

# A EXPERIMENTAÇÃO E A SUPERAÇÃO DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO PROCESSO DE COMPREENSÃO DA ESTRUTURA DA MATÉRIA

## THE EXPERIMENTATION AND OVERCOMING OBSTACLES IN THE PROCESS OF UNDERSTANDING EPISTEMOLOGICAL THE STRUCTURE OF MATTER

**Ademir de Jesus Silva Júnior**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB/Departamento de Estudos Básicos e Instrumentais, [ademirjr18@yahoo.com.br](mailto:ademirjr18@yahoo.com.br)

**Edson José Wartha**

NIPPEC – Núcleo de Pesquisa e Pós Graduação em Educação e Ciências -  
*Campus* Professor Alberto Carvalho - Universidade Federal de Sergipe, Itabaiana-SE

### **Resumo**

O presente trabalho procura verificar a eficiência da experimentação como forma de intervenção pedagógica nas concepções apresentadas pelos estudantes - que já concluíram o Ensino Médio ou estão concluindo - sobre a estrutura da matéria, antes e após o desenvolvimento de atividades experimentais nas aulas de Química, durante o estudo da estrutura da matéria. Neste trabalho, foi possível verificar que após todas as intervenções, 65% dos alunos já apresentavam ideia de partículas e espaços vazios em seus modelos explicativos sobre estrutura da matéria. Por outro lado, 35% continuaram apresentando uma visão contínua da matéria, evidenciando resistências ao abandonar suas ideias iniciais.

**Palavras-chave:** Natureza da matéria, experimentação, intervenção pedagógica.

### **Abstract**

The present work search to verify the efficiency of the experimentation as form of pedagogic intervention in the conceptions that students that already concluded the secondary school or they are ending present on the structure of the matter before and after the development of experimental activities in the chemistry classes during the study of the structure of the matter. In this study, we found that after all the interventions, 65% of the students already had the idea of particles and voids in their explanatory models about the structure of matter. On the other hand, 35% continued to show a continuous view of matter, showing resistance to abandon their initial ideas.

**Keywords:** nature of the matter, experimentation, pedagogic intervention.

## Introdução

Para Chassot (1993), o Ensino de Química pode ser uma importante ferramenta na formação de cidadãos, pois ele pode facilitar e permitir uma nova leitura do mundo desenvolvendo, no aluno, a capacidade de viver melhor o seu dia-a-dia. Tal postura poderá permitir uma maior integração das pessoas com a sociedade de forma mais ativa e consciente, pois a partir da aquisição do conhecimento científico, cada indivíduo atua de forma específica sobre a natureza, modificando-a e modificando-se, segundo as teses do pensamento dialético.

Diversos estudos, realizados em diferentes países, mostraram que grande parte dos estudantes apresenta dificuldades em compreender microscopicamente aquilo que se vê macroscopicamente. Com relação à gênese do atomismo, Piaget (1975) destaca a seguinte afirmação de Bachelard: “(...) o atomismo é, à primeira vista, uma doutrina de inspiração visual... O pó e o vazio apreendidos em uma olhada ilustram em verdade a primeira lição do atomismo”.

Piaget chegou à suposição de que, ao mesmo tempo em que a criança constitui os princípios físicos da conservação, desenvolve progressivamente uma visão atomista para a matéria. Isto fica bem claro quando Piaget (1975) declara o problema geral das pesquisas relativas a esse tema: “(...) por em claro as origens psicogenéticas do atomismo e em particular de saber se toda mente que chega aos conceitos de conservação extrai deles necessariamente um esquema de composição atomista”.

Para verificar as relações entre noções de conservação e atomismo, Piaget e Inhelder (1975) utilizaram três experimentos: a dissolução do açúcar na água, a expansão de um grão de milho de pipoca e a dilatação do mercúrio em um tubo quando aquecido. Através destes, Piaget e Inhelder (1975) verificaram que o desenvolvimento das noções atomistas se dá por etapas. Descreveram quatro etapas sucessivas, cujas linhas gerais estão expostas a seguir.

Na primeira etapa, antes dos 7 anos de idade da criança, não se observa nenhuma noção de conservação ou qualquer sinal de uma visão atomista da matéria. Na segunda etapa, que acontece entre 7 e 8 anos, essas noções são constituídas correlativamente, ou seja, há a formação de um esquema de atomismo simples que assegura a conservação da substância. Na terceira, que acontece por volta dos 9 a 10 anos, o indivíduo começa a ter alguma ideia sobre a existência de partículas invisíveis, mas não possui uma compreensão do todo em determinada matéria. Na quarta e última etapa, o sujeito possui uma ideia de partículas invisíveis que preenchem determinados espaços em outra matéria, como por exemplo, quando colocamos um pouco de açúcar em água.

