

---

**Artigo Científico**

---

## Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo

*Epistemological obstacles in science teaching: a study about their influences on the atom conceptions*

Henrique José Polato Gomes<sup>✉, a</sup> e Odisséa Boaventura De Oliveira<sup>✉, b</sup>

<sup>a</sup>Curso de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil; <sup>b</sup>Departamento de Teoria e Prática de Ensino, Setor de Educação, UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

### Resumo

Muitas estratégias usadas por docentes para tornar o ensino mais atrativo, ou com intenção de facilitá-lo, na realidade podem se tornar sérios entraves na aprendizagem do ensino científico. Com a equivocada convicção que explicam, metáforas e analogias utilizadas, podem não suscitar interesse pela compreensão do fenômeno. Bachelard chamou esses subterfúgios de obstáculos epistemológicos e o objetivo deste trabalho foi identificá-los em alunos de oitava série do ensino fundamental e de primeiro ano do ensino médio, referentes ao ensino de atomística, procurando compará-los, visto que aprenderam este conteúdo com diferentes materiais didáticos. Para tanto, foram aplicados 291 questionários nos quais foram analisadas respostas e desenhos, que evidenciam tais obstáculos. © Ciências & Cognição 2007; Vol. 12: 96-109.

**Palavras-chave:** atomística; obstáculos epistemológicos; Bachelard; aprendizagem;

### Abstract

*Some strategies used by teachers to make a subject more attractive or easier, actually can be a serious impediment to the learning of the scientific concepts. Metaphors and analogies used in the explanation can result in a satisfactory explanation, and consequently, in a lack of interest for the phenomenon. Bachelard called those subterfuges epistemological obstacles, and the objective of this paper were identify them in students at the last level of elementary school and at the first level of high school, in atomistic teaching, and compare them, considering they learned that through different materials. Thus, 291 questionnaires asking about atom conceptions and a drawing of it were applied and they show an evident existence of those obstacles. © Ciências & Cognição 2007; Vol. 12: 96-109.*

**Key Words:** atomistic; epistemological obstacles; Bachelard; learning;

---

✉ - O.B de Oliveira é Graduada em Ciências Biológicas Modalidade Médica, Licenciatura (Organização Educacional Barão de Mauá) e Pedagogia (PUC-Católica), Mestre em Educação (Universidade Estadual de Campinas) e Doutora em Educação (Universidade de São Paulo). Atualmente é Professora (UFPR). E-mail para correspondência: [odissea@terra.com.br](mailto:odissea@terra.com.br). H.J.P. Gomes é Graduando do Curso de Ciências Biológicas, Modalidade Licenciatura (UFPR). E-mail para correspondência: [henrique.polato@gmail.com](mailto:henrique.polato@gmail.com).

## 1. Introdução

“Quando se acompanham os esforços do pensamento contemporâneo para compreender o átomo, é se quase levado a pensar que o papel fundamental do átomo é o de obrigar os homens a estudar matemática.”

Gaston Bachelard

É comum o uso, em sala de aula, de diversas estratégias com o intuito de facilitar a aprendizagem. Muitas delas, como analogias, metáforas, imagens, modelos entre outras presentes nos materiais didáticos e amplamente utilizadas por docentes, deveriam ser fonte de reflexão sobre suas implicações. Ainda que empregadas com a intenção de facilitar a compreensão de um determinado assunto, na realidade não auxiliam verdadeiramente, salvo em casos específicos muito bem trabalhados. Ao contrário, esses subterfúgios pedagógicos fazem com que sejam substituídas linhas de raciocínio por resultados e esquemas, o que se por um lado suscita atrativos e interesse, por outro se cristaliza intuições. Assim, práticas como essas podem ser perniciosas à aprendizagem. A assimilação de noções inadequadas, sejam elas advindas dos conhecimentos empíricos que o educando vivencia em seu cotidiano ou adquiridas na escola, poderá resultar na constituição de obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996).

Os obstáculos epistemológicos são inerentes ao processo de conhecimento, constituem-se em acomodações ao que já se conhece, podendo ser entendidos como anti-rupturas. O conhecimento comum seria um obstáculo ao conhecimento científico, pois este é um pensamento abstrato. Na visão de Lecourt (1980: 26) os obstáculos “preenchem a ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico e restabelece a continuidade ameaçada pelo progresso do conhecimento científico”, podem aparecer na forma de um contra-pensamento ou como paragem do pensamento. São encarados como resistências do pensamento ao pensamento.

Segundo Bachelard (1996: 17) não se tratam de “obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato

de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos”.

Muito dessa problemática, deve-se ao fato dos docentes não levarem em conta o conhecimento que os educandos já possuem e por conceberem a aquisição do novo conhecimento como uma adição, que pode ser atingida através de meras repetições. Além disso, normalmente esses conhecimentos não científicos oferecem uma satisfação imediata à curiosidade, o que indiferente de seu caráter, não se constitui em benefícios, ao contrário passa-se a admirar as imagens e a contentar-se simplesmente com resultados.

Na visão de Bachelard (1996), a preocupação dos educadores deveria ser alterar essa cultura cotidiana prévia, pois não é possível incorporar novos conhecimentos às concepções primordiais já enraizadas. Para que a aprendizagem ocorra de maneira efetiva, é preciso mostrar ao aluno razões para evoluir. O que significa estabelecer uma dialética entre variáveis experimentais e substituir saberes ditos estáticos e fechados, por conhecimentos abertos e dinâmicos.

Contra a formação do espírito científico, um exemplo de obstáculo epistemológico é o que Bachelard (1996) denomina de experiência primeira, a qual gera apego à beleza do experimento e não à explicação científica. É possível minimizar e até mesmo retificar essa experiência primeira por meio de uma ação que o autor chamou de “trazer a bancada do laboratório para o quadro-negro”, ou seja, procurar impedir que aconteçam apenas satisfações e admirações por imagens, preocupando-se com os fundamentos explicativos dos fenômenos presentes nas atividades experimentais. Segundo Bachelard, uma ciência que aceita imagens é vítima de metáforas e experiências repletas delas são, na realidade, sem grande valor se não for extraído o abstra-

to do concreto, isto é, o experimento deve ser utilizado como uma ferramenta auxiliar ilustrativa e não se resumir a uma sucessão de resultados visualmente interessantes (Bachelard, 1996).

