros da física clássica.



O importante dessa introdução é descrever que esse fato foi relevante na construção dos modelos e foi motivo para muitas discussões a esse respeito. Como o próprio Bohr descreve em trabalho publicado pela Philosophical Magazine, em julho de 1913(NIAZ 2009).

Bohr, no terceiro parágrafo, faz uma comparação entre os modelos atômicos de Thomson e Rutherford:

A diferença principal (...) consiste nas circunstâncias nas quais as forças agindo sobre os elétrons no modelo atômico de Thomson permitem certas configurações e ações dos mesmos que mantêm o equilíbrio do sistema; tais configurações aparentemente não existem para o segundo modelo atômico (NIAZ, 2009, p.2).

O autor não deixa de fora esse paradoxo como também não deixa de fora na construção desse mesmo modelo a aproximação com a teoria quântica de Planck ao descrever um estudo detalhado entre luz e onda nas páginas 87 a 91.

Assim, o livro dá crédito a boa parte da construção teórica do modelo que também nessa mesma publicação de 1913 Bohr aponta segundo Niaz (2009):

No quarto parágrafo Bohr formula o seu postulado que fez época.

A maneira de considerar um problema como esse tem sofrido alterações essenciais ultimamente, devido a [...] experimentos em fenômenos muito específicos como: calor específico, efeito fotoelétrico, raios de Röntgen etc. O resultado das discussões dessas questões parece levar a um acordo geral da inadequação da eletrodinâmica clássica em descrever o comportamento dos sistemas de tamanho atômico [...], parece necessário introduzir nas leis em questão uma grandeza externa a eletrodinâmica clássica, por exemplo, a constante de Planck, ou como é geralmente chamada de ação quântica elementar (NIAZ 2009 p.2).

Na perspectiva Bachelardiana encontramos **filosofia do não** na abordagem do modelo atômico atual, pois descreve que não é possível prever posição e velocidade do elétron, mas essas medidas são possíveis em corpos maiores o que não desvaloriza a questão da medição apenas a física clássica não contempla o nível atômico em questão (NIAZ 2009 p.94).

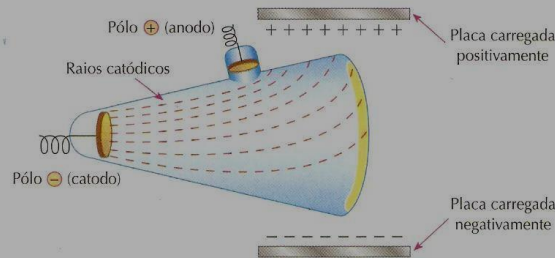
A descrição com detalhes da ampola de raios catódicos foi um aspecto relevante no livro, pois a simples descrição do experimento pelo experimento vai de encontro a uma perspectiva contextual de utilizar a HFC como uma ferramenta facilitadora.

A descrição apenas do experimento não contribui para uma adequada utilização do experimento como mostra Niaz (2009):

Muitos livros textos apresentam os detalhes experimentais, sem conceitualizar que o progresso da ciência está baseado em estruturas que competem para compreensão do fenômeno em face das evidências. Concluímos que os livros textos deveriam enfatizar não somente os detalhes experimentais, mas também os “princípios heurísticos” necessários para a “investigação estrutural” (NIAZ, 2009, p. 01).

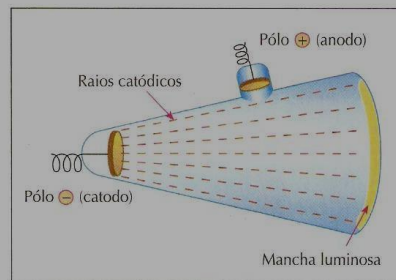
Porém o livro em questão ao trabalhar com o modelo atômico de Thomson abusa dos detalhes experimentais sem levar em consideração os princípios heurísticos necessários como vimos anteriormente. Vejamos o exemplo da página 76.