Pesquisas não-piagetianas sobre a natureza da matéria foram realizadas em diversos países envolvendo estudantes com características distintas, e tais estudos apresentaram resultados semelhantes. Novick e Nussbaum (1978) investigaram em que extensão alunos israelenses da 8ª série do ensino fundamental, que tinham estudado o modelo de partículas na série anterior, haviam internalizado os aspectos básicos deste modelo. Verificaram que muitos aspectos da teoria de partículas não tinham sido internalizados pelos alunos. Setenta por cento dos sujeitos tinha a ideia de que o gás era

composto de partículas, mas apenas uma pequena percentagem tinha a ideia de espaços vazios entre as partículas de gás, ou que elas estavam em constante movimento.

Esses mesmos pesquisadores realizaram um estudo sobre o mesmo tema, porém com estudantes americanos que possuíam uma faixa etária maior, ou seja, entre 15 e 17 anos, no qual confirmaram os resultados do estudo anterior: os alunos internalizam diferentemente os aspectos do modelo científico. Este estudo, envolvendo sujeitos de uma larga faixa etária, mostrou também que as dificuldades não são superadas por sujeitos mais velhos. Estas dificuldades persistem no Ensino Médio e no Ensino Superior. Apenas 37% dos alunos universitários respondem o teste corretamente em termos do modelo de partículas. “O restante dos alunos mostraram, em suas respostas, uma mistura de noções “primitivas” e científicas”.

Outro estudo relevante sobre o tema foi realizado por Brook, Briggs e Driver (1984), envolvendo alunos ingleses do Ensino Médio e os aspectos que compreendiam acerca da teoria corpuscular (ou modelo de partículas). Neste estudo, os autores pretendiam responder às seguintes questões:

- 1) O que os estudantes compreendem acerca da natureza corpuscular da matéria?
- 2) Eles compreendem o modelo científico proposto para sólidos, líquidos e gases?
- 3) Eles são capazes de usar o modelo científico sobre partículas para interpretar situações do cotidiano?

Através de questionários, os autores concluíram que:

- i) No mínimo 1, em cada 10 estudantes, apresenta argumentos completos baseados nas ideias aceitas sobre partículas;
- ii) No mínimo 1, em 5 estudantes, dá respostas parciais baseadas nas ideias aceitas de partículas;
- iii) Estudantes de todos os graus, que já tinham estudado aspectos relevantes da teoria de partículas, usaram ideias aceitas mais freqüentemente do que os que não tinham estudado.
- iv) Ideias alternativas à de partículas foram usadas no mínimo por 1/3 dos estudantes, tais como: as partículas se expandem ou se contraem, as partículas ficam quentes, as partículas derretem, por exemplo, que mostram uma tendência de dar atributos macroscópicos às partículas;
- v) Entre 1/4 e 1/3 de todos os estudantes deram respostas com enfoque macroscópico sem nenhuma menção à ideia de partículas.

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo verificar se através de atividades de intervenção pedagógica, por meio de experimentos simples, é possível proporcionar aos alunos uma superação das ideias prévias acerca da natureza corpuscular da matéria e, ao mesmo tempo, desenvolver uma abordagem metodológica centrada no dialogo entre professor-aluno, entre o fenômeno observado e os modelos e teorias, ou seja, um confronto entre as evidências e os modelos explicativos.

As interpretações inadequadas, sejam elas advindas dos conhecimentos empíricos que o estudante vivencia em seu cotidiano ou adquiridas na escola, poderão resultar na constituição de obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996). Tais obstáculos epistemológicos são inerentes ao processo de conhecimento, constituem-se em acomodações ao que já se conhece, podendo ser entendidos como anti-rupturas e, neste caso, o conhecimento comum poderia se apresentar como um obstáculo ao conhecimento científico, pois este é um pensamento abstrato (modelo explicativo) enquanto que o conhecimento comum seriam interpretações sensoriais sobre os fenômenos. Além disso, esses conhecimentos não científicos oferecem uma satisfação imediata à curiosidade. Por exemplo, é muito mais simples admitir que a matéria seja contínua que admitir que ela seja descontínua, ou seja, aceitar a ideia de espaços vazios.

