

**UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA A ELABORAÇÃO DO PENSAMENTO QUÍMICO
SOBRE ELEMENTO QUÍMICO, ÁTOMOS, MOLÉCULAS E SUBSTÂNCIAS.
(A didactic proposal for the elaboration of the chemical thought on chemical element, atoms,
molecules and substances)**

Universidade Estadual de Santa Cruz
Campus Soane Nazaré de Andrade km 16 Rodovia Ilhéus-Itabuna-BA
Maria Eugênia Cavalcante Sanjuan [eugenia_sanjuan@hotmail.com]
Colégio Estadual Enedina Oliva, Buerarema, BA
Claudia Viana dos Santos [claudiasolues@yahoo.com.br]
Colégio Estadual Moysés Bohana, Ilhéus, BA

Resumo

Este artigo descreve e avalia o uso de clipes de papel como modelo de partículas destinado ao ensino dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico e substância, no Ensino Médio, desenvolvido para uma melhor elaboração conceitual. O material foi avaliado em sala de aula, em um grupo de formação inicial e continuada de professores de química, que utilizaram o material junto a seus alunos. Os resultados sugerem que o uso de clipes como modelos de partículas permite uma elaboração mais adequada para os conceitos abordados.

Palavras-chave: conceitos químicos, elaboração conceitual, dificuldades de ensino e aprendizagem em Química, propostas de ensino.

Abstract

This paper describes and evaluates the use of paper clips as models of particles in the teaching of the atom, molecule, chemical element, and substance concepts, at secondary school, aiming at a better conceptual elaboration. The material was evaluated in the classroom, with a group of chemistry teachers' initial and continued formation, that used the material with their students. The results suggest that the use of clips as models of particles allows a more appropriate elaboration for the approached concepts.

Keywords: chemical concepts, conceptual elaboration, teaching and learning difficulties in chemistry, teaching proposals.

Introdução

O planejamento de ensino nos coloca, enquanto professores, diante de decisões extremamente complexas e se constitui, certamente, em uma das mais importantes habilidades profissionais de um educador. Alguns autores (Pacca e Villani, 1992) enfatizam a centralidade desse tipo de atividade enquanto estratégia de desenvolvimento de cursos de capacitação de professores.

Em um projeto de extensão de formação continuada de professores de química na UESC (Universidade Estadual de Santa Cruz), a partir de 2005 passou-se a adotar um modelo de formação continuada de professores de química articulado à formação inicial, através de um grupo de estudos e debates sobre o ensino de química (GEDEQ) do qual participam professores de química do ensino

médio, professores da universidade e alunos do curso de licenciatura em química desta universidade em Ilhéus, BA.

Como elemento central, o grupo procura discutir e refletir sobre as dificuldades de ensino e aprendizagem em química, procurando, na medida do possível, construir e implementar propostas de ensino voltadas ao processo de melhoria na aprendizagem dos estudantes. Em 2007, procurando focar nossos estudos sobre o processo de construção do pensamento químico, partimos para uma discussão sobre as dificuldades de ensino e aprendizagem sobre os conceitos de elemento químico, átomo, molécula e substância. Tais conceitos foram escolhidos, principalmente, por serem apresentados logo no início do estudo da química, por serem de difícil compreensão por parte dos alunos e, por encontrarmos vários estudos que identificam uma série de dificuldades referentes a estes conceitos (De Posada, 1993; Mortimer, 1994, 1996; Gomes Crespo e Pozo, 2000; Silva et al, 2003; Hernandez, 1997; Salsona e Izquierdo, 1998; Jonhson, 1996, 2000, 2002; Sanchez Blanco e Valcarel, 2003; Gomes e Oliveira, 2007; Garritz e Trinidad- Velasco, 2003).