Assim, essa ausência da busca pela explicação do fenômeno faz com que se estabeleça a dita doutrina do geral. A generalização é colocada por Bachelard como outro obstáculo epistemológico e sua utilização em sala de aula também pode ser igualmente impeditiva da formação do espírito científico, pois generalizações tornam uma lei tão clara, completa e fechada, que dificilmente levanta-se o interesse por questionar suas premissas. A generalização facilita momentaneamente uma compreensão, mas esse entendimento pode bloquear o interesse pelo estudo mais aprofundado. A lei geral é suficientemente satisfatória para que se perca o interesse por estudá-la. Parte dos obstáculos propostos é, de alguma forma, consequência de generalizações inapropriadas, de modo que o conhecimento geral acaba sendo um conhecimento vago (Costa, 1998).

O mesmo acontece quando, nas aulas de ciências, fenômenos são explicados por meio de expressões, imagens, metáforas ou analogias, denominadas por Bachelard de obstáculo verbal, isto é, uma tendência a associar uma palavra concreta a uma palavra abstrata. Essa situação ocorre quando uma palavra é tão suficientemente explicativa, que funciona como uma imagem e pode vir a substituir a explicação (Andrade *et al.*, 2002). Bachelard observou, em sua obra *A formação do espírito científico* (1996), que o uso abusivo da palavra esponja, por exemplo, desencadeou uma imagem que manteve o pensamento preso a ela enquanto objeto, não avançando para o nível da idéia.

Ainda assim, alguns autores defendem o uso de analogias como estratégia pedagógica válida para melhor compreensão e integração na estrutura cognitiva (Adrover e Duarte, 1995); também existem trabalhos que apresentam propostas de metodologias de ensino com analogias (Nagem *et al.*, 2001) e há até mesmo os que julgam o raciocínio metafórico e analógico como inerente ao ser humano

(Andrade *et al.*, 2002). E, de fato, há que se considerar que, quando apropriadamente usadas, metáforas e analogias podem ser boas ferramentas para ilustrar uma explicação; mas essas devem ser transitórias, devem ser usados como andaimes (*scaffolding*), conforme terminologia de Jerome Bruner, isto é, apenas como um suporte para o alcance do conhecimento científico.

Talvez pareça incoerente fazer essa analogia ao andaime, explicando como fazer uma analogia por meio de outra, mas a idéia do uso de um andaime deve ser entendida como um auxílio, como algo temporariamente utilizado para atingir um determinado fim; não como algo inicial ou a primeira coisa que deve ser feita para que se aproxime do conhecimento. Bachelard não é peremptoriamente contra o uso de metáforas, contanto que elas venham após a teoria, como um auxílio no esclarecimento.

O problema ocorre quando há o uso anterior à explicação da hipótese ou teoria, pois pode ocorrer uma tendência à estagnação do pensamento, o aluno se apega e aceita essa aproximação como um estratagema conclusivo, não havendo necessidades de maiores elucidações o que impossibilita a abstração necessária ao conhecimento.

Outro obstáculo proposto por Bachelard (1996) é o substancialista, que pode ser em parte oriundo do materialismo promovido pelo uso de imagens ou da atribuição de qualidades aos fenômenos. Ele cita como exemplo, a teoria de Boyle que atribuía qualidades de viscoso, untuoso e tenaz ao fluído elétrico, é como se a eletricidade fosse uma cola, como se tivesse um espírito material.

Também denominou de obstáculo epistemológico animista ao fato de que atribuir vida daria relevância a um determinado fenômeno. Para Bachelard (1996: 191), “vida é uma palavra mágica”, ela marca um valor às substâncias, assim ele relata que no século XVIII a ferrugem era vista como uma doença que acometia o ferro, ou que se comparava a fecundidade dos minerais à das plantas.

Para Bachelard (1996: 21). “a noção de obstáculo epistemológico pode ser estudada no desenvolvimento histórico do pensa-

mento científico e na prática da educação”. Dessa maneira, existem inúmeras formas de obstáculos epistemológicos que, independente de sua natureza, necessitam ser identificados e retificados. Contudo, os obstáculos e entraves não devem ser compreendidos apenas como algo falho ou como aspectos pontuais de alunos com dificuldades; eles são importantes à aprendizagem e para que esta ocorra satisfatoriamente é necessário que haja, além de questionamentos e críticas, ruptura entre conhecimento comum e científico, construindo este e desconstruindo aquele (Lopes, 1993).

A preocupação com a aprendizagem de determinados conceitos advém de nossa experiência como professor assistente em uma escola da rede particular de ensino, na qual observamos dificuldades nos alunos em manifestarem idéias abstratas, por exemplo, em relação ao modelo atômico e suas estruturas, bem como de suas interações moleculares. A leitura de Bachelard nos instigou a buscar respostas para tais dificuldades, uma vez que observamos grande uso de analogias por parte dos professores regentes em sala de aula, como por exemplo, a distribuição eletrônica em camadas sendo explicada através de uma associação com gavetas que se enchem progressivamente, de maneira que, à medida que uma delas fica cheia de elétrons, essa se fecha e abre-se a próxima gaveta; ou de forma semelhante, a analogia da mesma distribuição com os assentos de um ônibus que vão sendo preenchidos gradativamente pelos passageiros. O funcionamento da eletrosfera como um trilho de trem por onde percorreria o elétron e a comparação de ligações covalentes com “salchichões” estabelecidos como conexão compartilhada entre átomos são alguns dos exemplos por nós presenciados.

O objetivo desse trabalho é, portanto, identificar alguns destes obstáculos propostos por Bachelard, relacionados ao ensino de química no conteúdo de atomística e analisar o porque dessas manifestações nas respostas de estudantes da 8ª série do ensino Fundamental e 1ª série do Ensino Médio a perguntas correlatas. Assim como comparar os materiais didáticos utilizados em cada situação de a-

prendizagem, pois os alunos que atualmente encontram-se na 1ª série, aprenderam esse conteúdo na oitava série, com o uso de apostila produzida por uma organização educacional da cidade. Esse material didático possui divisão entre matérias, possuindo uma parte específica de química, a qual começa com o estudo do átomo e enfoca principalmente a evolução dos modelos atômicos. Já os alunos que estão atualmente na oitava série estão aprendendo esse conteúdo com auxílio de um livro didático de outra rede educacional, o qual não possui divisão entre física e química e tem o conteúdo de atomística como primeiro assunto de química propriamente dita, enfatizando mais caráter elétrico do que a estrutura dos materiais. Sendo assim, também é objetivo do trabalho verificar se há diferença significativa nos conceitos apresentados pelos alunos que possa ser atribuída a influência do material didático.

Para isso, nossas questões de estudo nesta pesquisa são: quais concepções os alunos possuem sobre estrutura e finalidade da eletrosfera? Quais modelos atômicos são representados por eles? O que tem influenciado a constituição dessas concepções?

