

## A VIGILÂNCIA EPISTEMOLÓGICA DE CHEVALLARD APLICADA AO ESPALHAMENTO DAS PARTÍCULAS ALFA

### THE EPISTEMOLOGICAL VIGILANCE OF CHEVALLARD APPLIED TO SCATTERING OF ALPHA PARTICLES

Wellington B. de Sousa<sup>1</sup>, Elio C. Ricardo<sup>2</sup>, Josias R. Paiva<sup>3</sup>, Pedro Antônio S. Neto<sup>4</sup>, Roger W. Corrêa<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo/Instituto de Física/Universidade Metodista, wellbsousa@usp.br

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo/Faculdade de Educação, elioricardo@usp.br

<sup>3</sup> Universidade de São Paulo/Instituto de Física, josiaspaiva@ig.com.br

<sup>4</sup> Universidade de São Paulo/Instituto de Física, pedrolapef@gmail.com

<sup>5</sup> Universidade de São Paulo/Instituto de Física, rogerwc@usp.br

#### Resumo

Este trabalho apresenta uma análise do processo de didatização dos saberes escolares ocorrida na experiência do espalhamento das partículas alfa de Rutherford presente em alguns livros didáticos do Ensino Médio em relação a textos e extratos históricos de referência presentes neles, procurando identificar nesses livros as possíveis diferenças entre o saber de referência, saber este produzido pelo cientista, e o saber a ser ensinado, saber este presente nos livros didáticos e que já sofreu um processo de transposição. Para isso, faz-se o uso da teoria da transposição didática e da vigilância epistemológica proposta por Yves Chevallard como instrumentos de verificação das possíveis distorções ocorridas durante esse processo de transposição, ou melhor, didatização do saber. Através da teoria da transposição didática procura-se em um primeiro momento evidenciar o percurso de didatização dos saberes escolares, com destaque para os processos de descontextualização, despersonalização, dessincretização e textualização dos saberes ao longo de um processo de construção de um texto didático. Em um segundo momento procura-se verificar quais elementos presentes nos livros didáticos e em relação aos textos e extratos históricos presentes neles, evidenciam o não exercício da vigilância epistemológica por parte dos seus autores. Esse não exercício, muitas vezes por desconhecimento por parte dos autores ou por um descuido dos mesmos, traz indícios bastante acentuados de que essa prática venha a favorecer o aparecimento ou a perpetuação de distorções dos saberes que sofreram o processo de didatização, trazendo elementos que muitas vezes não possuem mais nenhuma correspondência com o saber que lhe deu origem.

**Palavras-Chave:** Transposição Didática, Vigilância Epistemológica, Espalhamento.

#### Abstract

In this work we present an analysis of the pedagogical process of the scholar knowledge which occurs during the activity on the Rutherford experiment of alpha particle scattering. We intend to focus on a comparison between reference knowledge, knowledge produced by a scientist, and the knowledge which are found in some texts to be taught to medium level school students. These texts have already passed through a didactic transposition process. By the use of Yves Chevallard epistemological vigilance and the theory of the didactic transposition we

intend to identify distortions during the transposition process or didacticization of the knowledge. First of all, a search will be done through the theory of didactic transposition on the didacticization method of the scholar knowledge by the use of decontextualization, depersonalization, desyncretizing and textualization of knowledge through a process of construction of a textbook in the construction a didactic text. In the second place one verifies which the elements are found in the didactic texts that do not follows epistemological vigilance by their authors. This misleading due to the author's non-acquaintance or by lapse (carelessness) on the subject may result in distortions of the real true knowledge which are propagated in successive texts, everlasting some content which has not any correspondence to the original knowledge.

**Keywords:** Didactic Transposition, Epistemological Vigilance, Scattering.

## 1. Introdução

As relações entre o saber sábio, o saber a ensinar e o saber escolar têm sido motivo de grande preocupação por parte de pesquisadores nas mais diversas áreas de ensino. Na tentativa de explicitar as relações entre esses saberes, muitas análises têm ocorrido a fim de se encontrar referenciais que permitam estudar de maneira mais adequada como ocorrem essas relações.