O conceito de elemento químico é um dos mais importantes da Química, podendo ser considerado, de acordo com Oki (2002), como um conceito estruturante que, ao lado de tantos outros, como átomo, molécula, substância, reação química, ligação química etc., foram fundamentais para o desenvolvimento dessa ciência. Além do mais, são conceitos que geralmente são abordados logo no início do Ensino Médio ao se abordar tópicos de conteúdo como estrutura e propriedades da matéria. Oki (2002) realiza um estudo sobre o conceito de elemento que vai desde a antiguidade até a modernidade, no qual discute que o conceito de elemento começou a se estruturar a partir da necessidade de explicação das mudanças observadas na natureza; os filósofos pré-socráticos foram os primeiros a tentar justificar o que aparentemente mudava e o que permanecia sem alteração, estando esse conceito vinculado às especulações desses filósofos sobre os princípios constituintes da matéria, ou seja, a sua causa primária, a sua essência. Tunes *e outros* (1989) identificam que nos livros didáticos traduzidos dos originais na língua inglesa, o conceito de elemento químico se remete ao conceito de substância elementar, mais especificamente, ao de substância simples. A simbiose entre os dois conceitos gera confusão que poderia ser evitada se os tradutores esclarecessem aos leitores o duplo sentido associado ao emprego dessa palavra na língua inglesa.

A confusão conceitual envolvendo os termos elemento e substância simples, que Oki (2002) e Tunes *e outro*. (1989) identificaram ao longo da história da química, ainda hoje é observada em alguns livros de química e em outros materiais utilizados pelos professores em sala de aula. A definição encontrada em alguns livros didáticos de química para o ensino médio, elemento químico é apresentado como o conjunto de (todos os) átomos com o mesmo número atômico (Feltre, 2000; Lembo, 2000; Fonseca, 2007). O problema é que não parece lógico afirmar, por exemplo, que o hélio seja o conjunto de (todos os) átomos de número atômico 2; na realidade, todos os átomos de número atômico 2 constituem o conjunto do elemento químico hélio; cada átomo do conjunto é um átomo deste elemento (Tunes *e outros* 1989) . Para facilitar precisamos assumir que um elemento é aquilo que Dalton e os filósofos gregos antes dele previam: algo que não poderia ser decomposto em algo diferente. Por exemplo, água pode ser decomposta em oxigênio e hidrogênio, mas o oxigênio não pode ser decomposto em “Xgênio”, nem o hidrogênio pode ser decomposto em “Ygênio”. Logo, oxigênio e hidrogênio serão tidos como substâncias elementares, enquanto que a água será tida como uma substância composta, ou seja, composta de substâncias elementares.

Além dos problemas filosóficos relacionados ao conceito de elemento químico, também é possível identificar que nos diferentes modelos da Tabela Periódica aparecem fotografias das substâncias elementares junto aos símbolos dos elementos; modelos de tabelas em que as propriedades físicas das substâncias elementares (pontos de fusão e de ebulição) aparecem juntas aos símbolos químicos, contribuindo para a confusão de elemento com substância elementar. Por

outro lado, não podemos nos esquecer que quando Lavoisier fez a sua classificação dos elementos conhecidos, nessa época, o elemento era a substância elementar respectiva.

Para Romanelli (1996), o desenvolvimento do conceito átomo em sala de aula demanda um processo de ensino e aprendizagem que envolve noções abstratas, a concepção de modelos, palavras e símbolos. O processo de apropriação do conceito pode adquirir características muito complexas em vista do reconhecimento de que esse conceito é um modelo científico e, como tal, transitório, uma hipótese que contribui para a interpretação da constituição e das propriedades das substâncias. A aprendizagem do conceito átomo, por escapar à esfera das percepções, passa a demandar, da palavra, um papel diferenciado.

Em relação ao conceito de substância, Silveira (2003) verifica que a definição operacional de substância simples e composta decorre dos trabalhos de Lavoisier que conseguiu decodificar que a água não era um elemento constituinte da matéria, pois esta poderia ser decomposta em elementos mais simples ou “princípios”. Desse modo, o conceito de substância de acordo com Silveira (2003) se caracteriza pelo fato das substâncias poderem ser classificadas em simples, pela qualidade de indecomponível, e compostas, como a combinação entre os “elementos” ou substâncias elementares. Silveira (2003) ressalta que o elemento químico definido por Lavoisier não é o mesmo elemento presente nas definições dos livros didáticos atuais nos quais se verifica que o conceito está atrelado a significados microscópicos da matéria, quando, para Lavoisier o elemento era o limite no qual, macroscopicamente, não se podia mais avançar.

