

## **INTRODUZINDO A FÍSICA MODERNA NO ENSINO DE NÍVEL MÉDIO: DUALIDADE, INTERAÇÃO DA LUZ COM A MATÉRIA E SUBSÍDIOS PARA O ENSINO DA FÍSICA NUCLEAR**

**Iramaia J.C. de Paulo**

**Sérgio R. de Paulo**

**Carlos Rinaldi**

Depto. de Física, ICET, Universidade Federal de Mato Grosso,

Av. Fernando Correa, S/N, 78.060-900 – Cuiabá-MT

e-mail: sergio@cpd.ufmt.br

### **Resumo**

Neste trabalho, são apresentados dados de uma pesquisa sobre concepções de átomo por estudantes do nível médio. A pesquisa foi realizada tendo como objeto central questões relacionadas com a interação entre a luz e a matéria, as quais dependem diretamente da dualidade e dos próprios modelos atômicos comumente utilizados pelos físicos. Através dos resultados dessa pesquisa, bem como observando-se questões epistemológicas, foram obtidas conclusões que podem ser utilizadas como subsídios para a inserção da tópicos de Física Nuclear no ensino de nível médio.

### **Introdução**

Nos últimos anos, um grande número de trabalhos desenvolvidos por diversos pesquisadores tiveram como objeto de estudo a introdução de tópicos de Física Moderna no ensino de nível médio. A se julgar pelo número de trabalhos sobre esse assunto apresentados nos últimos encontros (SNEF, EFEF, ENPEC), essa linha de pesquisa tem se confirmado como uma forte tendência dentro da área de ensino de física. Nosso grupo de pesquisa tem se dedicado ao tema desde 1993, tendo produzido uma série de trabalhos desde então.

Neste trabalho, são explorados aspectos relacionados à questão da dualidade e de como esse conceito impõe inferências sobre a introdução de tópicos de Física Nuclear no ensino médio. Conforme veremos, a propriedade ondulatória da matéria é um conceito não abordado nesse nível de ensino. Esse conceito, contudo, é de fundamental importância para a compreensão da interação da luz com a matéria e também da emissão de radioatividade.

### **Concepções sobre a estrutura do átomo por alunos do ensino médio**

O conhecimento da estrutura do átomo é tema de fundamental importância na aprendizagem de tópicos da Física Moderna, como, por exemplo, na quantização de energia dos elétrons no átomo. Para investigar as concepções sobre esse tema apresentadas por alunos do ensino médio, elaboramos um questionário simples versando sobre a estrutura do átomo e comportamento do elétron. Como sabemos que tal assunto está relacionado com o conteúdo de química normalmente ministrado, é de se esperar que os aprendizes do ensino médio apresentem concepções sobre o tema, mesmo que a Física Moderna não seja formalmente abordada nesse nível de escolarização. A amostra usada na pesquisa consistiu de 342 alunos da 8ª série ao 3º ano secundário de duas importantes escolas de Cuiabá-MT: Uma Escola Técnica Federal e uma grande escola particular.

A pesquisa foi realizada através de um questionário contendo sete questões, cujos resultados são discutidos a seguir.