### **Procedimentos metodológicos**

A amostra foi constituída por alunos da 3ª série do Ensino Médio e de alunos que já concluíram o Ensino Médio, inseridos no programa Universidade para Todos (UPT), um projeto da Secretaria de Educação do Estado da Bahia, em parceria com a Universidade Estadual de Santa Cruz. A turma era heterogênea, no que diz respeito ao nível cultural e cognitivo dos estudantes, sendo que os participantes do projeto foram selecionados em diversas escolas da região. A intervenção pedagógica estruturou-se em três etapas sucessivas. A primeira consistiu na realização de três atividades orientadas para a identificação das ideias prévias dos estudantes.

Atividade 01: dilatação do ar ao aquecer um tubo de ensaio cheio de ar com um balão amarrado na extremidade (Mortimer e Machado, 2002, p.68), que pode ser substituído por um kitassato ou erlenmeyer;

Atividade 02: diluição do azul de metileno em água, sob diferentes temperaturas. Nesta atividade, basta colocar uma gota de azul de metileno em 100 mL de água em diferentes temperaturas e observar. O azul de metileno pode ser substituído por outra substância colorida, como por exemplo, tinta de caneta;

Atividade 03: “ainda ficam espaços vazios?” Que consiste em ir colocando objetos cada vez menores em um recipiente, deixar os alunos formularem suas ideias e colocar uma nova substância. Geralmente iniciamos com bolinhas de gude, depois areia, depois água, e cloreto de sódio, para que os alunos admitam a ideia de que existem espaços vazios entre as partículas.

Na segunda etapa foi solicitado aos estudantes que apresentassem suas ideias sobre a estrutura da matéria, por escrito ou através de desenhos. Os alunos eram incentivados a expressarem suas ideias sobre a estrutura da matéria antes (aplicação de um pré-teste) e após a realização de cada experimento (aplicação de pós-teste).

Numa terceira etapa discutimos com os estudantes os modelos que eles apresentaram sobre a estrutura da matéria e, através de uma negociação de ideias, apresentamos alguns exemplos que foram apontados pelos cientistas ao longo da história.

## Resultados e discussão

Após a realização da primeira atividade (Dilatação do ar por ação do calor), em que colocávamos um balão no bico de um kitassato, foi observado o aumento no volume do balão em consequência do aumento de temperatura. Ao solicitarmos que os alunos representassem o que eles imaginavam sobre o fenômeno, observou-se que 85% dos alunos apresentam uma visão contínua da matéria, ou seja, uma forte tendência de negar os espaços vazios existentes entre as partículas. As figuras 1 e 2 nos ajudam a compreender as ideias e explicações dos alunos sobre a estrutura da matéria:

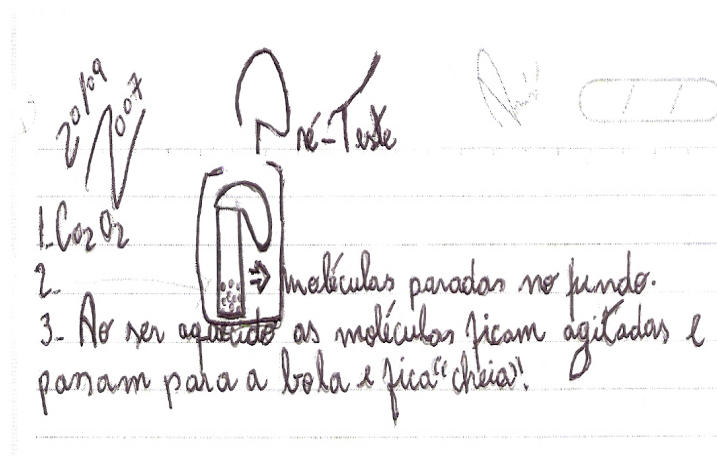


Figura 1: Representação para as partículas do gás (aluno A).