Um referencial teórico que vem sendo usado para essa análise é o referencial da Teoria da Transposição Didática proposta Yves Chevallard (1991) que permite analisar e identificar, por exemplo, as possíveis diferenças entre o saber de referência produzido pelo cientista e o saber que foi didatizado para os livros e materiais didáticos. No ensino de física, a relação entre esses saberes também tem instigado muitas discussões, pois comparando a física que é levada para a sala de aula com a física desenvolvida pelos cientistas, institutos de pesquisa ou nas universidades, embora existam muitas semelhanças entre esses saberes, também existem pontos muito diferentes em relação ao que foi transposto de um nível do saber (saber sábio) para o outro (saber escolar).

Desta forma, neste trabalho faz-se uma análise sobre o tema na tentativa de entender como ocorreram esses processos de transformação desses saberes. Para isso, é feita uma análise do processo de didatização ocorrida na experiência do espalhamento das partículas alfa presente em alguns livros didáticos do Ensino Médio em relação a textos e extratos históricos de referência, procurando identificar as possíveis diferenças entre o saber de referência produzido pelo cientista e o saber a ser ensinado presente nos livros didáticos. Assim, inicialmente são abordados cada um dos saberes e, em seguida, as contribuições da teoria da transposição didática para o entendimento desses saberes, bem como as regras da transposição didática apontadas por Astolfi *et al* (1997), e, finalmente, como o exercício da vigilância epistemológica proposta por Chevallard permite identificar essas nuances de distorção dos saberes ao longo do processo de didatização.

## 2. A Teoria da Transposição Didática de Chevallard

A noção de Transposição Didática tem-se constituído em algo presente na maioria dos estudos que tratam das relações entre as disciplinas a ensinar e as ciências de referência. No Brasil, tem aparecido em textos legais que tratam do

ensino, como nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para a formação de professores da educação básica.

O conceito de Transposição Didática foi proposto inicialmente pelo sociólogo Michel Verret, em 1975, sendo usado no ano de 1980 por Yves Chevallard<sup>1</sup> em um trabalho no qual o objetivo era analisar e discutir o conceito matemático de distância. Essa obra gerou algumas críticas e polêmicas, as quais motivaram seu autor a publicar sua segunda edição em 1991, adicionando um Posfácio. Assim, o estudo da transposição didática tem em Chevallard um de seus pioneiros, cujo trabalho se situa no campo da Didática da Matemática. Para Chevallard, o objeto da Didática da Matemática é o sistema didático<sup>2</sup> e mais amplamente o sistema de ensino.

Na Teoria da Transposição Didática, Chevallard caracteriza os saberes em três níveis, sendo eles o saber sábio, o saber a ser ensinado e o saber ensinado. Cada um dos saberes apresenta sua particularidade, sendo eles pertencentes a uma esfera denominada de noosfera<sup>3</sup> que funciona como o centro operacional e fio condutor da transposição didática. Nesse contexto, Chevallard define a Transposição Didática como um instrumento eficiente para analisar o processo através do qual o saber produzido pelos cientistas (saber sábio) se transforma naquele que está contido nos currículos e livros didáticos (saber a ser ensinado) e, principalmente, naquele que realmente aparece nas salas de aula (saber ensinado). Portanto, com a transposição didática é possível analisar as modificações que o saber produzido pelo sábio (o cientista) sofre até este ser transformado em um objeto de ensino.

Em uma primeira análise percebe-se que no nível do saber a ensinar o conhecimento sofre uma adaptação para uma linguagem mais simples, procurando adequar-se ao ensino e sendo reestruturado de uma forma lógica e atemporal. Dessa forma, algumas pessoas são levadas a interpretar que o saber a ensinar é apenas uma mera “simplificação” dos objetos complexos que compõem o saber sábio. Essa interpretação um tanto discutível permite interpretações errôneas nas relações escolares, pois revela o desconhecimento de um processo mais complexo. Além disso, nesse nível do saber os personagens associados são professores, pesquisadores em ensino, autores de livros didáticos e a opinião pública em geral, que através do poder político influencia de algum modo o processo de transformação do saber. Os cientistas e intelectuais mesmo não pertencendo a esse nível de poder também influenciam de maneira indireta, porém significativa as decisões relativas ao saber que será processado e transformado.