De forma semelhante, o processo de formação e apropriação dos conceitos de elemento químico, molécula e substância envolvem os alunos na construção de modelos mentais para entidades que não são percebidas diretamente. Um dos aspectos das ideias dos alunos que tem grandes implicações na aprendizagem de conceitos científicos é a de que o ato de perceber domina o ato de pensar (Driver, Guesne e Tiberghien, 1985).

A natureza abstrata e não intuitiva dos conceitos envolvidos, a necessidade de interligar e relacionar os diferentes aspectos do conhecimento químico, a saber: macroscópico, microscópico e representacional, demanda um nível cognitivo que a maioria dos estudantes das primeiras séries do ensino médio ainda não desenvolveu. No dizer de Herron (1975), são estudantes que não atingiram o estágio de operações formais, em seu desenvolvimento intelectual. Concordamos com este autor quando nos apresenta que conceitos como átomos, moléculas e íons requerem dos estudantes raciocínio formal e que, a grande maioria dos estudantes no ensino médio, ainda opera no nível operacional concreto. Algumas destas dificuldades podem ser superadas se no processo de elaboração conceitual da ideia de átomo, de elemento químico e de molécula forem apresentados modelos mais concretos e exigindo dos estudantes, no início, apenas o nível operacional concreto e, através da interação com as outras dimensões cognitivas mediadas pela linguagem as ações experimentais e representacionais podem contribuir para que o estudante evolua para um nível cognitivo superior.

Zanom e Sansiogo (2006) assumem que a construção do conhecimento químico escolar é um processo mediado, só possível pela interação com um ou ‘outro mais experiente’, que, já enculturado na Química, é capaz de mediar conhecimentos concernentes a ‘entidades’ culturalmente criadas, como átomos, moléculas, íons, elétrons, ligações, atuando na construção de ‘ferramentas culturais’ produzidas, convencionadas e validadas, antes, num contexto cultural bastante específico - o da comunidade científica da Química. Reside aí o papel essencial da escola e do professor, o de disponibilizar, pedagogicamente, o acesso à linguagem química, à configuração de significados e sentidos conceituais, dinamicamente inter-relacionados, nas interações sociais. Apropriar-se do conhecimento químico implica, pois, internalizar ‘ferramentas culturais’ nas práticas interativas, enquanto linguagem específica constitutiva da mente dos sujeitos em formação.

Organizar uma unidade didática ou um planejamento didático segundo a lógica da aprendizagem, e não segundo a lógica das noções que compõem a estrutura da disciplina já constituída, implica considerar o conhecimento enquanto processo, enquanto verdade provisória. Estabelecer um modelo construtivista de ensino implica, portanto, estabelecer níveis de conhecimento que se pretendem promover e atividades e mediações que se julgam necessárias para proporcionar o entendimento dos estudantes numa dada direção. O essencial, nessa abordagem, é a idéia de que conhecemos e estruturamos o real em seus movimentos, em suas provisoriidades. O conhecimento não se dá por meros acréscimos de elementos a serem simplesmente compostos entre si, mas em totalidades que são engendradas em suas superações.

De acordo com Mortimer e Machado (1997), os construtos teóricos da ciência precisam ser introduzidos, iniciados nessas idéias através do discurso, da mediação do professor. Há visões diferentes entre aluno e professor que precisam ser expressas e negociadas. Significados e linguagem do professor são apropriados pelos alunos na construção de um conhecimento compartilhado. É na interação com o outro que o sujeito se constitui e que se dá a elaboração conceitual. O processo de conceitualização é concebido como prática social dialógica (mediada pela palavra) e pedagógica (mediada pelo outro, o professor). A construção de conhecimentos em sala de aula depende da apropriação pelos alunos de significados e da linguagem do professor.

Para organizar um programa de Ensino de Química, precisamos identificar situações de alta vivência dos alunos para que, sobre elas, possam formar o seu pensamento químico mediado pela ação do professor e pela linguagem química. É necessário também, que tais situações permitam desenvolver um conjunto de conceitos químicos importantes e centrais na constituição do pensamento químico moderno junto aos alunos, sendo assim denominadas de “situações conceitualmente ricas” (Maldaner, 2000).