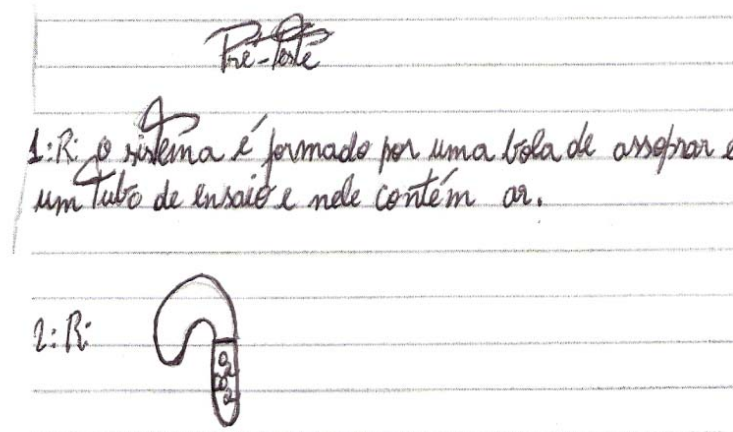


Figura 2: Representação para as partículas do gás (aluno B).

Verificamos que os estudantes apresentam ideias muito distorcidas sobre a estrutura da matéria. Parece ser um meio termo entre uma visão contínua e descontínua, apesar de terem estudado a estrutura da matéria, a teoria atômica, já deveriam admitir a matéria sendo constituída de partículas. O interessante foi perceber que, após a realização da atividade 01 (dilatação do gás por ação do calor) e da discussão sobre as

questões envolvidas, 65% dos alunos passaram a apresentar uma visão descontínua da matéria. As figuras 03 e 04 representam algumas dessas visões.

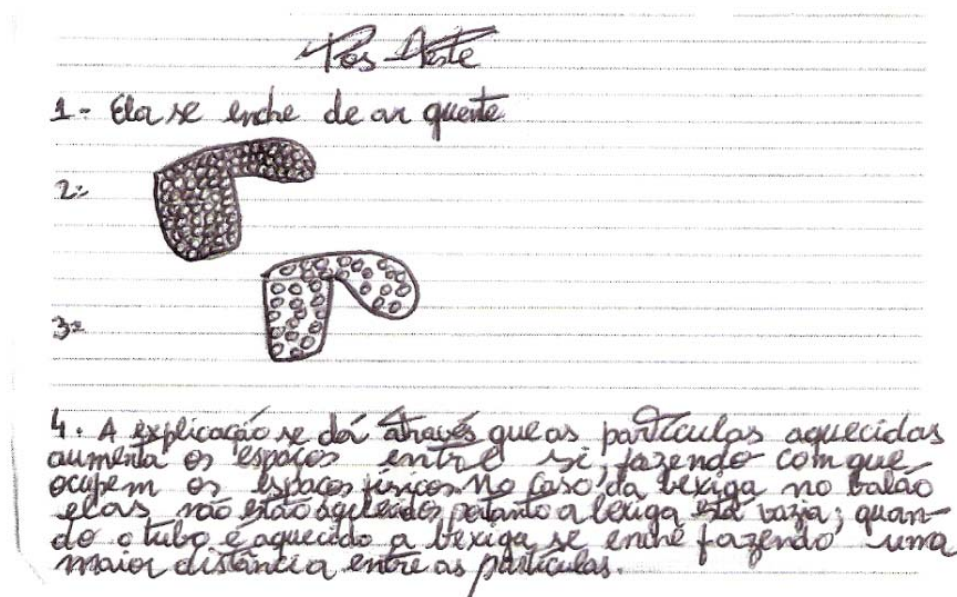


Figura 3: Representação para as partículas do gás (aluno C).

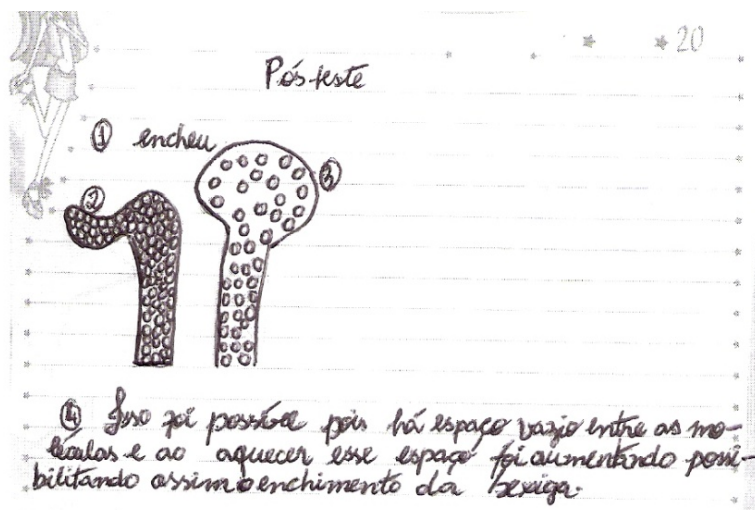


Figura 4: Representação para as partículas do gás (aluno D).