Em 1875, William Crookes colocou gases muito rarefeitos (isto é, em pressões baixíssimas) em ampolas de vidro. Submetendo esses gases a voltagens elevadíssimas, apareceram emissões que foram denominadas **raios catódicos**. Quando submetidos a um campo elétrico uniforme e externo, gerado por duas placas planas paralelas e carregadas, esses raios sempre se desviam na direção e no sentido da placa que está carregada positivamente, o que prova que os raios catódicos são **negativos**.



Ampola de Crookes submetida a um campo elétrico externo e uniforme.

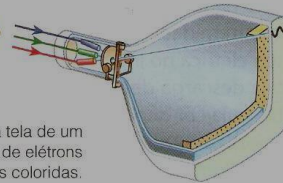
Outro dado muito importante é que esse desvio ocorre sempre do mesmo modo, **qualquer que seja o gás** no interior da ampola. Esses fatos levaram os cientistas a imaginar que os raios catódicos seriam formados por pequenas partículas negativas, e que essas partículas existem em toda e qualquer matéria. Essas partículas foram denominadas **elétrons**. Surgiu assim, pela primeira vez na história, a idéia da existência de uma **partícula subatômica** (isto é, menor do que o átomo). Contrariando Dalton, começava-se a provar que o átomo pode ser dividido. Da ampola de Crookes derivam os aparelhos de raios X e os televisores modernos, como vemos na ilustração a seguir.



Ampola de Crookes.

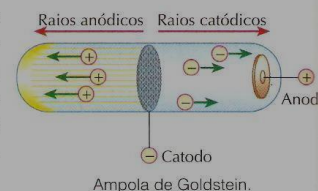


Uso do raio X na odontologia.



Ao atingir o revestimento interno da tela de um televisor ou de um computador, um feixe de elétrons provoca a formação de imagens coloridas.

Uma complementação às experiências de Crookes foi feita em 1886 por Eugen Goldstein, que modificou a ampola de Crookes e descobriu os chamados **raios anódicos** ou **canais**. Esses raios são formados pelos "restos" dos átomos do gás, que sobram após terem seus elétrons arrancados pela descarga elétrica. Por terem perdido elétrons (cargas negativas), as partículas que formam os raios anódicos são positivas, o que pode ser demonstrado pelo desvio dessas partículas em presença de um campo elétrico ou de um campo magnético.



Ampola de Goldstein.

Embora os detalhes experimentais sejam importantes nós não podemos ignorar a racionalidade por trás da determinação de Thomson da razão massa-carga dos raios catódicos. Essa racionalidade que ajudou Thomson a identificar os raios catódicos

como partícula de carga universal em oposição aos íons (hipóteses rivais), constitui precisamente o “princípio heurístico”.

De acordo com Schwab (1974), a pesquisa científica tende a olhar as estruturas de mudanças e relações, que constitui o princípio heurístico (a explicação) de nosso conhecimento. Em outras palavras, “Uma linha de pesquisa científica tem sua origem não somente em fatos objetivos, mas numa concepção, uma construção deliberada da mente [(...)] essa concepção (princípio heurístico) [(...)] nos diz qual o fato que devemos olhar na pesquisa. Orienta-nos para construir significado relacionado ao fato” (SCHWAB, 1974, p. 164 apud NIAZ).

Com relação a aspectos Bachelardianos os **obstáculos de natureza** verbal também estão presentes quando descreve o modelo de Thomson como pudim de passas.

...esse modelo ficou conhecido como pudim de passas...(p.77)

Bachelard chama atenção para o perigo das imagens porque nem sempre são imagens passageiras, pois tendem a completar-se. Segundo Bachelard é na mentalidade pré-científica que a imagem entra antes da teoria, enquanto na mentalidade científica ela entra depois, já suficientemente pensada e explicada.

Vários **hipertextos**, mas sempre com a foto do busto do cientista mostrando uma imagem inacessível para o aluno e enaltecendo feitos conquistados por eles. Mostrando uma postura positivista de ver a ciência que coloca os cientistas como herói detentor de saber inesgotável. Diferente de como foi apresentado nesse trabalho, que também apresenta fotos ilustrativas dos cientistas que contribuíram para os modelos, os livros analisados apresentam de forma descontextualizada apenas a título de informação completamente fora do contexto histórico.