## 2. Métodos

No que tange ao delineamento metodológico, esta pesquisa é de natureza qualitativa, dada a tentativa de compreender aspectos singulares e não meramente a sua caracterização, de levar em consideração o contexto em que foi feita a análise e de procurar explicações para os resultados em variáveis, como os materiais didáticos. Também faz uso de dados quantificáveis na análise das respostas.

A presente investigação foi realizada em uma escola da rede particular de educação do município de Curitiba (PR), que atende alunos do Ensino Fundamental, Médio e Educação de Jovens e Adultos. Fizemos um levantamento no mês de abril de 2007, através de questionários aplicados durante algumas aulas cedidas por diferentes professores. Esse tipo de instrumento foi utilizado por possibilitar atingir um grande número de pessoas, oti-

mizar o tempo e garantir o anonimato das respostas.

O questionário consistiu em 3 perguntas, sendo a primeira objetiva e as outras duas abertas. Na primeira questão, havia 8 alternativas a respeito da estrutura e finalidade da eletrosfera, buscando identificar as concepções que os alunos possuíam dela. Nessa questão, não havia apenas uma alternativa que melhor representasse um ponto de vista; havia, na realidade, três alternativas relativamente complementares que poderiam ser consideradas corretas.

As demais questões eram abertas e visavam pesquisar qual modelo de átomo o respondente aceitava como correto, ou que mais se aproximasse da sua compreensão. Para isso, foi pedido que os alunos desenhassem como estariam “visualizando” o átomo caso esse fosse visto através de um microscópio com lentes de aumento muito poderosas e como eles poderiam separá-lo se pudessem manipulá-lo com pinças igualmente sensíveis e poderosas. Optamos por fazer essa relação entre o aluno imaginar como é a constituição de um átomo se fosse possível “vê-lo por dentro” com a elaboração de um modelo, já que concebemos modelo como:

“uma imagem que construímos da realidade e que nos ajuda a entendê-la. Nesse sentido, deve haver aspectos em comum entre a realidade e o modelo; uma transformação que ocorre na realidade pode ser representada através do modelo. Isso não significa que o modelo tenha que ser uma cópia exata da realidade e sim que deve representá-la.” (Mortimer, 2000: 189)

Por fim a terceira questão, também aberta, perguntava qual a explicação que o aluno dava para a aceitação da teoria atomística, tendo em vista que o átomo nunca foi visualizado. A resposta esperada seria algo relacionado a alguma evidência da existência atômica, como por exemplo, a existência de carga elétrica, campo magnético, emissão de fótons ou a mistura de dois elementos químicos. O ques-

tionário continha apenas três perguntas para que o maior número possível voltasse respondido, ou seja, que não ficasse cansativo para os alunos.

### 3. Resultados e discussão

Obtivemos um total de 291 questionários, desses 156 eram de alunos do primeiro ano e 135 da oitava série. Mesmo os questionários que não estavam completamente respondidos foram analisados. Como era de se esperar, as perguntas abertas tiveram um número menor de respostas, acreditamos que por exigir maior esforço.

Todos os alunos de ambas as séries responderam a questão 1, primeiro porque ela era uma questão fechada e de grau de dificuldade baixo. A tabela 1 mostra os percentuais obtidos em cada uma das afirmativas propostas na questão 1.

Para esta questão, as porcentagens de acerto em relação à alternativa A em ambas as séries mostra que a grande maioria dos alunos tem noção da existência e localização dos elétrons. A resposta esperada para o aluno que tivesse compreendido corretamente os conceitos relacionados à estrutura e finalidade da eletrosfera, era conjuntamente as alternativas A, E, e G. Na 1ª série do Ensino Médio a associação dessas respostas foi obtida em apenas 5 questionários, totalizando 3 % de acerto e na 8ª série essa associação não foi encontrada nenhuma vez.

Isso demonstra que embora haja a noção de eletrosfera, o pesquisado não tem clara a dinâmica de movimento de elétrons, o que pode ser verificado pela marcação das afirmativas F e H. Uma associação incoerente encontrada foi a das afirmativas E e F, pois, elas são frontalmente contraditórias. No primeiro ano essa associação aparece em três respostas (2 %), e na oitava série apenas uma vez (aproximadamente 1 %). Além disso, a alternativa E, que era uma das afirmativas corretas, obteve o menor percentual de aparecimento em ambas as séries.

ALTERNATIVAS	8ª série	1ª série
a) A eletrosfera é a região do átomo onde se encontram os elétrons	92 % *	94 % *
b) Cada camada da eletrosfera suporta uma quantidade máxima de elétrons, mas nunca pode ficar vazia	40 % *	35 % *
c) Cada camada da eletrosfera funciona como uma gaveta, ou seja, a hora em que uma delas fica cheia, esta se fecha e abre-se outra gaveta	55 %	38 %
d) Os elétrons 'rodam' ao redor do núcleo em um uma órbita fixa, ou seja, nunca alteram a direção da sua rotação	27 % *	26 % *
e) É possível que dentro de uma mesma camada os elétrons 'rodem' um para cada lado	6%	21%
f) É impossível que os elétrons 'rodem' um para cada lado, pois eles acabariam se chocando	49 %	33 %
g) A eletrosfera é composta de camadas energéticas, ou seja, elas não existem fisicamente	30% *	38% *
h) As camadas da eletrosfera existem e funcionam de maneira semelhante a um trilho de trem, por onde os elétrons circulam	36 %	32 % *

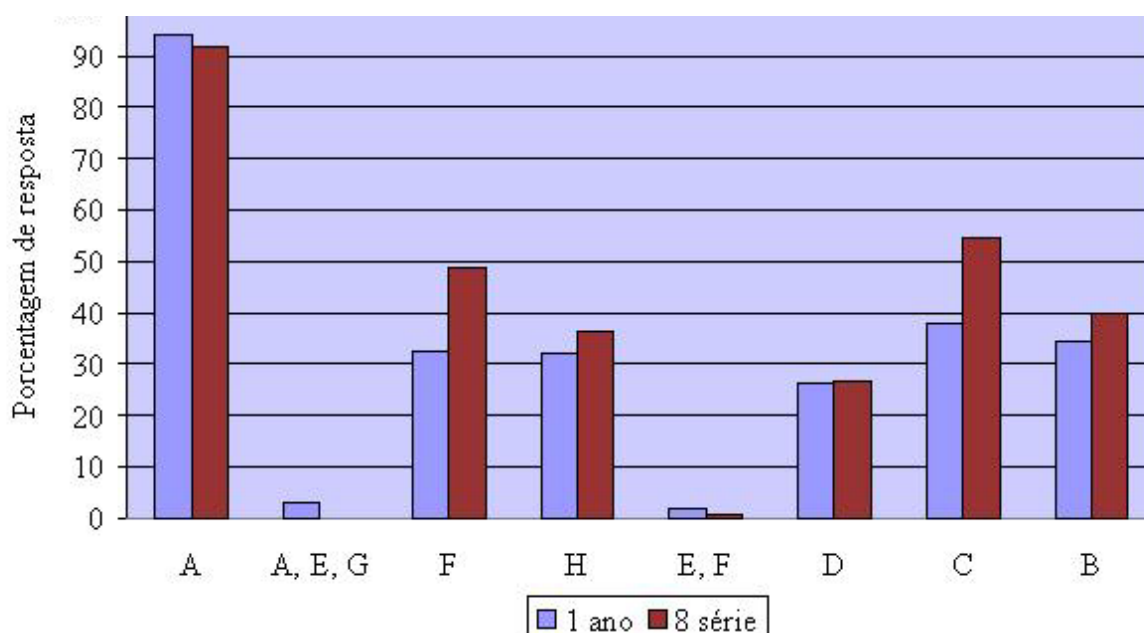
\* Embora a maioria dos alunos tenha marcado mais de uma alternativa, as afirmativas marcadas apareceram também como única opção em alguns questionários.