Durante esse percurso de didatização ocorre aquilo que Chevallard chamou de *constrangimentos didáticos*, que modificam a natureza do saber sábio ao transformá-lo em objeto de ensino. Assim, podem ser citados e devem ser analisados os processos de *descontextualização*, de *dessincretização*, de *despersonalização* e de *descontemporização* (CHEVALLARD, 1991, p. 47).

---

<sup>1</sup> Posteriormente, Chevallard publica a obra em 1985 “La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné”, e expõe os principais conceitos de sua teoria, dentre eles o de sistema didático, o de sistema de ensino, o de noosfera e o de Transposição Didática, dando um corpo estrutural ao conceito de Transposição Didática.

<sup>2</sup> O sistema didático é constituído por três elementos que envolvem o professor, os alunos e o saber, através de uma relação didática, onde estão envolvidos pesquisadores em ensino, professores, políticos, autores de livro, pais de alunos e demais interessados em ensino.

<sup>3</sup> A noosfera também tem o papel de selecionar quais serão os saberes do saber sábio que passarão pelas transformações para se adequarem à linguagem escolar.

O processo de descontextualização do saber consiste no desligamento dos problemas que lhe deram sentido. Nesse processo há inicialmente um invariante, em geral um significante, e há também uma variação, um afastamento resultante da descontextualização dos significantes para em seguida se fazer uma recontextualização dentro de um discurso de outra espécie. Outro processo a ser considerado é o da despersonalização que começa a ocorrer já na comunidade científica. Um saber na sua origem está intimamente ligado ao seu produtor, entretanto devido à necessidade de dar publicidade a esse saber, ele sofre inicialmente um processo de despersonalização, pois deve ser comunicado numa linguagem própria e deve atender a padrões de legitimação. O processo de dessincronização pode ser tomado como resultado da textualização do saber em que o todo é estruturado em partes. Através desse processo ocorre uma delimitação do que constitui o campo de saber a ser ensinado. Diante disso, a textualização do saber mantém uma relação direta com o processo de descontextualização e com o processo de despersonalização.

No nível do saber ensinado ocorre uma segunda transposição didática, uma adaptação do saber a ensinar em saber ensinado. Segundo Chevallard, esse processo de transformação é denominado de Transposição Didática Interna por ser direta e ocorrer no espaço escolar. Analisando ainda esse nível do saber conclui-se que o saber ensinado é aquele que chega ao aluno, uma vez que já sofreu uma primeira transformação chamada de Transposição Didática Externa. Assim, ocorre uma adaptação do conhecimento ao tempo didático<sup>4</sup>, transformando-o em um sequenciamento de aulas, cabendo ao professor através do seu planejamento escolar a administração e adequação do tempo didático ao tempo real<sup>5</sup>.

Desse modo, devemos aceitar a transposição didática como um fenômeno presente no processo de ensino-aprendizagem e ter consciência de sua importância para o professor que pretende desenvolver um ensino mais contextualizado e com conteúdos menos fragmentados. Neste ponto Chevallard ressalta algumas características relevantes para que os saberes didatizados possam sobreviver no ambiente escolar. Essas características são as seguintes: *o saber tem que ser consensual, deve buscar uma atualização (moral e biológica), deve ser operacional e ter um caráter terapêutico.*

Tomando como referência o trabalho de Chevallard (1991), Astolfi *et al* (1997) apresenta de forma didática “*as várias etapas ou regras que conduzem à introdução do saber sábio até o saber a ensinar*” (p. 18). Essas cinco regras apresentam os objetivos que norteiam o processo de transposição no ambiente escolar e são descritas da seguinte forma: regra 1: *a busca pela modernização do saber escolar*; regra 2: *a atualização do saber escolar*; regra 3: *a articulação do saber novo com o saber antigo*; regra 4: *a transformação de um saber em exercícios e problemas*; regra 5: *a busca por tornar um conceito mais compreensível*. Essas regras apontadas por Astolfi trabalham em conjunto com as condições de sobrevivência dos saberes apontadas por Chevallard, de forma que utilizando essas regras é possível verificar se um determinado saber a ensinar conseguiu se estabelecer no ambiente escolar.