Joseph John Thomson

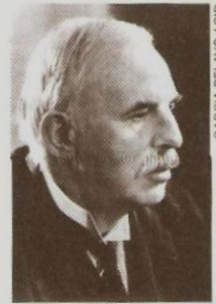
Filho de um livreiro, nasceu em 1856, em Manchester (Inglaterra). Pretendia ser engenheiro, mas dificuldades financeiras devidas à morte de seu pai o levaram a estudar Matemática, Física e Química. Tornou-se professor em Cambridge, onde organizou o laboratório Cavendish, de grande importância nas pesquisas sobre estrutura atômica. Em 1906, recebeu o prêmio Nobel por seus trabalhos envolvendo as propriedades dos elétrons. Faleceu em 1940.



GARCIA-PELAYO / CID

Ernest Rutherford

Nasceu em Nelson (Nova Zelândia), em 1871. Foi professor no Canadá e na Inglaterra — nas universidades de Manchester e Cambridge. Trabalhou com ondas eletromagnéticas, raios X, radioatividade e teoria nuclear, e realizou a primeira transmutação artificial. Recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1908. Faleceu em 1937. Em sua homenagem, o elemento químico 104 foi chamado de **rutherfordio** (Rf).



GARCIA-PELAYO / CID

Linus Carl Pauling

Nasceu nos Estados Unidos em 1901. Formou-se em Engenharia Química. Doutorou-se no Instituto de Tecnologia da Califórnia e estagiou em várias universidades europeias. Em 1927, tornou-se professor do Instituto de Tecnologia da Califórnia e, em 1968, da Universidade Stanford.

Seus trabalhos mais importantes versam sobre a estrutura atômica, a natureza das ligações químicas e a estrutura das proteínas. Divulgou o uso da vitamina C no combate ao resfriado e a certos tipos de câncer. Foi um ardoroso pacifista. Recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1954 e o Prêmio Nobel da Paz em 1962. Faleceu em 1994 nos Estados Unidos.