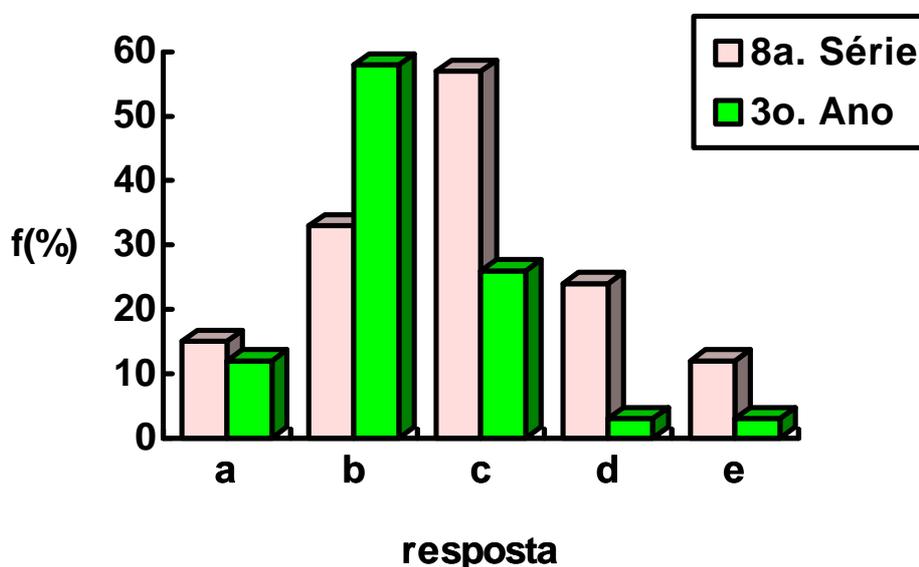
### **Resultados**

**Primeira questão:** *O que são orbitais?*

Na oitava série, apesar do conteúdo ter sido recentemente ministrado, os alunos não conseguem associar o conceito de orbitais com a estrutura do átomo. Predomina a idéia de que este conceito se refere à órbita de objetos em volta da Terra. Enquanto que os alunos da terceira série demonstram uma idéia clara de que os orbitais se referem à localização dos elétrons no átomo.

**Segunda questão:** *Quais as principais regiões do átomo? Que partículas existem em cada região?*

Os alunos, tanto da terceira quanto da oitava série, respondem a esta questão corretamente, com facilidade, apesar da ocorrência de confusão com respeito ao sinal das cargas por parte dos alunos da oitava série. Provavelmente, este índice de acertos se deva à repetição enfática deste tópico durante a aplicação do conteúdo, bem como o fato de que os livros didáticos reforçam a idéia de que o átomo é dividido em núcleo e eletrosfera apresentando diversas figuras mostrando essa divisão.

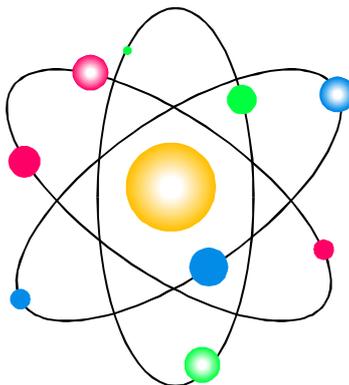
**Terceira questão:** *Qual o formato das camadas eletrônicas?*

- a) Esféricas;
- b) Elípticas;
- c) Circulares;
- d) Ovais;
- e) Outros.

**Figura 1:** O formato das camadas eletrônicas segundo os alunos pesquisados.

De maneira geral, as concepções predominantes são de que as órbitas sejam elípticas ou circulares. Na 8ª série, predomina a idéia de que as órbitas são circulares e no 3º ano de que sejam elípticas (ver figura 1). Pode-se supor aqui que sejam concepções reforçadas pela geometria plana abordada pela matemática desde as séries iniciais, tanto que o item “a” aparece com menor frequência que os itens “b” e “c”.

A órbita elíptica é predominante no 3o. ano. Supomos que seja devido ao modelo ilustrativo freqüente nos materiais didáticos e na mídia (como na figura abaixo).



**Figura 2:** Modelo atômico freqüentemente divulgado pelos materiais didáticos e pela mídia.

**Quarta questão:** *Um elétron pode passar de uma camada para a outra? Como?*

Oitava série:           **Sim:** 63%  
                                  **Não:** 37%

Terceira série:       **Sim:** 92%  
                                  **Não:** 08%

Na oitava série, já existe predominância na concepção de que o elétron pode passar de uma camada para a outra, embora isso não signifique que as causas estejam claras. Na terceira série do segundo grau, há maior predominância da resposta correta, embora apenas 5 alunos tenham associado mudança de orbital com emissão/absorção de luz. 18% dos alunos do terceiro ano associam a mudança de camada ao calor ou corrente elétrica, o que está de acordo com o livro didático adotado para o segundo grau (Estes fenômenos estão correlacionados pois é o princípio de funcionamento das lâmpadas elétricas e emissão de luz por corpos incandescentes). Percebemos que, da 8a. série para o 3o. ano, há um consenso de que os elétrons podem mudar de camadas na estrutura atômica. É importante lembrar que na química o conteúdo de atomística aborda a distribuição dos elétrons em camadas e a ionização dos átomos.