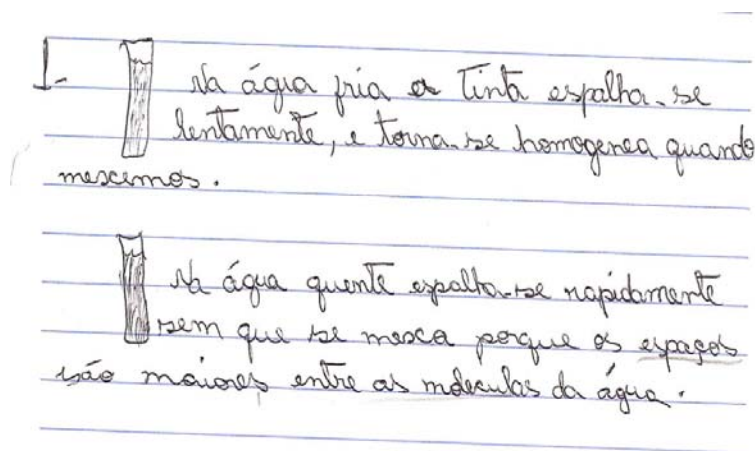
Para Furió (2000), as principais dificuldades que existem na compreensão do complexo mundo da química podem decorrer da incompreensão nas interpretações macroscópica e/ou microscópica dos fenômenos químicos e, também, da falta de relações entre estes níveis de interpretação da matéria. Esta interpretação dos fenômenos químicos tem sido assinalada pela bibliografia como fonte de obstáculos

subjacentes nas dificuldades que se apresentam no ensino da química, não apenas no ensino médio, mas também no ensino superior.

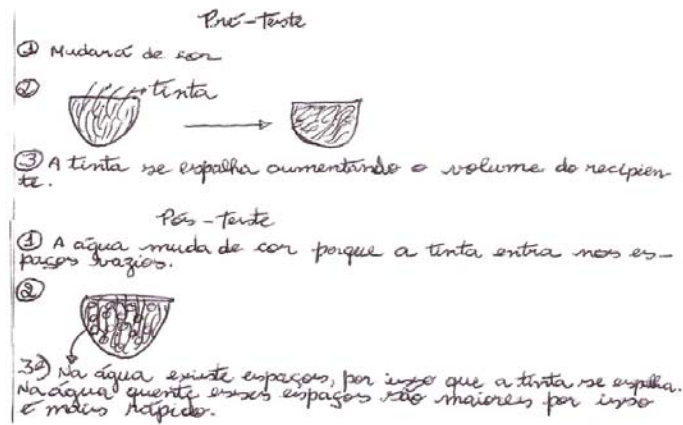
Os estudantes atribuem propriedades macroscópicas, como ponto de fusão, ebulição, tensão superficial no nível microscópico (atômico molecular), ou seja, atribuem o aumento do volume do balão a um aumento do tamanho das partículas e não ao aumento do espaço entre as partículas.

Ao realizarmos a segunda atividade experimental (diluição do azul de metileno em água a diferentes temperaturas), observamos que a maioria dos alunos respondeu simplesmente que a tinta se dissolve na água, apresentando uma visão contínua da matéria. De acordo com Mortimer (1995), raramente os alunos utilizam aspectos de outro modelo atomista nas explicações, como por exemplo, o movimento intrínseco das partículas ou suas interações. Há a dificuldade dos estudantes em transitar entre as observações fenomenológicas e as explicações atomistas, ou seja, em fazer relações entre os modelos atomistas e o comportamento dos materiais nas diversas transformações.

Após a realização do experimento da diluição do azul de metileno em água, em diferentes temperaturas, e de uma posterior discussão, verificamos que 16% dos estudantes continuam apresentando uma visão contínua da matéria, tanto para a água quanto para o azul de metileno, como pode ser verificado na figura 05. Também, verificamos que 20% dos estudantes apresentam uma visão descontínua para a água e contínua para o azul de metileno (figura 06).