HANK WALKER / TIME LIFE PICTURES/GETTY IMAGES

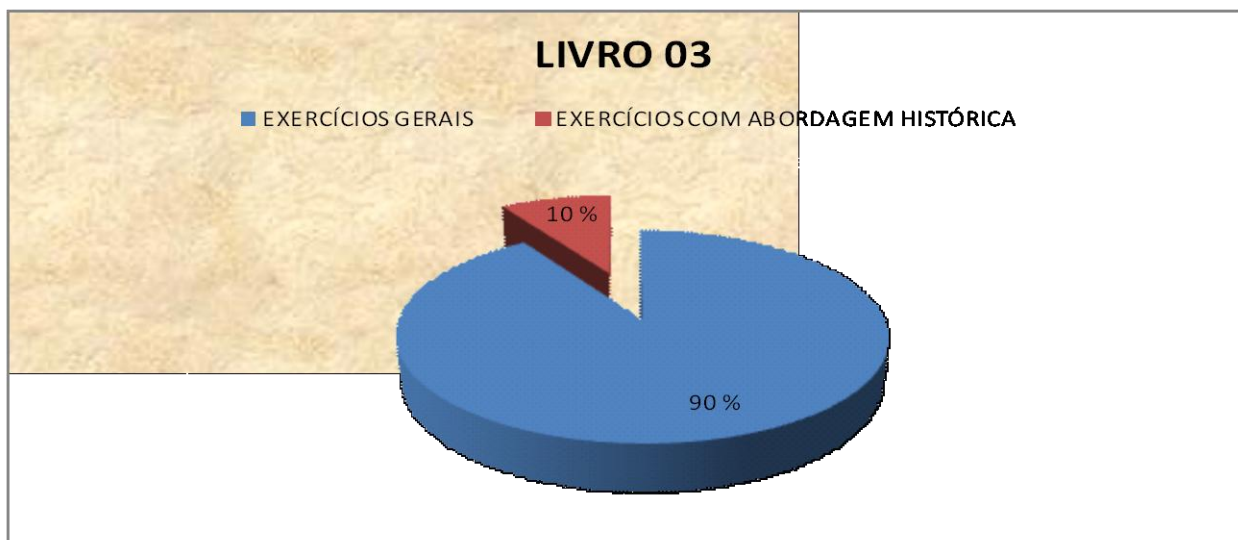
Niels Henrik David Bohr

Nasceu em Copenhague, Dinamarca, em 1885. Estudou na Dinamarca e na Inglaterra. Foi professor da Universidade e diretor do Instituto de Física Teórica de Copenhague. Por seus trabalhos sobre estrutura atômica, recebeu o Prêmio Nobel de Física de 1922. Estudou a fissão nuclear, contribuindo assim para o desenvolvimento da energia atômica. Faleceu em 1962. Em sua homenagem, o elemento químico 107 recebeu o nome **bóhrrio** (Bh).



ERIC SCHALL-PIX INC. / TIME LIFE PICTURES/GETTY IMAGES

Os **exercícios** de todo o capítulo computam 100 desses abordam história da química e construção dos modelos historicamente 10, com questões todas de múltipla escolha, o que corresponde 10% dos exercícios.



CATEGORIAS PARA ANÁLISE OFICIAL

Os termos **adequados** e **inadequados** estão sendo utilizados neste trabalho levando em consideração o referencial que foi construído anteriormente, assim passou a ser inadequadas as categorias de análise que ao serem devidamente analisadas podem comprometer a construção efetiva do conceito. E adequadas as categorias que contribuem em tal construção.

LIVRO	(%) PÁG. COM HFC.	ABORDAGEM HISTÓRICA (presente)	ABORDAGEM HISTÓRICA (ausente)	HIPERTEXTO	EXERCÍCIO
LIVRO 01 Química e Sociedade	25%	<ul style="list-style-type: none"> ➤ concepção filosófica 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ contextualização ➤ relevância histórica ➤ construção do conceito. 	Inadequados	Inadequados
LIVRO 02 Química na abordagem do cotidiano	26%	<ul style="list-style-type: none"> ➤ relevância histórica 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ contextualização ➤ concepção filosófica ➤ construção do conceito 	Inadequados	Inadequados
LIVRO 03 Química	19,4%	<ul style="list-style-type: none"> ➤ construção do conceito ➤ relevância histórica 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ contextualização ➤ concepção filosófica 	Inadequados	Inadequados

**CATEGORIAS PARA PERSPECTIVAS BACHELARDIANA: PRESENTE OU
AUSENTE.**

LIVRO	RECORRÊNCIA HISTÓRICA	FILOSOFIA DO NÃO	OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS
LIVRO 01 Química e Sociedade	Presente	Ausente	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Natureza verbal - presente ➤ Substancialista - presente ➤ Animista - ausente ➤ Generalidade - presente
LIVRO 02 Química na abordagem do cotidiano	Presente	Ausente	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Natureza verbal - presente ➤ Substancialista - ausente ➤ Animista - ausente ➤ Generalidade - ausente
LIVRO 03 Química	Ausente	Ausente	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Natureza verbal - presente ➤ Substancialista - ausente ➤ Animista - ausente ➤ Generalidade - ausente

- Considerações finais

A importância da História e Filosofia da Ciência apresentam bastante significado para a educação científica. Dentro dessa perspectiva foi importante analisar livros textos de química, no nível do ensino médio para determinar como é tratada HFC nesses livros.

A escolha de Bachelard como principal aporte teórico se deu porque suas teorias são capazes de dar subsídios para tal análise.

Diante da problemática geral do trabalho que era analisar se a história e filosofia das ciências estão sendo utilizadas de maneira adequada nos livros do ensino médio na construção do conceito de modelos atômicos. O que foi exposto aqui que essa abordagem não vem sendo feita de maneira adequada.

Este trabalho traz uma contribuição , pois como a história e filosofia da ciência é utilizada na construção de conceitos. Então uma maneira adequada de abordagem pode ajudar de maneira significativa essas construções.

Assim uma análise do livro texto, que é o material didático mais difundido, quanto a utilização dessa ferramenta foi importante porque a partir dessa análise a escolha dos materiais didáticos por parte dos professores podem ser enriquecidas quanto a este critério.

Foi elaborado então um referencial teórico envolvendo as discussões do trabalho que serviu de base para as análises e que serve como subsidio para novas análises de outros conceitos também.