**Quinta questão:** *Um elétron pode estar em algum momento entre duas camadas?*

Oitava série:           **Sim:** 23%  
                                  **Não:** 77%

Terceira série:       **Sim:** 29%  
                                  **Não:** 70%

Nesta questão, há predominância do *não*, embora o *sim* apareça numa freqüência não desprezível (cerca de 1/3, tanto na oitava quanto na terceira série). Provavelmente eles consideram que o elétron pode estar entre duas camadas porque ele precisa passar ali em sua trajetória ao ir de uma camada a outra. Isso foi dito textualmente por 5 alunos da terceira série. É importante notar que os princípios da Mecânica Quântica não impedem em absoluto que o elétron esteja em qualquer lugar em volta do núcleo. Esta questão somente pode ser

compreendida cientificamente por um indivíduo quando estiver incorporada em sua estrutura cognitiva a concepção de densidade de probabilidade.

**Sexta questão:** *Porque a eletrosfera é constituída por camadas?*

Nesta questão, os alunos não demonstraram ter uma idéia clara do porque que a eletrosfera é constituída em camadas - que, do ponto de vista científico, se deve às propriedades ondulatórias dos elétrons. De acordo com as suas respostas, pode-se concluir que eles acreditam que as camadas constituem apenas um método de se compreender melhor o átomo, não correspondendo assim à realidade física.

**Sétima questão:** *Se a luz incidir num átomo, você acha possível que ela provoque alguma alteração neste?*

As respostas dos alunos quanto a essa questão demonstram que eles não possuem consciência dos efeitos da absorção de luz pelo átomo. Ou seja, eles não estabelecem qualquer conexão entre a emissão/absorção de luz e mudança de orbital por parte do elétron - um conceito de fundamental importância dentro da Mecânica Quântica, e, em princípio, simples de ser compreendido.

Ao analisar um grupo de livros didáticos de química bastante utilizados no nível médio (ver Tabela I), constatou-se que eles apresentam os modelos atômicos numa escala evolutiva (histórica), partindo do modelo de Thomson até o modelo de Bohr. Apenas um dos livros analisados [Usberco e Salvador, 1996] menciona o modelo de Sommerfeld, que está relacionado a órbitas elípticas. É comum encontrar autores atribuindo a Rutherford o modelo de átomo com órbitas elípticas (figura 2). Apenas Costa e Santos (1995), fazem uma distinção clara entre órbita e orbital explicando a estrutura do átomo de uma maneira condizente com a nova teoria quântica.

**Tabela I: Livros didáticos analisados**

Carvalho, G.C. (1995) - " <i>Química Moderna</i> " - Vol.1 - Editora Scipione - São Paulo.
Costa, M.C. e G.O.Santos (1995) - " <i>Química: A visão do presente</i> " - Vol.1 - Editora Lê - Belo Horizonte.
Feltre, R. (1996) - " <i>Química</i> " - Vol.1 - Editora Moderna - São Paulo.
Lembo, A. e A.Sardella (1993) - " <i>Química</i> " - Vol.1 - Editora Ática - São Paulo.
Novais, V. (1996) - " <i>Química</i> " - Volume único - Editora Atual - São Paulo.
Peruso, T.M. e E.L.Canto (1996) - " <i>Química na Abordagem do cotidiano</i> " - Volume único - Editora Moderna - São Paulo.
Usberco, J. e E.Salvador (1996) - " <i>Química Geral</i> " - Vol.1 - Editora Saraiva - São Paulo.

Seria importante para a formação conceitual do aprendiz que os autores de livros didáticos apresentassem os modelos atômicos de forma a adequá-los a situações de análise no conteúdo, mas fazendo referência ao porquê determinado modelo está sendo usado naquela explicação de dada abordagem em detrimento aos demais modelos.

Se nem todos os modelos atômicos são apresentados, o aluno pode ser levado a acreditar que o último modelo abordado pelo livro é o "correto" do ponto de vista científico, até porque alguns livros discutem somente até o modelo de Bohr.