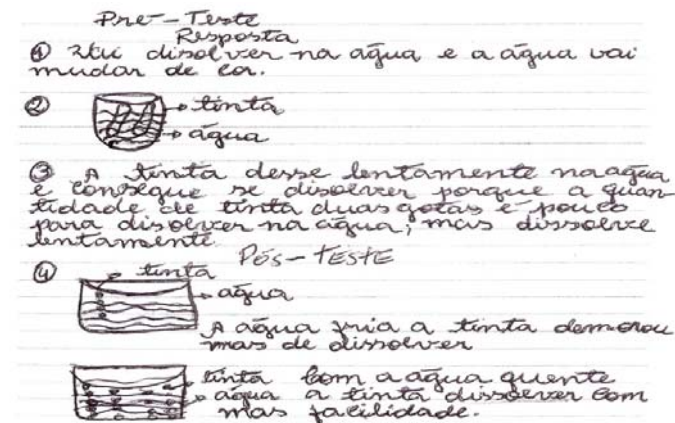


**Figura 5:** Representação contínua para a água e para o azul de metileno.



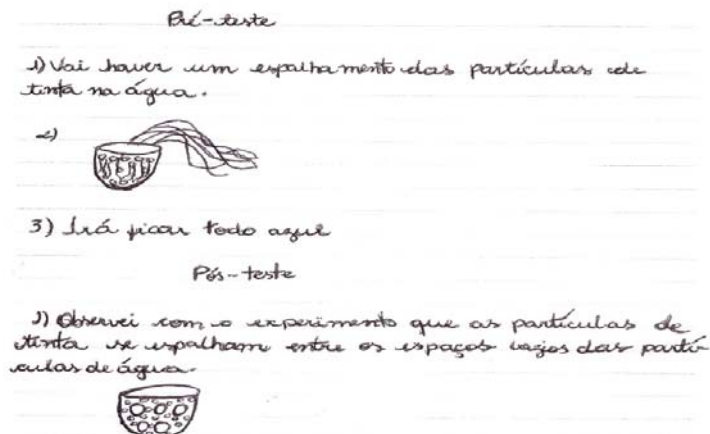
**Figura 6:** Representação descontínua para a água e contínua para o azul de metileno.

Verificamos que 32% apresentam visão contínua para a água e descontínua para o azul de metileno como mostra a figura 07.



**Figura 7:** Visão contínua da água e descontínua para o azul de metileno.

Os demais estudantes, aproximadamente 32%, apresentam visão descontínua, tanto para a água como para o azul de metileno (Figura 8).





**Figura 8:** Visão descontínua da água e do azul de metileno.

Pode-se observar que houve uma considerável mudança conceitual após o experimento e as discussões sobre as evidências dos espaços vazios entre as partículas, pois 32% dos alunos passaram a apresentar uma visão descontínua da matéria, tanto para a água como para o azul de metileno. Este não é uma percentagem ideal, porém é considerável, visto que, no início, quase que na sua totalidade apresentavam visão contínua para a matéria. Vários estudos anteriores comprovam que os alunos, em todo o mundo, apresentam dificuldades de admitir a descontinuidade da matéria, não utilizando o modelo corpuscular para justificar determinadas situações.

Em relação a esse quadro, Driver (1985) conclui:

“É possível que os estudantes tenham construído ideias sobre átomos e moléculas, bem como o de suas representações simbólicas na forma pretendida pelas aulas de Ciências, mas quando lhes é apresentado um fenômeno físico para ser explicado, os estudantes tendem a não ver essas ideias ensinadas como relevantes usando, ao contrário, suas ideias intuitivas baseadas na experiência. O problema que necessita ser considerado não é apenas se os estudantes entendem as ideias teóricas ou modelos que lhe são apresentados na escola, mas se eles podem usá-los ou vê-los como úteis ou apropriados na interpretação de eventos reais.” (Driver, 1985, p. 168).

Após a realização da terceira atividade experimental (Ainda existem espaços?) que consiste em ir colocando objetos cada vez menores em um recipiente, deixar os alunos formularem suas ideias e colocar uma nova substância. Geralmente iniciamos com bolinhas de gude, depois areia, depois água e cloreto de sódio para que os alunos admitam a ideia de que existem espaços vazios entre as partículas. Identificou-se que, após todas as intervenções, 65% dos alunos já apresentavam ideia de partículas e espaços vazios na matéria. Por outro lado, 35% continuaram apresentando uma visão contínua da matéria, mostrando resistências ao abandonar suas ideias iniciais.