Ta-

**abela 1** - Comparação do percentual de respostas à questão 1.

Outros obstáculos que podem ser identificados foram os representados pela afirmativa C, em que a camada da eletrosfera

eletrônico ocorre linearmente com a condição da camada anterior já estar preenchida, o que é comumente visto em sala de aula sob as



funciona como uma gaveta, com altos índices de marcação em ambas as séries; e a resposta B, segundo a qual a camada da eletrosfera suporta uma quantidade máxima de elétrons, mas nunca pode ficar vazia. Esses dois obstáculos, a nosso ver, são de mesma natureza, uma vez que dão a idéia que o preenchimento

analogias de gavetas ou bancos de ônibus, que são preenchidos gradativamente e da frente para trás.

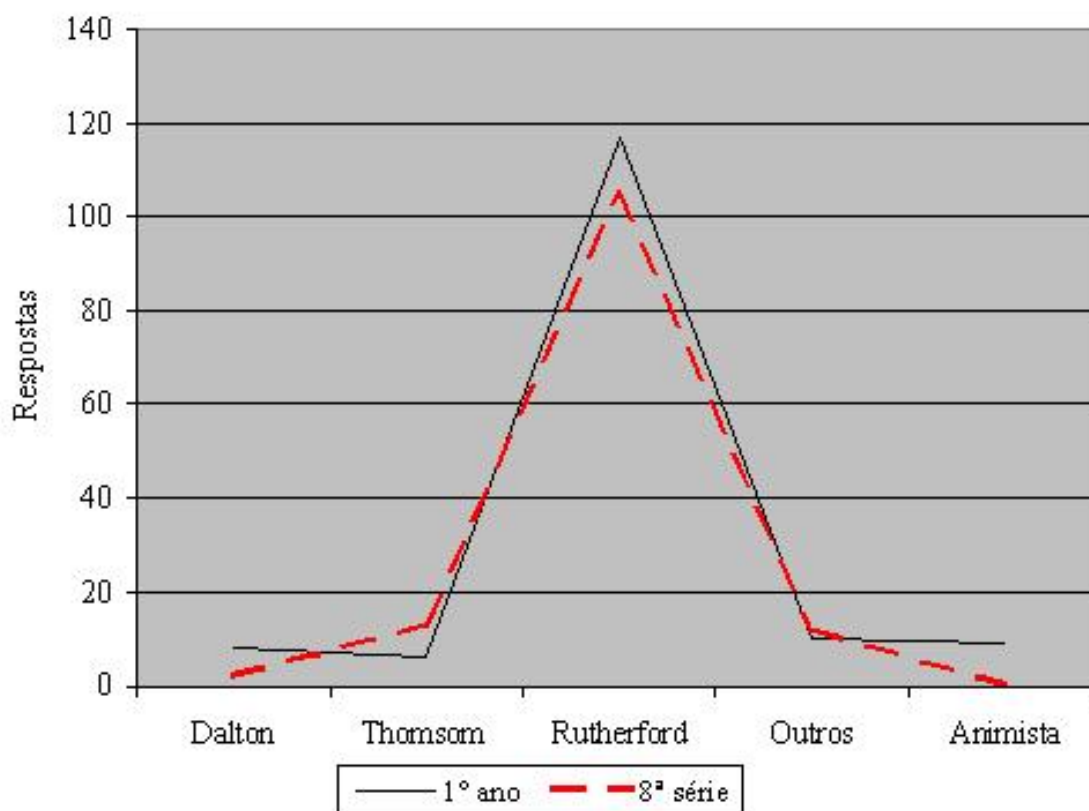
A comparação da porcentagem de respostas simples e combinadas pode ser vista no gráfico 1.

**Gráfico 1** - Comparação dos percentuais de resposta da questão 1.

A questão 2 era dividida em dois itens, no primeiro era requisitado o desenho do átomo sob a possibilidade hipotética de que o estariam vendo através de equipamento próprio; o segundo item perguntava em que partes poderiam separá-lo caso existissem pinças muito sensíveis que possibilitassem essa manipulação. A análise dos desenhos obtidos foi feita enquadrando-os através de semelhanças com os modelos pré-estabelecidos na literatura. No total cinco modelos foram identificados: ANIMISTA (Galiazzi *et al*, 1997), que coloca características das células dos seres vivos à matéria; MODELO DE DALTON, referente ao átomo como “bola de bilhar”, que seria a menor parte da matéria, sendo portanto, indivisível e indestrutível; MODELO DE THOMSON, que seria o modelo “pudim de passas” e o MODELO DE RUTHERFORD ,

com a divisão em um núcleo com prótons e nêutrons e uma eletrosfera com elétrons. O modelo de átomo de Rutherford-Böhr, que mostraria os níveis de energia das camadas, e o modelo atômico de Sommerfeld, no qual a eletrosfera seria composta de órbitas elípticas, com um aspecto de tridimensionalidade, foram contabilizados juntamente com o modelo de Rutherford. Alguns modelos, por não poderem ser classificados como nenhum dos expostos acima, foram classificados como OUTROS; isso se deu pelo fato de se apresentarem em um estado “intermediário”, isto é, com características de mais de um modelo, o que dificulta o seu enquadramento.

A comparação entre as respostas pode ser vista no gráfico 2.