Dentro desse referencial de análise ficou claro que os livros não trabalham de forma adequada com esse dispositivo didático, mesmo com muito esforço dos autores em permear a HFC no conteúdo analisado, sinalizando que apesar de ser uma ferramenta

utilizada precisa-se de cuidado quanto a sua perspectiva contextual. Pois todos os livros deixaram a desejar nesse ponto.

Apesar de pontos relevantes e positivos encontrados na análise, muitos pontos negativos foram encontrados proporcionando assim material suficiente na pesquisa para futuros estudos.

Essas análises esperam contribuir para um estudo científico mais eficaz, com a HFC como parte desse processo de construção, além de mostrar que a HFC é relevante na educação científica e o seu uso adequado fundamental.

Neste sentido estamos atribuindo a ela um lugar onde pode iluminar a busca por uma compreensão da natureza da atividade científica, de como é produzido o conhecimento e de como trabalham os cientistas.

Por último foi fornecido subsídios e sugestões a partir do referencial de análise construído na perspectiva de Bachelard para que o professor de Química possa detectar problemas similares nos textos Históricos que tiver em mãos para que possa selecionar um material mais adequado em suas aulas.

A educação é o ponto mais importante a se discutir se almejamos um mundo melhor. Existem outras questões muito importantes, como, por exemplo, condições sociais dignas para todos, moradia, transporte, trabalho. No entanto, a educação é primordial, pois pode preparar as pessoas para lutar pelos seus direitos.

Estamos considerando aqui uma educação humanista, emancipatória, aquela que busca a formação de pessoas que se sintam parte e comprometidas com o meio em que vivem, tanto no cotidiano imediato como com questões mais abrangentes; pessoas capazes de compreender minimamente as questões políticas, econômicas, científicas e culturais de modo a tomar decisões autônomas em relação a assuntos que afetam sua vida e a sociedade, no presente ou no futuro.

4. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. A. V. **Desenvolvimento histórico dos modelos atômicos**. Carpina: Programa de ciências II, 1999.

ARGENTIERE, A. **Átomos e Matéria**, São Paulo: Pinçar, 1957.

ATKINS, Peter, Loretta Jones. **Princípios da química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BACHELARD, Gaston. **A epistemologia**. Edições 70, 2006. (o Saber da Filosofia).

_____. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. RJ: Contraponto, 1996.

BITTENCOURT, C.M.F. **Livros didáticos**: concepções e usos. Recife, PE: SSE, 1997. (qualidade de ensino, série formação do professor).

BOGDAN, R.C. BIKLEN S.K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução a teoria e os métodos. Porto, 1994.

BRADY, J.E e HUMISTON, G.E. **Química Geral**, v.1, 2. ed. LTC, 1986.

BRASIL, **Orientações Curriculares Para O Ensino Médio**. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias. Ministério da educação, secretaria de educação básica Brasília, 2006.

BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais**, Ciências Naturais, terceiro e quarto ciclo do Ensino Fundamental, Brasília: UNIJUI, 1998. Ano 8, nº32, out./dez., 1996, pág. 95-108.

BRASIL, Química: Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: **PNLEM/2008/** Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação - Brasília: Ministério da Educação Básica, 2007.

CALDERIPE, Regina. **Construção do conhecimento científico segundo algumas contribuições da epistemologia de bachelard:** construtivismo e ensino de ciências reflexões epistemológicas e metodológicas. Org.Moraes Roque. Porto Alegre: Pucrs, 2003.

CANDAU, Vera Maria. **A didática em questão.** Vozes, 1999.

CARVALHO, Anna M. P. e Perez Daniel G. **Formação de professores de ciências.** São Paulo: Cortez, 1994.

_____. **Ensino de ciências, unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Thomson, 2006.

CHALMERS. A. F. **O que é Ciência Afinal.** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica, questões e desafios para a educação.** Ijuí: Unijuí,2000.

_____. A ciência através dos tempos. 2. ed. SP: Moderna, 2004. (Coleção polêmica).

CHAUÍ, Marilena. **Convite à filosofia.** São Paulo: Ática, 2000.