Segundo Mortimer (1995), a eliminação, em sala de aula, de algumas dificuldades para a aceitação do atomismo – que envolve a superação de obstáculos, como a descrença no vazio entre as partículas – não é questão a ser decidida somente pelas evidências empíricas, mas pela negociação baseada em argumentos racionais e no uso de exemplos da história das ciências. É importante lembrar que a hipótese atômica de Dalton (1766-1844) não foi prontamente aceita pelos químicos, como transparece da leitura de alguns livros didáticos. Durante todo o século XIX, vários químicos e físicos se recusaram a aceitá-la por falta de evidências empíricas para a existência de átomos. Faraday (1791-1867), por exemplo, tinha sérias reservas com relação à hipótese atômica, e se baseava em evidências empíricas para demonstrar suas ideias. Ele acreditava na impossibilidade de se explicar a existência de materiais condutores e isolantes à luz dessa hipótese. Segundo Faraday, a hipótese atômica admitia que os átomos não se tocavam, pois havia espaço entre eles. O espaço seria, portanto, a única parte contínua

da matéria. Como ele imaginava que a eletricidade necessitava de meio contínuo para que pudesse fluir, Faraday se perguntava como o espaço poderia apresentar uma natureza dupla, sendo condutor nos corpos condutores e isolante nos corpos isolantes.

Essas dificuldades na história da ciência nos ajudam a entender algumas dificuldades no processo de ensino, relacionadas à falta de evidências empíricas para a hipótese de que os materiais sejam constituídos por partículas em movimento no espaço vazio. A falta de provas para a existência do átomo perdurou por todo o século XIX, mas não impediu que a hipótese atômica se desenvolvesse como um programa de pesquisa altamente frutífero.

## **Conclusões**

Algumas conclusões a partir de nossa atividade e o modelo de intervenção proposto parecem-nos válidos no essencial como uma aproximação à problemática da abordagem da questão da estrutura da matéria, sobretudo nas visões que os estudantes apresentam sobre a matéria, a partir de uma perspectiva que acolhe algumas das recentes propostas educativas desenvolvidas no âmbito da educação em ciências. Convém, no entanto, recordar que o presente trabalho não cobre a totalidade da intervenção realizada, centrando-se essencialmente em torno das três atividades experimentais realizadas, cuja relevância para o tratamento didático da abordagem conceitual só poderá ser apreciada, em toda a sua extensão, com uma análise mais profunda do diálogo realizado em sala de aula.

Conclui-se, após as atividades experimentais como formas de intervenções pedagógicas, que 65% dos alunos demonstram ter superado grande parte das dificuldades de aceitação dos espaços vazios e, conseqüentemente, a superação de suas concepções alternativas sobre a estrutura da matéria, apresentando uma visão descontínua da mesma. Fato que foi proporcionado através de atividades experimentais nas quais as ideias prévias e as evidências empíricas tiveram papel fundamental nas discussões e na aceitação da estrutura da matéria nos três estados físicos. Por outro lado, 35% dos alunos continuam apresentando dificuldades de aceitação de espaços vazios entre as partículas, ou seja, não compreendem que existem distintos níveis de interpretação e descrição da matéria, confundindo modelos de partículas com a própria matéria. Esta dificuldade de aceitação dos espaços vazios é de difícil superação como mostrado nos estudos de Novick e Nussbaum (1978), Piaget e Inhelder (1975), Brook, Briggs e Driver (1984), Furió e Furió (2000) e de Mortimer (1995), entre outros.

## **Referências**

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

BROOK, A. BRIGGS H.; DRIVER, R. **Aspects of Secondary Students Understanding of the Particulate Nature of Matter.** Inglaterra, 1984.

- CHASSOT, A. **Catalisando transformações na educação**. Ijuí: Editora Unijuí, 1993.
- DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGUIEN, A. **Ideias científicas en la infancia y la adolescencia**. Madri: Ed. Morata, 1985.
- FURIÓ, C.; FURIÓ, C. **Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos**. Educación Química, 11(03), 2000.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química para o Ensino Médio**. Ed. Scipione: São Paulo, 2002.
- MORTIMER, E. F. **Concepções atomistas dos estudantes**. Química Nova na Escola, n. 1, 1995.
- NOVICK, S.; NUSSBAUM, J. JUNIOR. **High School Pupils understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview study**. Science Education, 1978.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. **O desenvolvimento das quantidades físicas na criança: conservação e atomismo**. 22 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.