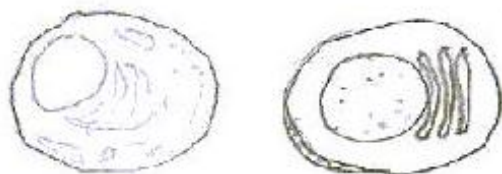


**Gráfico 2** - Comparação entre as respostas à pergunta 2, na parte referente aos modelos atômicos.

Conforme pode ser visto no gráfico, o modelo animista foi encontrado na resposta de 9 alunos de primeiro ano. Vale dizer que destes, apenas quatro alunos estavam, dois a dois, na mesma sala, o que elimina a possibi-

lidade de cópia ou de alguma forma de influência nessas respostas. Dessa maneira, como pode ser visto na figura 1, é muito evidente a confusão com a idéia de célula, o que provavelmente se deve à aprendizagem recente des-

se conceito como menor parte do organismo vivo e ao fato de ambos, célula e átomo, possuírem um núcleo. Além disso, na segunda parte da questão que perguntava sobre as possíveis separações, 1 dos alunos escreveu que separaria o núcleo da membrana, o que explicita bem esse equívoco.



**Figura 1** - Modelo Animista, que apareceu apenas nas respostas de alunos do 1º ano.

No que tange ao conceito atômico de Dalton, isto é, de átomo como a menor partícula da matéria, formada de uma estrutura

compacta, maciça e sólida, sendo assim indivisível e indestrutível, foi encontrado que, no primeiro ano, 8 alunos (5 %) permanecem presos a esse conceito, enquanto que na oitava série esse número cai para 2 pessoas (1,5 %). Isso pode estar relacionado de alguma forma ao material didático, pois os alunos de primeiro ano aprenderam esse conteúdo na oitava série, com uma apostila que possuía um tópico sobre Dalton e seu modelo “bola de bilhar”; os alunos atualmente na oitava série estão fazendo uso de um livro didático cujo enfoque sobre esse conteúdo para predominantemente na natureza elétrica dos materiais, passando diretamente das primeiras noções de átomo de Demócrito a Rutherford, não citando Dalton. Obviamente que, pelo aparecimento desse modelo, a professora deve tê-lo explicado em sala de aula, mas o fato de não ser encontrado no livro didático pode ser um fator que explica a disparidade de resultados. Exemplos de modelos encontrados podem ser observados se na tabela 2:

8ª série	1º Ano

**Tabela 2** - Comparação dos Modelos de Dalton obtidos.

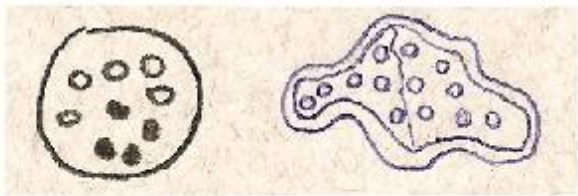

Entretanto, esse resultado não se repete no que diz respeito ao modelo atômico de Thomson, pois da mesma forma, a apostila traz um tópico explicando seu modelo “pudim de passas”, no qual o átomo seria uma esfera de carga positiva, onde estariam imersas as partícula negativas (elétrons), enquanto que o livro atualmente utilizado também não cita Thomson. Sendo assim, era esperado um resultado semelhante ao modelo Daltoniano,

considerando novamente que esse modelo, pelo seu aparecimento, também foi explicado em sala. Contudo, no primeiro ano houve apenas 6 casos (4 %) identificáveis como seguidores do modelo de Thomson, enquanto que na oitava série obteve-se 13 esquemas (10 %), o que indica que, provavelmente tenha sido dada maior importância à esse modelo em sala de aula, talvez em virtude da ênfase no aspecto elétrico feita pelo livro didático,



esse modelo tenha sido mais utilizado como base para compreensão dos posteriores. Exemplos de modelos encontrados estão repre-

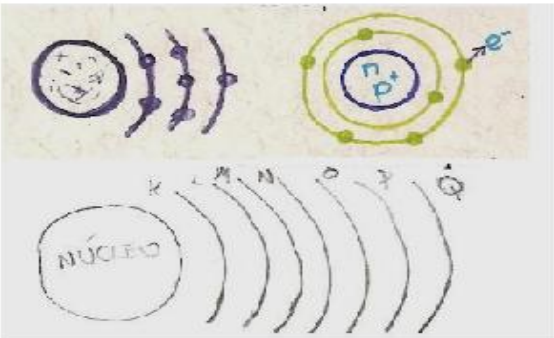
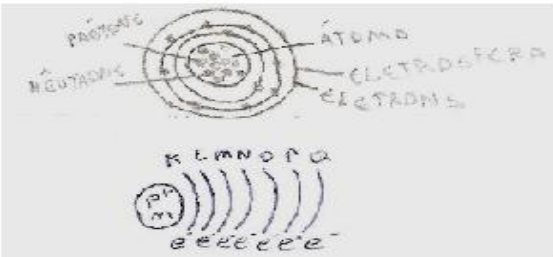
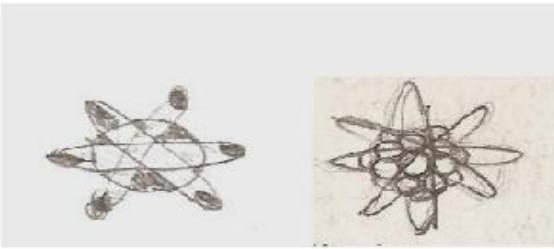

sentados na tabela 3:

8ª série	1º Ano
	

**Tabela 3** - Comparação dos Modelos de Thomson obtidos.

O modelo de Rutherford, por sua vez, foi contabilizado juntamente com o modelo de Rutherford-Böhr , visto que os dois são muito próximos e comumente ensinados conjuntamente, e com o de Sommerfeld , que não é tratado em nenhum dos dois materiais didáticos e foi enquadrado seguindo Galiazzi e colaboradores (1997). Pelo fato do modelo de Rutherford ser ensinado tanto na apostila quanto no livro didático, era esperado que se

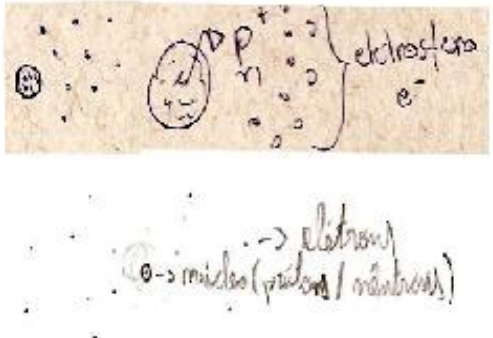

encontrasse um número semelhante entre as duas séries. Assim, foram encontradas 117 amostras no primeiro ano (80 %), e 105 na oitava série, perfazendo um percentual semelhante de 80 %. Esse resultado majoritário era, de certa forma, esperado, tendo em vista que esse modelo é o atualmente mais aceito para esse nível de escolaridade, sendo muitas vezes tratado como a melhor explicação atual para a estrutura atômica. (Tabela 4).