Procuramos deste modo, planejar e desenvolver uma proposta de Ensino de Química que permitisse a construção dos conceitos de átomo, elemento químico, molécula e substância abordando os três aspectos do conhecimento químico (macroscópico, microscópico e simbólico) durante o estudo do tema Energia e Combustão: combustíveis e a poluição ambiental.

Abordagem Metodológica

A ideia principal na construção desta proposta surgiu no decorrer das discussões no grupo quando estávamos procurando algumas soluções para o problema sobre o qual estávamos debatendo: A aprendizagem dos conceitos de átomo, elemento químico, molécula e substância. Na Revista Química Nova na Escola encontramos dois artigos que serviram de modelo para construirmos um novo modelo: Uma proposta para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e composta por meio do uso de miçangas de cores e tamanhos diferentes montadas em estruturas para representar as entidades constituintes das substâncias (Rocha e Cavicchioli, 2005) e outra na qual são propõe uma visão de modelo de uma reação química com o auxílio de clipes de papel (Campos e Silva, 2004). Procurando adaptar tais atividades às nossas necessidades no estudo do fenômeno da combustão, realizamos algumas modificações e incorporações de novos dados, de outras atividades e de nossa própria experiência em sala de aula construimos uma proposta mais consistente e eficaz na aprendizagem destes conceitos e de outros que podem ser desenvolvidos a partir desta atividade: reagente limitante e reagente em excesso, massas molares, estequiometria, ligações químicas e representações simbólicas.

Os conceitos de átomo, elemento químico, molécula e substância são conceitos estruturadores que devem permear todo ensino de química e, portanto, serão ampliados posteriormente. Nossa proposta de desenvolver uma ideia coerente, do ponto de vista da ciência, para esses conceitos está inserida no estudo do fenômeno da combustão, do comportamento dos gases e das propriedades dos combustíveis. Primeiramente, partimos da análise das propriedades macroscópicas dos materiais combustíveis e dos processos de transformações químicas para depois buscarmos explicações para o fenômeno. Na elaboração de modelos para explicar as propriedades, a estrutura da matéria e suas transformações são necessárias à construção de modelos conceituais de átomo, elemento químico e de molécula para melhor compreender e explicar as propriedades das substâncias.

Para facilitar uma construção mais consistente e coerente desses modelos conceituais propomos a utilização da atividade de manipulação de clipes de papel ou peças de lego. Na realização desta atividade, basta ter em mãos algumas dezenas de clipes de papel ou peças de lego de dois tipos e tamanhos e quantidades diferentes. Também, achamos muito mais produtivo que toda a atividade seja conduzida pelo professor na forma de demonstração. Desta forma, ao mesmo tempo em que o professor realiza as atividades, ele poderá ir conduzindo e mediando a discussão na medida em que fornece os elementos necessários para que o estudante comece a estruturar um pensamento químico coerente.

No desenvolvimento da proposta, aplicada com alunos matriculados na primeira série do Ensino Médio e com alunos matriculados em um curso preparatório para o vestibular oferecido pelo Governo do Estado da Bahia, o Programa Universidade Para Todos. Foram tomados como sujeitos da pesquisa alunos 112 alunos, com faixa etária que variava entre 17 e 38 anos. Procuramos analisar quais tipos de concepções, a respeito dos conceitos de átomo, elemento químico, substância e molécula, traziam os estudantes iniciantes no Ensino Médio e os que estavam em fase de preparação para o vestibular. Não pretendemos nessa pesquisa verificar diferenças nas concepções de alunos oriundos de diferentes modalidades de ensino, como o ensino médio regular e um curso preparatório para o vestibular por exemplo. O nosso objetivo é buscar identificar as concepções desses alunos acerca do tema em questão e, principalmente, propor uma alternativa de ensino que favoreça a construção do conhecimento, a respeito do conteúdo científico, de forma gradativa, sem que haja a necessidade de memorização. Também pretendemos especular a respeito da eficiência da proposta do trabalho com clipes de papel como modelo de partículas, em facilitar a compreensão dos alunos sobre o tema. Para tanto, uma análise comparativa de questionários aplicados, antes e após a atividade experimental, foi realizado.