---

<sup>4</sup> Tempo bem definido no espaço escolar, para planejamento e organização do programa escolar. Pode ser entendido como a quantidade de aulas que se dispõe para trabalhar um conteúdo inserido em um planejamento.

<sup>5</sup> Tempo usado por uma série de personagens da noosfera para produzir um determinado saber.

### 3. O Livro Didático, a Intenção Didática e a Vigilância Epistemológica

Nos materiais de ensino e em especial nos livros didáticos são perfeitamente perceptíveis as muitas opções feitas no momento em que são concebidos e escritos. Isso é algo natural do ponto de vista didático, pois está intimamente ligado à *intenção didática* dos autores, ou seja, para quem está sendo escrito esses materiais, para quem vai utilizá-los e em quais níveis do ensino os mesmos serão utilizados. Daí a razão pela qual temos conteúdos que são mais privilegiados que outros e porque tantos outros acabam sendo literalmente excluídos.

A partir dessas reflexões podemos considerar que a transposição didática em conjunto com as suas regras representa uma ferramenta que permite ao didata que as conhece, afastar-se, interrogar as evidências de seu objeto de estudo, sendo uma forma de exercício da *vigilância epistemológica*, para que os objetos do saber que serão ensinados não sejam deturpados, substituídos, mas transformados. Nas palavras do próprio Chevallard, a Transposição Didática é:

(...) uma ferramenta que permite recapitular, tomar distância, interrogar as evidências, pôr em questão as ideias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto de estudo. Em uma palavra, é o que lhe permite exercer sua vigilância epistemológica. (CHEVALLARD, 1991, p.16)

Desta forma, com o exercício da vigilância epistemológica pode-se evitar que durante a transposição ocorra uma violência no processo de didatização dos saberes e que os mesmos percam seus significados em relação ao saberes que lhes deram origem, e ainda, ao mesmo tempo, que essa situação possa ser revertida criando elementos que garantam a sobrevivência desses saberes (caráter terapêutico).

### 4. Metodologia

Os materiais de ensino e os livros didáticos são elementos importantes dentro de qualquer proposta de ensino-aprendizagem seja ela inovadora ou não. Na literatura encontramos diversos elementos que justificam a importância de um bom material didático. Nesse sentido, Carvalho e Gil-Perez (2001) apontam que “o professor precisa saber preparar um programa de atividades que leve seus alunos a construir os conhecimentos, habilidades e atitudes do conteúdo que se propõe a ensinar” (p. 113).

Diante disso, em cada material de ensino e livro didático é possível perceber objetivos bem definidos, intenções didáticas e particularidades inerentes a cada autor. Entretanto, a física presente é a mesma e cada autor pode realizar uma abordagem diferente a respeito de um determinado saber da física, mas este saber é igual em cada um deles classificando-se como um saber a ser ensinado e vinculado ao saber de referência. Logo, o que difere um material de ensino de outro é além da intenção didática a maneira como foi realizada a transposição didática e o exercício da vigilância epistemológica.

Partindo-se dessa premissa e analisando os livros didáticos percebe-se que muitos deles podem trazer conteúdos que passaram por um processo de didatização

inadequado, trazendo conteúdos dogmatizados, despersonalizados, dessincretizados e descontextualizados. Diante deste cenário e procurando verificar esses elementos que inferem uma didatização errônea dos conteúdos de física nos livros didáticos, foram selecionados dois livros didáticos do Ensino Médio, livros estes de grande expressão e usados para o Ensino de Física nas escolas de nível médio, de forma a verificar a existência de indícios do não exercício da vigilância epistemológica por partes dos seus autores.

Os livros escolhidos embora tenham propostas didáticas diferentes e particularidades quanto à intenção didática de seus autores, mesmo assim, apresentam pontos importantes e que atendem aos critérios que se pretendem analisar neste trabalho. Nas obras escolhidas os autores fazem em muitos momentos referências a fatos históricos e traz em seus capítulos relatos quanto às descobertas científicas, entre elas, a descrição da experiência do espalhamento das partículas alfa. Devido a esse fato comum nas obras e considerando que as mesmas são muito utilizadas nas escolas da Rede Pública Estadual de Ensino Médio do Estado de São Paulo, logo foram selecionadas para que pudessem ser analisadas quanto ao aspecto da didatização da experiência do espalhamento. A questão fundamental é verificar se os autores após a didatização e descrição da experiência em suas obras exercitaram a vigilância epistemológica.