COTTON, F.A., LYNOH, L.D MACEDO, H. **Curso de Química.** RJ/SP: Fórum, 1986.

DAVID, O. e Torrance Nancy. **Educação e desenvolvimento novos modelos de aprendizagem, ensino e escolarização.** Porto Alegre: Artmed, 2000.

EL-HANI, Charbel N. Notas sobre o ensino de História e Filosofia da Ciência na educação científica de nível superior: **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no Ensino**, Org.: Cibelle Celestino Silva. SP: Livraria da Física, 2006.

FELTRE, Ricardo. **Química**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FERREIRA, R. C. et al. **O problema da combustão**. O flogismo. A revolução de Lavoisier. A ser publicado. 1999.

FERRY, Alexandre da S., Ronaldo Luiz Nagem. **O modelo atômico de Thomsom em livros didáticos**: um estudo sobre o análogo “Pudim de Passas”. CEFET – M.G, 2002.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Completamente química**: química geral. SP: FTD, 2001. (Coleção completamente química, ciências, tecnologia e sociedade).

GIL-PÉREZ, Daniel; FERNÁNDEZ MONTORO, Isabel; CARRASCOSA ALÍS, Jaime; CACHAPUZ, António & PRAIA, João. **Para uma imagem Não-deformada do Trabalho Científico**. Ciência & Educação, 7(2): 2001 p.125-153.

GONSALVES, A.D. **Átomo e Força Atômica**. RJ: Fundo de Cultura, 1959.

LAJOLO, M. **Livro didático: um (quase) manual de usuário**. Brasília: [s.n.], 1996. Ano 16 nº 69, jan./mar.

LOPES, A. R. C. **Livros didáticos obstáculos ao aprendizado da ciência química**. **Química Nova**, março, 1992, pág. 254-261.

_____; **Currículo e epistemologia**. Unijuí, 2007. (educação em química).

MACHADO, N. J. **Sobre os livros didáticos**: quatro pontos. Brasília: [s.n.], 1996.

MAGALHÃES, F. O. **Relações entre ciência e filosofia**. Notas de aula. UFRPE, 1999.

MARTINS, I. e Maria Otildes S. **Educação em química e ensino de química –** Perspectivas curriculares, parte II.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. SP: Livraria da física, 2006.

MATTHEWS, M. R; **História, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual**. Enseñanza de las Ciencias, 1994,12(12) ,255-277.

_____; History, philosophy, and science teaching: The present rapprochement. **Science & Education**, 1(1): 1992 p.11-48.

MEKENSAS, P. **O livro didático e o papel social dos autores**. Unijuí, 1996. (Contexto e Educação).

MORTINER, Eduardo Fleury. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em Aberto**, Brasília, ano 7, n. 40, out./dez. 1988.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte:UFMG, 2000 – 383 p. – (Aprender)

NIAZ, Mansoor. **Dos raios catódicos as partículas alfa para o quantum em ação**: a reconstrução racional da estrutura do átomo e sua implicação para livros textos de química. Tradução livre Maria Ângela V. de Almeida. Departamento de Química, Universidade do Oriente: Venezuela, 2009.

OLIVEIRA, R.J. **As revistas de divulgação científica e a transmissão do conhecimento**: uma abordagem sobre o ensino informal de ciências. UNIJUI, 1996 ano 8, nº32, out./dez., , pág.81-84. (Contexto e Educação).

PARENTE, Letícia. **Bachelard e a química no ensino e na pesquisa**. Fortaleza: EUFC (edições da Universidade Federal do Ceará), 1990.

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. **Química na abordagem do cotidiano**. SP: Moderna, 2003.

REIS, Marta. **Completamente Química**: Química Geral. SP: FTD, 2001.

RUSSEL, E.H., **Química**. SP: Edgard Blücher LTDA, 1965.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos, Gerson de Souza Mol, (coord.). **Química E Sociedade** vol. único, ensino médio. SP: nova geração, 2007.

SIMÕES, Estelita, Elane Chaveiro Soares. **A construção de modelos atômicos no ensino de química**. Universidade Federal de Mato Grosso. Mato Grosso, 2004.