Assim sendo, com respeito às concepções científicas sobre a estrutura do átomo, o ensino formal tem se mostrado eficaz apenas no que tange a divisão do átomo em núcleo e eletrosfera e que os elétrons se distribuem em camadas. Não se trata aqui de considerar

desprezível esta aprendizagem, contudo ela não é suficiente para um entendimento mínimo da Física Moderna.

De acordo com as respostas obtidas, os alunos aparentemente não têm qualquer noção de que o aspecto fundamental relacionado à mudança de camada é a emissão/absorção de fótons pelos elétrons, e também que o formato das camadas na realidade não é nem circular nem elíptico. Obviamente os alunos não têm noção de que partículas tais como o elétron possuem uma propriedade ondulatória, uma questão que em princípio não é difícil de ser compreendida como mostra um trabalho anterior realizado em nosso grupo de pesquisa [Coelho, 1995].

### **Subsídios para o ensino da Física Nuclear**

O aspecto central dos resultados apresentados acima é a ausência da abordagem do aspecto ondulatório da matéria. Uma tal lacuna faz com que tópicos importantes da Física Moderna não possam ser compreendidos, tais como, conforme já mencionado, a emissão e absorção de luz pela matéria e a própria razão da existência de níveis eletrônicos no átomo.

Um outro tópico que se vê prejudicado é a Física Nuclear. A inserção de alguns tópicos da Física Nuclear no ensino de nível médio é particularmente importante no que diz respeito à difusão junto à população de noções de proteção radiológica, que envolve a emissão de ondas-partículas pelo núcleo e a interação dessas ondas-partícula com a matéria.

O conceito fundamental por trás da compreensão do porque ondas-partícula podem “sair” do núcleo é a própria propriedade ondulatória da matéria e sua relação com a energia. Relacionando-se o comprimento de onda de uma onda-partícula com a energia, pode-se compreender fatos tais como o porque de um elétron de um átomo não “cair” no núcleo (afinal, tendo cargas elétricas opostas, o núcleo deveria atrair os elétrons), ou então o que ocorre quando, de fato, um elétron “cai” no núcleo – fenômeno relacionado ao decaimento beta.

### **Conclusões**

A principal conclusão deste trabalho é a de que a ausência da apresentação da propriedade ondulatória da matéria se constitui num dos principais obstáculos à introdução da Física Moderna no ensino médio. Do nosso ponto de vista, a introdução da dualidade deve ser feita através da óptica, fazendo-se uma discussão sobre a evolução das concepções científicas acerca da natureza da luz ao longo da história, que comporta períodos em que se acreditou ser a luz constituída por ondas e partículas, alternadamente: Hooke e Huyghens (luz como ondas), Newton (luz como partículas), Maxwell (luz como ondas), Einstein (luz como partículas), de Broglie (matéria como ondas).

Enfim, acreditamos que o conceito de dualidade não seja de difícil compreensão (talvez seja de difícil aceitação), de forma que existem condições para a sua inserção no ensino de nível médio, desde que os pesquisadores da área de ensino de física continuem a manter iniciativas de promover oficinas, programas de formação continuada e reformas curriculares que contemplem a questão da dualidade.

## Referências

COELHO, J.V. (1995) - *Física Moderna no Ensino de Nível Médio* - Dissertação de Mestrado - Instituto de Educação - Universidade Federal de Mato Grosso.

DE PAULO, I.J.C., S.R.DE PAULO e C.RINALDI (1997) - Um estudo sobre a origem e desenvolvimento de Concepções alternativas sobre a natureza da luz ao longo da escolarização a nível médio e fundamental – Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, pp.273-279.

DE PAULO, I.J.C. (1997) – *Elementos de uma proposta para a inserção de tópicos da Física Moderna no ensino médio* – Dissertação de Mestrado – Pós-Graduação em Educação – UFMT.

DE PAULO, S.R., I.J.C. de PAULO e C.RINALDI (1999) – Introduzindo a física moderna no ensino de nível médio: óptica de Feynman – XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Caderno de Resumos, p.50.