8ª série	1º Ano
	
	

**Tabela 4** - Comparação dos Modelos de Rutherford, Rutherford-Böhr, e Sommerfeld obtidos.

Contudo, comparando-se esse resultado com as respostas da primeira questão, nota-se que na maioria das vezes há uma boa noção na localização da eletrosfera, mas que possivelmente há um obstáculo epistemológico no que tange a sua funcionalidade, sendo essa muito comumente representada como uma “coisa” física e palpável. Ainda assim, foram encontrados alguns modelos que a representaram de uma maneira mais correta, se aproximando do que seria o ideal (tabela 5) esperado para essa idade, visto que esses alu-

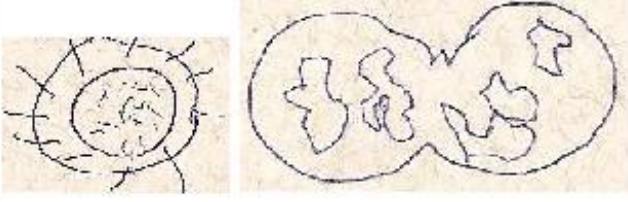
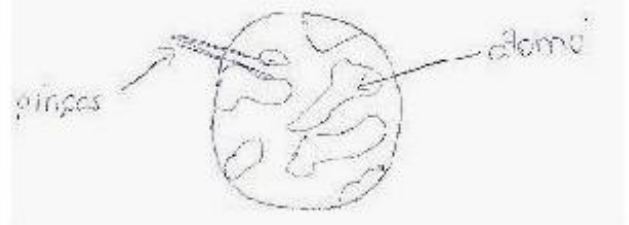
nos não possuem conhecimentos sobre modelos quânticos. É evidente que quando se pede que os alunos façam um desenho do que estariam vendo ao microscópio, o resultado também será, de certa forma, um esquema. Mas estas respostas obtidas, apresentam um nível maior de abstração que as demais, pois representaram apenas os elétrons ao redor do núcleo. Foram encontrados 2 amostras no primeiro ano (1 %) e 5 amostras na oitava série (4 %).

8ª série	1º Ano
	

**Tabela 5** - Comparação dos modelos mais próximos ao ideal.

Em ambas as séries alguns modelos não puderam ser encaixados em nenhum dos pré-estabelecidos, e foram classificados como “Outros”, aparecendo em 10 respostas (7 %)

no primeiro ano e em 12 questionários (9 %) na oitava série. Alguns desses exemplos podem ser vistos na tabela 6.

8ª SÉRIE	1º ANO
	

**Tabela 6** - Modelos classificados como “Outros”.

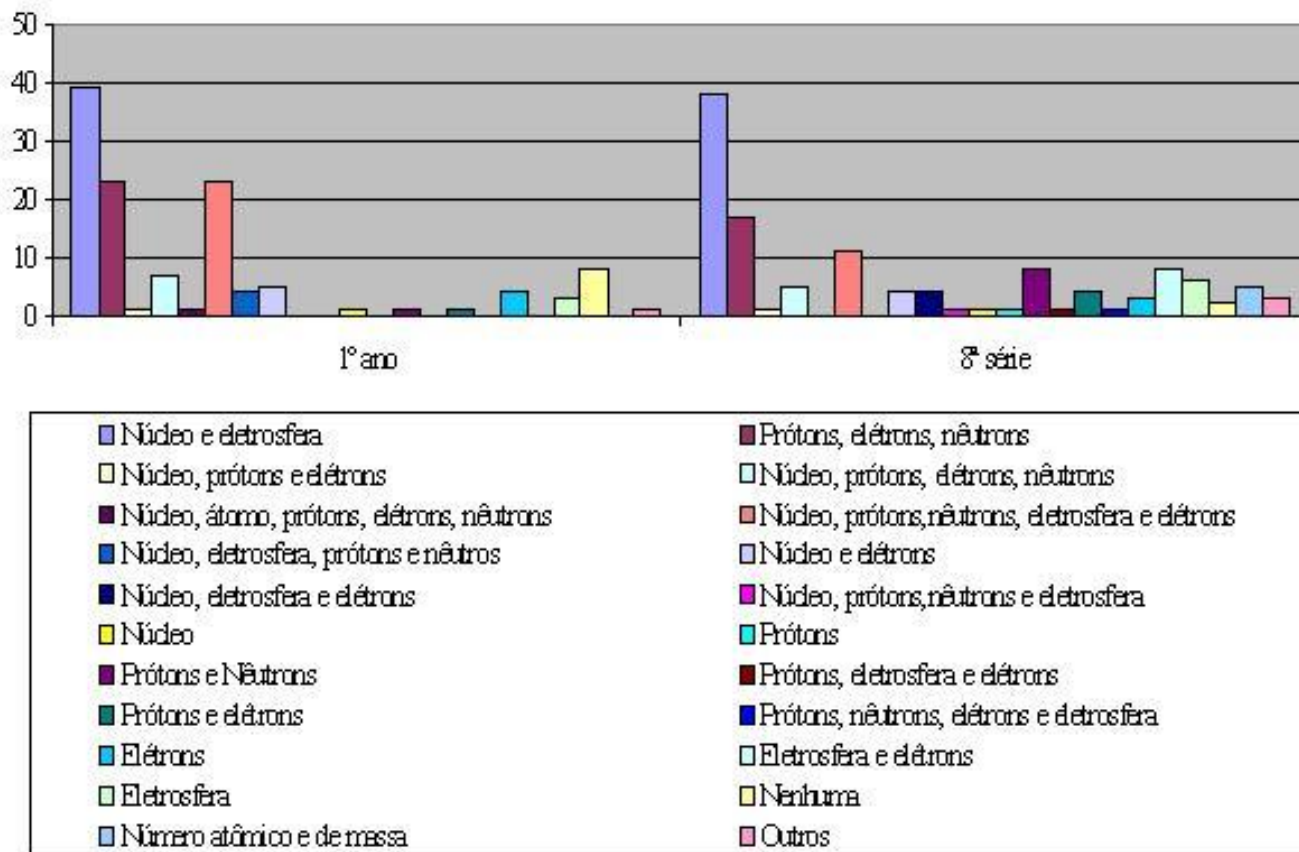
Na segunda parte da questão, como já citado, foi pedido para que os alunos separassem o átomo nas partes que julgassem possíveis. A separação que indica a noção mais correta seria em: “prótons, nêutrons e elétrons” e foi apontada 23 vezes no primeiro

ano (19 %) e 37 vezes na oitava série (14 %). Muitos alunos, entretanto, apresentam algumas evidências de obstáculos, como, por exemplo, a possibilidade de separação da eletrosfera, o que só seria possível considerando-a uma camada física, o que no primeiro

ano apareceu em 66 respostas (54 %) e na oitava série em 70 respostas, perfazendo um total de 56 %.