SLABAUGH, W.H e PARSON, T.D. **Química Geral**. RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1977.

TÉLLEZ, C. A. S. **Alcances do atomismo de Leucipo e Demócrito na Ciência Química atual**. Minas Gerais: Química Nova, 1993.

ZATERKA, Luciana. "Alguns aspectos da teoria da matéria: atomismo, corpuscularismo e filosofia mecânica". In: SILVA, Cibelle Celestino. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. SP: Livraria da física, 2006. p.329 -351.

ANEXO I

Relação das Escolas jurisdicionadas a GRE Metropolitana Sul em 2009

Jaboatão dos Guararapes

Escola	Endereço
Adelaide Pessoa Câmara	Av. Barreto de Menezes, Conj.Marcos Freire- Próx. Ao posto de Saúde
Alfredo Tenório 1692	Tv. Bernardina Fonseca Lima, s/n - Cavaleiro. Atrás da Empresa Metropolitana
Alice Vilar de Aquino 1151	Pça. Floriano Peixoto, s/n - Socorro próx. Ao quartel 14 BIMtz
Alto dos Guararapes 1950	Av. Barreto de Menezes,s/n - Prazeres próx. A Igreja Assembléia de Deus
Alzira da Fonseca 1591	Rua 11 s/n - Cajueiro Seco próx. Ao Corpo de Bombeiros
Amor Divino 1393	Rua São Bento,835 - Jardim Jordão
Augusto Severo 1395	Rua Cosmorama, s/n - Piedade próx. Ao clube das águas
Bartolomeu de Gusmão 1394	Rua Cosmorama, s/n - Piedade próx. Ao clube das águas
Benedito Cunha Melo 1321	Conj. Praia do Sol, s/n Q-25- B. DE Jangada terminal de ônibus de Candeias
Benjamin Vieira 1816	Rua Barão de Lucena
Comp. Luiz Gonzaga 1361	Av. Barreto de Menezes - Conj. Marcos Freire terminal de M. Freire próx. A creche
Rubem Moreira 1592	9º Tv. Dr. Júlio Maranhão - Prazeres próx. Ao terminal de ônibus de Prazeres
Divina Providência	9º Tv. Dr. Júlio Maranhão - Prazeres
Djalma Farias 1396	Rua Mário Melo, 25 - Prazeres
Edmur Arlindo 1806	Av. 08 - Qd. 23 s/n Curado IV após a ladeira do Curado, 3º parada
Edson Moury Fernandes 1952	Rua 02 - Conj.Res. Muribeca, s/n terminal de ônibus de Muribeca
Epitácio André Dias	Av. Santo Elias, s/n - Cajueiro Seco próx. Ao terminal de ônibus de Prazeres
Filipe Camarão 1594	Rua Maria do Carmo Cruz , s/n - Prazeres ao lado do Comercial Batista
Frei Jaboatão 1725	Rua Frei Jaboatão s/n alto das malvinas
Frei Romeu Peréa 1018	Rua 14, s/n - Curado I próx. Ao atacado dos presentes
Henriqueta de Oliveira 1723	Estrada da Luz, s/n - Santo Aleixo próx. A Assembléia de Deus
Humberto Lins Barrada 1360	Rua Riacho da prata , s/n - Muribeca próx. Ao terminal de ônibus de de Muribeca rua.
João Paulo I 1596	Tv. Júlio Maranhão, 108 - Prazeres para do Hospital Santa Elisa
José Glicério 1933	Rua 07 de setembro , s/n - Prazeres próx. A Associação
José Neves Filho	Rua 02 nº 97 - Prazeres rua em frente a Papelaria do MEC
Ministro João Alberto 1802	Rua Jangadinha, 130 - Cavaleiro
Murilo Braga 1690	Av. Agmenon Magalhães s/n próx. A Estação do metrô de Cavaleiro
Nestor Gomes de Moura 1731	Rua Boa Esperança, s/n - Vila Rica
Nossa Escola 1322	Rua Manoel Felipe Santiago, 700 nas Carolinas
Nova Divinéa 1930	Rua da Saudade, 65 - Cajueiro Seco próx. Ao terminal de ônibus de Cajueiro Seco
Odete Antunes	Rua Lagoa do Abrigo, 01 - Cavaleiro próx. Ao Abrigo de Cristo Redentor
Pedro Barros Filho 1350	Rua Rossine Roosevelt de Albuquerque, s/n próx ao colégio Piedade
Poeta Mauro Mota 1007	Rua Artur Xavier , s/n Socorro - próx. A Estação do Metrô Floriano
Cândida de Andrade Maciel 1931	Av. Santo Elias, s/n -Prazeres próx. Ao terminal de ônibus de Prazeres
Professor Costa Pinto 1691	Rua 15, s/n Curado VI - próx. Ao terminal de ônibus do Curado IV Av. 14