Para isso, tais livros foram confrontados com os extratos históricos da experiência do espalhamento das partículas alfa presentes no livro de Emilio Gino Segrè<sup>6</sup> (1905-1989). O autor mencionado descreve a experiência do espalhamento em detalhes e remete ainda ao artigo original de Sir. Ernest Rutherford<sup>7</sup> (1871-1937) submetido à *Philosophical Magazine*<sup>8</sup> em abril de 1911 e aceita em maio do mesmo ano. Devido às características do autor (Prêmio Nobel de Física) e do seu texto, Emilio Gino Segrè é utilizado neste trabalho como autor e fonte histórica de referência. Assim, os materiais selecionados para essa análise foram os seguintes: Material 1 - São Paulo faz Escola<sup>9</sup> - Caderno de Física 3 do aluno, de diversos autores da Rede Pública Estadual do Estado de São Paulo (2007); Material 2 - Física em Contextos<sup>10</sup> (Pessoal, Social e Histórico) - Eletricidade e Magnetismo, Ondas Eletromagnéticas e Radiação e Matéria, de Mauricio Pietrocola *et al* (2011).

A partir disso, foram verificados nesses materiais quatro itens que permitissem identificar um empobrecimento no sentido da física, ou seja, como os saberes de referência foram transpostos e como eles sofreram possíveis processos de dogmatização, despersonalização, dessincretização e descontextualização. Isso permite inferir se os autores tiveram a preocupação em exercitar a vigilância epistemológica em seus respectivos trabalhos ou apenas realizaram a transposição didática sem essa preocupação. Assim, os pontos analisados foram os seguintes: *objetivo do experimento, quem o realizou o experimento, o aparato experimental utilizado e as conclusões obtidas através do experimento.*

<sup>6</sup> O título do seu livro é "Dos Raios-X aos Quarks: Físicos Modernos e suas Descobertas (1982) da editora da Universidade de Brasília". Emilio Gino Segrè foi aluno de doutorado de Enrico Fermi e recebeu o prêmio Nobel de Física em 1959 pela descoberta do antipróton.

<sup>7</sup> Prêmio Nobel de Química em 1908 pelos trabalhos em Radioatividade.

<sup>8</sup> Disponível em: <http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/Chem-History/Rutherford-1911/Rutherford-1911.html>. Acesso em maio de 2012.

<sup>9</sup> O programa São Paulo faz Escola foi criado em 2007 e trata-se da implantação de um currículo único para todas as mais de 5.000 escolas da rede pública estadual. Com o programa, todos os alunos da rede estadual recebem o mesmo material didático a cada bimestre e seguem o mesmo plano de aula. Neste trabalho foi analisado o caderno 3 de física do aluno, caderno este entregue aos alunos da Rede Pública Estadual no 3º bimestre. Disponível em: <http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/spfe2009/HOME/tabid/1208/Default.aspx>. Acesso em maio de 2012.

<sup>10</sup> Terceiro livro da coleção *Física em Contextos* produzido pela editora FTD e que participou da escolha do livro didático no último PNLD, sendo aprovado. Conforme dados fornecidos pelos autores a coleção teve grande aceitação por parte dos docentes da rede pública e particular, sendo uma coleção escolhida e usada atualmente pelos docentes das escolas públicas em conjunto com o material didático fornecido pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo neste ano letivo de 2012.