Como pode ser visto no gráfico 3, pela quantidade de separações encontradas, pode-se inferir que a estrutura e mesmo a funciona-

lidade atômica, não está clara para os alunos, seja por excluírem partículas importantes na separação ou por equívocos graves, como a separação em número atômico ou de massa, que são apenas conceitos.

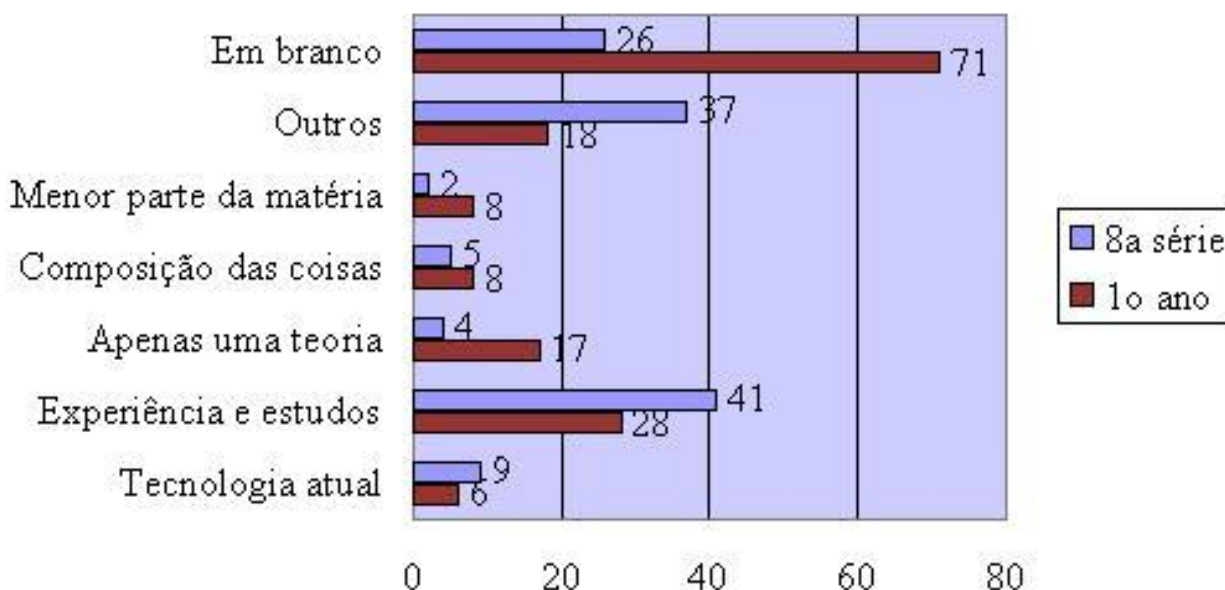


**Gráfico 3** - Comparação das possibilidades de separações atômicas encontradas.

Por fim, a questão número três questionava os alunos a respeito da existência do átomo, considerando que ele nunca foi visto. Ambos os materiais didáticos apresentavam evidências de sua existência. O livro didático tenta mostrá-lo através de duas experiências: A verificação da eletricidade estática pela atração de pequenos pedaços de papel em uma régua atritada por uma flanela, e o calor, até então inexistente, resultando da mistura de gesso em pó com água. A apostila, por sua vez, dá exemplos de aplicações tecnológicas que dependam do direcionamento de feixes

de elétrons, como por exemplo, em telas de televisores; e propõe um experimento com o aquecimento de diferentes metais, que quando submetidos ao fogo, alteram a coloração da chama.

Assim, seria de esperar que respondessem à pergunta com alguma evidência dessa natureza. Mas não houve resposta plenamente satisfatória. Na oitava série a questão foi respondida por 109 alunos (81 %), enquanto que no primeiro ano obteve-se 85 respostas (54 %). As respostas mais frequentes estão no gráfico 4.



**Gráfico 4** - Comparação das respostas em comum para a questão 3.

Dentre as respostas comuns, na oitava série, das 9 que atribuíram a existência atômica à inovações tecnológicas, 5 justificaram que a certeza ocorre graças a observação do átomo no microscópio; no primeiro ano, isso ocorreu em apenas uma resposta, embora um aluno tenha atribuído a observação a um telescópio. Das amostras que se referem a existência pelo fato do átomo ser a menor parte da matéria, ou seja, se fosse possível dividi-la continuamente, se chegaria até ele, na oitava série as 2 pessoas que escreveram essa resposta apresentaram o modelo atômico de Rutherford-Böhr na questão 2; já no primeiro ano, das 8 respostas, duas apresentaram o modelo de Dalton, as demais também apresentaram o de Rutherford-Böhr.

Algumas questões não puderam ser enquadradas em nenhum quesito e foram classificadas como outros, como por exemplo, 2 respostas na oitava série e 1 no primeiro ano, que atribuíam a existência atômica ao registro arqueológico pré-histórico escrito e pictórico, ou ainda um estudante da oitava série que defendia a existência de átomos fossilizados por erupções vulcânicas. Além dessas respostas, na oitava série também apareceram 3 amostras dizendo que o átomo existia porque “a professora disse”.

As respostas que mais se aproximaram do ideal foram 6 que atribuíram a certeza da

existência atômica às reações químicas e 2 respostas relacionando a sua existência a explosões de bombas atômicas. Ainda assim, boa parte das respostas obtidas são, em ambas as séries, superficiais. Isso dificulta qualquer inferência de nossa parte, pois mesmo as respostas mais próximas do correto, são demasiado simplistas. As respostas que certificavam o átomo por “estudos e experiências realizadas”, por exemplo, não possibilitam identificar se há realmente alguma forma de obstáculo epistemológico na explicação.

#### 4. Conclusão

A intenção desse trabalho foi identificar alguns dos possíveis obstáculos epistemológicos propostos por Bachelard (1996) presentes no ensino de química, em alunos de oitava e primeiro ano do ensino médio, além de verificar se sua existência está, de alguma forma, relacionada ao material didático utilizado.