Moacyr de Albuquerque 1004	Rua Joaquim Tenório, s/n - Cavaleiro após a estação do metrô de Cavaleiro
Rodolfo Aureliano 1724	Pça. N. Sra. Do Rosário, 665 - Centro em frente ao Shopping Yapoatan
São Luiz 1593	Rua Barreto de Menezes, 1061 - Prazeres próx A escola José Glicério
Saturnino de Brito 1598	Estrada da Batalha, s/n após o aeroporto
Senador Aderbal Jurema 1807	Rua 07,s/n - Curado IV próx ao mercado
Senador Petrônio Portela 1005	Lot. Grande recife, s/n
Simon Bolivar 1019	Rua Leonardo da Vinci próx. Ao Instituto Escolar da Emilia
Souza Brandão 1730	Av. Gal. Manoel Rabelo próx. Ao Hospital Geral de Jaboatão
Supervisora Miriam Seixas 1864	1º Passarela Júlio Maranhão em frente a Concórdia Caminhões, BR 101 a esquerda
Vila João de Deus 1681	Rua 3 s/n Vila João de Deus - Prazeres
Vila Rica 1720	Av. 01, s/n - Cohab II ao lado da creche
Zequinha Barreto	Conj. D. Helder Câmara - Prazeres terminal de ônibus Piedade

ANEXO II

**DECLARAÇÃO**

Declaro que os livros adotados por esta Regional, pertencem ao PNLEM 2009,2010 e 2011 na disciplina Química, conforme tabela abaixo discriminada:

DISCIPLINA	VOLUME	COMPONENTES	AUTOR
Química	volume 1	Componente Curricular	Ricardo Feltre
Química	volume 2	Componente Curricular	Ricardo Feltre
Química	volume 3	Componente Curricular	Ricardo Feltre
Química	volume 1	Química Geral e Inorgânica	Francisco Miragaia Peruzzo Eduardo Leite do Canto
Química	volume 2	Físico – Química	Francisco Miragaia Peruzzo Eduardo Leite do Canto
Química	volume 3	Química Inorgânica	Francisco Miragaia Peruzzo Eduardo Leite do Canto
Química	Volume único	Química e Sociedade	PEQUIS

Recife, 14 de julho de 2009

Prof^a Ivanise Braga
Chefe da UGR

Ivanise Braga
Chefe da Gestão de Rede-UGR
Matricula 120.659-1
GRE METRO SUL

ANEXO III

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	NOMES	PÁGINA
1.0	Imagens de Demócrito, Leucipo e Aristóteles	32
2.0	Imagem John Dalton	38
2.1	Representação de Átomos segundo Dalton	39
2.2	Representação Modelo Atômico de Dalton	40
3.0	Thompson em seu laboratório	42
3.1	Tubo de raios catódicos	43
3.2	Funcionamento do Tubo de Crookes	47
3.3	William Crookes	48
3.4	Milikan e seu experimento	49
3.5	Experimento de Goldstein	50
4.0	Ernest Rutherford	52
4.1	O casal Pierre e Marie Curie	54
4.2	Demonstração do trajeto dos raios durante o experimento	57
5.0	Niels Bohr	61
5.1	Representação do Modelo Atômico de Bohr	63
6.0	Sommerfeld	66
6.1	Representação do Modelo Atômico de Sommerfeld	67
6.2	Louis Broglie	68
7.0	Heisenberg	71
8.0	Orbitais	78