## 5. Resultados e Conclusões

A partir do texto histórico de referência de Segrè foi realizada a análise dos livros didáticos e elaborados os quadros abaixo para facilitar a comparação dos itens relacionados anteriormente. No quadro 1 temos as características do texto histórico de Emilio Gino Segrè onde é relatada a experiência do espalhamento enquanto que no quadro 2 temos as características encontradas dos itens selecionados nos materiais didáticos (livros 1 e 2):

**Quadro 1 - Análise do texto histórico de Emilio Gino Segrè**

Emilio Gino Segrè	
<b>Objetivo do experimento</b>	- Segrè comenta que o objetivo do experimento era o de realizar o espalhamento das partículas alfa e beta na matéria para que fosse identificada a verdadeira estrutura do átomo, resolvendo o impasse entre os modelos atômicos vigentes na época, neste caso, os modelos de Thomson e Nagaoka.
<b>Quem realizou o experimento</b>	- Segrè apresenta o contexto em que a experiência foi realizada. Relata que Sir Arthur Schuster (1851-1984) detentor de uma fortuna havia montado um “excelente laboratório” em seu departamento e que ao aposentar-se teria como condição de que para a cátedra de física, em seu lugar, Rutherford a assumisse. - Segrè ainda relata que outras pesquisas foram realizadas no laboratório montado por Schuster com a ajuda de vários alunos. Nesse laboratório Bragg e Kleeman tinham descoberto que o alcance das partículas alfa é característico de sua energia, enquanto que os dois Braggs, pai e filho, tinham estudado a ionização ao longo da trajetória. - Segrè relata que em 1909, Ernest E. Marsden compatriota de Rutherford veio trabalhar com Rutherford e “casualmente” observou que vez por outra as partículas alfa eram defletidas em ângulos consideráveis. Diante disso, Rutherford fez com que a experiência fosse repetida muitas vezes. Em seguida, Marsden comunicou a Rutherford o que observara na experiência do espalhamento. Surpreendido, Rutherford mais tarde fez a famosa declaração de que o “espalhamento de partículas alfa foi tão incrível como se você disparasse uma bala de canhão de 15 polegadas sobre uma folha de papel e ela voltasse e atingisse você.” (Segrè, p.108)
<b>Aparato experimental utilizado</b>	- Segrè comenta a dificuldade para ter no laboratório uma amostra de rádio. Relata que inicialmente o laboratório possuía apenas 20 mg e que depois a Academia de Ciências de Viena emprestou 350 mg de brometo de rádio a Ramsav, do University College, em Londres e Rutherford poderia utilizar essa amostra. Porém um desentendimento fez com que Ramsav não quisesse dividir o material. Assim, a Academia de Ciências de Viena emprestou outra amostra de 350 mg a Rutherford. - Segrè relata em sua obra ao lado da representação original da aparelhagem utilizada por E. Marsden e H. Geiger o funcionamento do aparelho e comenta que o feixe de partículas alfa colide com uma fina folha de metal, sendo que a observação da fluorescência foi feita com um microscópio e que a fonte de partículas alfa estava em um recipiente de chumbo e dentro de um recipiente de vácuo.
<b>Conclusões obtidas através do experimento</b>	- Segrè relata que Rutherford forneceu uma base experimental sólida para o modelo atômico teórico pensado por Nagaoka, um átomo com semelhança ao modelo planetário. Além disso, a experiência proporcionou a estimativa do tamanho do átomo e do núcleo atômico.

**Quadro 2 - Análise dos materiais didáticos (Livros 1 e 2)**

	Material 1 - São Paulo faz Escola	Material 2 - Física em contextos
<b>Objetivo do experimento</b>	- Os autores comentam que o material tem por objetivo a compreensão da experiência de espalhamento, a partir de uma atividade analógica prática. O foco maior da situação de aprendizagem é a realização da atividade prática. Ela deveria ser auxiliadora para a compreensão do texto que contextualiza os conceitos referentes ao espalhamento. Também se espera do professor que utilize este material que o saber a ser ensinado tenha se construído com outras fontes de estudo. O caderno do aluno do programa “São Paulo faz Escola”, não é proposto como um material didático único, mas um apoio no que diz respeito principalmente à sequência didática a ser aplicada em sala de aula.	- Segundo os autores o material tem por objetivo resolver através da experiência do espalhamento das partículas alfa o impasse entre os modelos atômicos existentes no começo do século XX, neste caso os modelos de Thomson de 1903 e o de Nagaoka de 1904 (p. 401).
<b>Quem realizou o experimento</b>	- Os autores na seção “situação de aprendizagem 2” relatam que em 1908 E. Rutherford, E. Marsden e H. Geiger realizaram uma experiência para elaborar um modelo atômico. Afirmam que era esperado que as partículas alfa atravessassem a “folha de ouro” quase sem desvios e que com os resultados Rutherford elaborou “o celebre modelo planetário do átomo” comparando com o sistema solar, e preservando “alguns conceitos do modelo de Thomson”.	- Segundo os autores a resolução do impasse entre os modelos foi decidida com base em resultados experimentais obtidos por Ernest Rutherford, pelo inglês Ernest Marsden e pelo alemão Hans Geiger. Neste caso, os autores citam que os dois últimos participantes da experiência foram apenas colaboradores de Rutherford (p. 401).
	- No material 1 não há uma descrição em linguagem verbal escrita sobre como era o aparato experimental utilizado na experiência de espalhamento com	- No material 2 não há uma descrição em linguagem verbal escrita sobre como era o aparato experimental utilizado nas experiências