Assim, após sua realização, pôde-se evidenciar a existência de alguns obstáculos epistemológicos no ensino de atomística em ambas as séries analisadas. A dificuldade de superação dos modelos utilizados, considerando inclusive que muitos deles não são os atualmente aceitos, mas são mostrados com a finalidade de fazer uma abordagem histórica,

são bons exemplos de possíveis entraves. Para a aprendizagem do conhecimento científico, é preciso que se tenha um modelo apenas como uma representação, havendo necessidade de abstrair de suas figuras e esquemas para que haja uma verdadeira compreensão. Além disso, não é apenas o conceito que está se constituindo em um obstáculo, as partículas atômicas também não são bem compreendidas pelas séries estudadas. É possível que as duas questões estejam relacionadas, pois as representações podem conduzir a idéias erradas de localização e funcionabilidade.

A atuação docente também é certamente muito importante para a aceitação ou refutação de um dos modelos atômicos, pois, considerando que o novo material didático não trazia alguns dos modelos analisados, e ainda assim esses modelos continuaram a aparecer, a ação do professor fica aqui evidente. Isso não representa necessariamente um problema. Na realidade, como o material não trazia essas idéias, é interessante que o professor as mostre, ampliando as abordagens que deverão conduzir ao conceito; mas essa aproximação deve ter o enfoque histórico, formando uma linha de raciocínio, progredindo através de rupturas e incentivando a superação dos modelos. Ademais, é responsabilidade docente a retificação das analogias e metáforas existentes no material didático, bem como a diligência de suas utilizações nas suas explicações, refletindo se seu uso está sendo, de fato, um auxílio.

Assim, a mudança do material didático não surtiu grandes efeitos na melhoria das concepções atômicas, tendo em vista que em ambos os materiais, embora a dinâmica de abordagem seja diferente, há noções que podem levar a formação de obstáculos, como por exemplo, as representações atômicas como sistemas planetários.

Também se esperava que os alunos de primeiro ano, por se encontrarem em uma idade mais avançada e já terem estudado outros aspectos de maior complexidade das partículas atômicas, como por exemplo, os orbitais e os números quânticos, apresentassem uma maior capacidade de abstração e conceitos mais claros, o que não foi encontrado.

Obviamente que, embora esse conteúdo seja relativamente revisado, a defasagem de um ano desde a exposição desse conteúdo deve ser considerada como um fator. Por sua vez, a oitava série, provavelmente por ter recém o visto, na maior parte das vezes apresentou maior índice de acerto.

Podemos traçar algumas implicações desse nosso estudo para o ensino de ciências. A primeira delas diz respeito à aprendizagem de outros conteúdos relacionados à compreensão do átomo, como é o caso da aprendizagem sobre reações químicas. Certamente a compreensão de quaisquer interações moleculares é prejudicada em alunos que aceitem como correto o modelo de Dalton, que ainda não possuía divisão em partículas. Da mesma forma, no modelo de Thomson, que já propõe o conceito de elétron, mas não o de eletrosfera, assuntos como ligações químicas, magnetismo, e emissões de fótons também teriam a aprendizagem seriamente dificultada. Na realidade, defendemos a abstração do modelo, pois mesmo o modelo mais aceito, pode ocasionar entraves, como mostraram Fukui e Pacca (1999), que estudaram a concepção atômica relacionada à compreensão de corrente elétrica. Em seus resultados, o grupo estudado não mostrou apego aos modelos atômicos antigos, mas ainda assim:

“A estrutura atômica, o átomo para o aluno, praticamente tem existência própria, sem que esteja vinculado à matéria, a um substrato. O elétron é uma entidade muitas vezes desvinculada de uma estrutura, podendo aparecer sozinho e sem interferir em nada.” (Fukui e Pacca, 1999: 9)

Outra implicação se refere à necessidade de reconhecimento por parte dos professores das evidências aqui detectadas e da possibilidade de estabilização do pensamento dos alunos num determinado modelo atômico que não o aceito atualmente, para que o docente trabalhe numa perspectiva de questionar essas concepções fazendo o aluno avançar nesta construção. Ou seja, possibilitar ao estudante a compreensão e a conscientização de que um

modelo rompe com o anterior de tal forma que ele possa apreender a constituição da matéria segundo uma concepção de senso comum, de ciência clássica e de ciência quântica. A essa pluralidade, Bachelard (1984) chama “perfil epistemológico”, isto é, diferentes formas de ver e representar a realidade. Ou ainda em suas palavras:

“Poderíamos relacionar as duas noções de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico porque um perfil epistemológico guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar.” (Bachelard, 1984: 30)

Para reafirmar nossas conclusões finalizamos recorrendo mais uma vez ao pensamento deste autor (Bachelard, 1984: 84):

“Não nos parece com efeito que se possa compreender o átomo da física moderna sem evocar a história das suas imagens, sem retomar as formas realistas e as formas racionais, sem lhe explicitar o perfil epistemológico.”

Explicitar os diferentes modelos é importante, mas é preciso ter muito cuidado para que ocorram as rupturas necessárias, ou seja, para que a explanação ocorra construindo uma linha de raciocínio que conduza à real aprendizagem.

## 5. Referências bibliográficas

Adrover, J.F e Duarte, A. (1995). *El uso de analogias en la enseñanza de las ciencias*. Programa de estudios cognitivos, Instituto de

investigaciones psicologicas, Facultad de psicología, Universidad de Buenos Aires.

Andrade, B.L.; Zylbersztajn, A. e Ferrari, N. (2002). As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gastón Bachelard. *ENSAIO- Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (2), 1-11.

Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. Estela dos Santos Azevedo. Rio de Janeiro: Contraponto.

Bachelard, G. (1984). *A filosofia do não*. Trad. Joaquim José Moura Ramos, 2ed. São Paulo: Abril Cultural.

Costa, R.C. (1998). Os Obstáculos epistemológicos de Bachelard e o ensino de ciências. *Cad. Educ. FaE/UFPel*, Pelotas, 11, 153-167.

Fukui, A. e Pacca, J.L.A. (1999). Modelo atômico e corrente elétrica na concepção dos estudantes. Em: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – *Atas, II ENPEC* (pp.1-9), Valinhos.

Galiuzzi, M.C.; Oliveira, L.R.; Moncks, M.D. e Gonçalves, M.G.V. (1997). Perfis conceituais sobre o átomo. Em: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, *Anais, I ENPEC* (pp.345-356), Águas de Lindóia.

Lecourt, D. (1980) *Para uma crítica da epistemologia*. Lisboa: Assírio e Alvim., 2 ed., p. 25- 32

Lopes, A.R.C. (1993). Contribuições de Gastón Bachelard ao ensino de ciências. *Enseñanza de las ciencias*, 11(3), 324-330.

Mortimer, E.F. (2000). *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: UFMG.

Nagem, R.L.; Carvalhaes, D.O. e Dias, J.A.Y.T. (2001). Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. *Rev. Port. Ed.*, 14 (1), 197-213