<b>Aparato experimental utilizado</b>	partículas alfa. Mas, no decorrer do texto há alguns indícios dos materiais componentes deste experimento: folha de ouro, polônio, material fluorescente e etc. Existe a descrição de algumas ocorrências presentes nas experiências originais: o bombardeamento, a identificação das partículas alfa, a fluorescência e etc. - Os autores apresentam uma representação pictórica dos componentes do aparato experimental que propicia ao leitor uma potencial compreensão de como foi a experiência real do espalhamento das partículas alfa.	de espalhamento com partículas alfa. Mas, no decorrer do texto há alguns indícios dos materiais componentes deste experimento: bloco de chumbo, lâmina de ouro, polônio, feixe de partículas alfa, lâmina de sulfato de zinco e etc. Também existe uma descrição de algumas ocorrências presentes nas experiências originais: o bombardeamento, a identificação das partículas alfa, a fluorescência e etc. - Os autores apresentam uma representação pictórica dos componentes do aparato experimental que propicia ao leitor uma potencial compreensão de como foi a experiência real do espalhamento das partículas alfa (p. 402).
<b>Conclusões obtidas através do experimento</b>	- Os autores apresentam os resultados da experiência de forma muito breve e indicando que o tamanho do átomo é em sua maior parte um vazio. Além disso, são apresentadas em forma de itens as principais características do átomo de Rutherford.	- Os autores apresentam os resultados da experiência de forma muito breve e indicando que o tamanho é da ordem de $10^{-10}$ m, enquanto que seu núcleo é da ordem de $10^{-14}$ m. Além disso, é feito um destaque quanto ao fato do retroespalhamento no átomo e são apresentadas em forma de itens as principais características do átomo de Rutherford (p. 403).

Percebe-se que no livro de Segrè o autor faz uma descrição detalhada da experiência do espalhamento das partículas alfa ficando em evidência no texto os motivos que levaram Rutherford, Marsden e Geiger a realizarem a experiência do espalhamento, motivos estes que estavam relacionados aos modelos de Thomson e Nagaoka. Segrè, assim como Rutherford<sup>11</sup>, destaca ainda o grande trabalho de Marsden e Geiger na experiência do espalhamento sob a tutela de Rutherford comentando ainda sobre a representação original da aparelhagem utilizada por eles, além de um relato sobre o funcionamento do aparelho e a colisão do feixe de partículas alfa na fina folha de metal<sup>12</sup>. Assim, pode-se inferir que Segrè fez o exercício da vigilância epistemológica no texto de referência que é utilizado neste trabalho da forma adequada.

Voltando-se aos materiais didáticos analisados percebe-se que houve uma preocupação por parte dos autores com a questão da despersonalização, descontextualização e dessincretização, entretanto nos mesmos aparecem em certos momentos elementos de uma descontextualização em relação ao saber de referência. No material 1 é feita uma breve descrição histórica da experiência, dando-se os devidos créditos a Marsden e Geiger, ou seja, tem-se a contextualização do problema. Embora no material 1 não apareça uma descrição detalhada do experimento talvez pela intenção didática dos autores, a experiência tem seus resultados apresentados de forma clara ao passo que no material 2 é feita uma contextualização do problema que motivou a realização da experiência, destacando Marsden e Geiger como colaboradores de Rutherford e a apresentação dos resultados de forma objetiva e elencada em itens.

Tanto nos materiais 1 e 2 não há uma descrição em linguagem verbal escrita sobre como era o aparato experimental utilizado nas experiências de espalhamento com partículas alfa, embora no decorrer dos textos existam alguns indícios de como foram esses materiais. Segrè faz menções quanto à observação da fluorescência feita com o auxílio de um microscópio e quanto à fonte de partículas alfa que estava

<sup>11</sup> Convém ressaltar que no título original do artigo de Rutherford, é feita uma menção ao uso das partículas alfa e beta, pois as partículas beta foram usadas na experiência, mas por terem uma trajetória muito irregular foram substituídas pelas partículas alfa que apresentavam uma trajetória mais regular para o propósito da experiência.

<sup>12</sup> Outro ponto importante é quanto à fina folha de metal, ou seja, o alvo usado na experiência. Em Segrè fica exposto que foram utilizados alvos de vários metais e que Geiger e Marsden mediram a quantidade relativa de desvios das partículas alfa nestes diferentes metais, sob condições similares, usando as cintilações na tela de zinco como um elemento para mensuração do espalhamento das partículas.

em um recipiente de chumbo e dentro de um recipiente a vácuo. Enquanto isso, nos materiais 1 e 2 não é feita nenhuma consideração a esses detalhes. Desta forma, percebe-se neste ponto que o saber presente nos materiais 1 e 2 não é condizente com aquele saber de referência, sendo despersonalizado e descontextualizado, a ponto de dar a entender que as medidas realizadas por Marsden e Geiger foram realizadas de forma simples e sem auxílio de instrumentos de observação, ou ainda, a olho nu. Assim, pode-se inferir que os autores dos materiais analisados não fizeram o exercício da vigilância epistemológica da forma adequada.

## 7. Considerações Finais

Desta forma, percebe-se com esta análise a importância do exercício da vigilância epistemológica como instrumento para verificação dos saberes que foram transpostos para os materiais de ensino, indicando que compete aos professores realizarem uma observação crítica desses materiais quando os mesmos forem utilizados em sala de aula.

Sem esse distanciamento que permita ao professor rever o processo de didatização corre-se o risco de levar para as aulas de física elementos de dogmatização da ciência, dando ênfase apenas nos produtos e na exclusão dos processos, perda do contexto da descoberta e da atividade individual, perda do contexto epistemológico para o qual ele se conecta, perda de historicidade, gerando um conhecimento escolar descaracterizado e exilado do seu real significado. Logo, o professor desempenha um papel fundamental dentro do processo da transposição didática.

## 8. Referências

- ASTOLFI, Jean-Pierre. et al. **Mots-clés de la didactique des sciences: repères, définitions, bibliographies**. Bruxelles: De Boeck & Larcier, 1997.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PEREZ, D. **Formação de professores de ciências**. São Paulo: 6ª ed. Cortez, 2001.
- CHEVALLARD, Yves. **La Transposicion Didactica: Del saber sabio al saber enseñado**. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.
- PIETROCOLA, M. et. al. **Física em Contextos (Pessoal, Social e Histórico) - Eletricidade e Magnetismo, Ondas Eletromagnéticas e Radiação e Matéria**. São Paulo: Editora FTD, 2011.
- RICARDO, Elio C.; PIETROCOLA, Mauricio. **Vigilância Epistemológica em livros didáticos: demonstrando o processo de TD no conhecimento da Física. Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, 2010.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado da Educação. **Caderno do Aluno. Física do 3º Ano do Ensino Médio. 3º Bimestre de 2009**. São Paulo: SSE, 2009.
- SEGRÉ, E. G.. **Dos raios X aos Quarks. Físicos Modernos e suas Descobertas**. Universidade de Brasília, Brasília, 1982.
- SOUSA, W. B.. **Física das Radiações: Uma proposta para o Ensino Médio**. 2009. 248 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de pós-graduação em ensino de ciências - Universidade de São Paulo, 2009.