Para a aplicação da atividade utilizamos três horas de aula e a atividade foi dividida em três etapas principais, descritas sucintamente a seguir:

- 1- **Pré-teste:** a primeira etapa da proposta consistiu na aplicação de um questionário, que foi respondido individualmente pelos alunos. O objetivo do pré-teste foi levantar as concepções prévias dos alunos a respeito de questões relacionadas à estrutura da matéria;
- 2- **Desenvolvimento da atividade experimental utilizando clipes como modelos de partículas:** toda a atividade foi conduzida pelo professor de maneira demonstrativa. Ao mesmo tempo em que o professor realizava a atividade, ele conduzia a discussão. Os elementos necessários para que o estudante estruturasse um pensamento químico coerente foram gradualmente fornecidos pelo professor.

Parte A- Desenvolvendo a ideia de átomo e elemento químico.

Sobre uma mesa, o professor coloca e mostra para os alunos dois conjuntos de cliques e/ou legos de tamanhos e/ou cores diferentes. Neste momento, o professor inicia um processo de negociação com os estudantes por meio de um diálogo interativo. Para facilitar o desenvolvimento da atividade denominamos o conjunto de cliques da esquerda de “elemento químico A” e o da direita de “elemento químico B” (Figura 1).

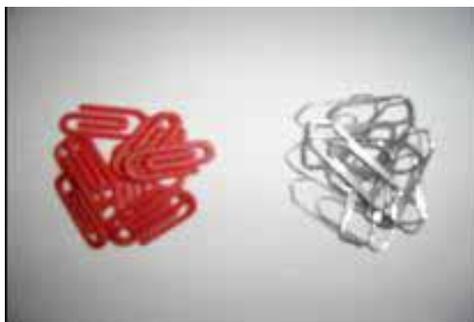


Figura 1- Representação de elemento químico utilizando cliques.

Do conjunto da direita tiramos um único clipe, uma unidade e o denominamos de “átomo A”. O mesmo procedimento foi realizado com o outro conjunto, “átomo B” (Figura 2). A partir do que foi observado iniciamos uma reflexão com os estudantes de modo a que eles iniciem um processo de elaboração conceitual para os termos elemento químico e átomo.

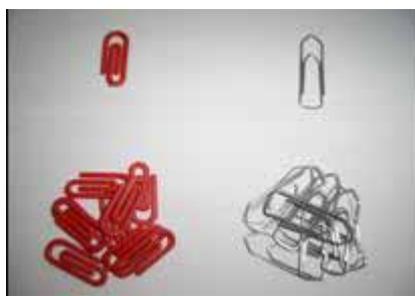


Figura 2- Representação de átomo utilizando cliques.

É importante perceber, neste processo de mediação, que a intenção foi fazer com que o estudante construísse a ideia de elemento químico como um conjunto e de átomo como uma unidade ou partícula daquele dado conjunto. Foi necessário chamar a atenção, repetir várias vezes o mesmo procedimento, e deixar que o estudante pensasse e construísse sua ideia de átomo e de elemento químico para, em seguida, comparar as respostas apresentadas pelos alunos.

No procedimento anterior introduzimos dois símbolos (A e B), ou seja, o estudante foi posto diante de um processo de representação simbólica. A concepção de símbolos para representar os elementos químicos vai sendo construída gradativamente, sem necessidade de memorização. A representação mental poderá ser construída de acordo com a informação recebida. Símbolos diferentes para representar elementos diferentes. Para facilitar este processo de negociação sugerimos usar cliques de cores diferentes e, os símbolos podem ser as iniciais das cores. Por exemplo, cliques azuis representar por A e cliques vermelhos representar por V. Para ampliar as regras de simbologia, outro clipe de cor amarela ou verde pode ser acrescentado para discutir como será representado. Após o início do uso da linguagem simbólica começamos a apresentar os símbolos para elementos químicos como carbono (C), oxigênio (O) e hidrogênio (H).

Parte B- Desenvolvendo a ideia de molécula e de substância:

O professor começa a juntar um clipe (átomo) do conjunto da direita (**elemento químico A**) com outro clipe (átomo) do conjunto da esquerda (**elemento químico B**). Continua juntando os cliques até que um dos conjuntos não tenha mais cliques. A este novo conjunto de cliques (ligados) passa a ser denominado de “**substância AB**” (Figura 3).



Figura 3 - Representação de substância utilizando cliques.

Deste novo conjunto (substância), retira-se uma unidade (partícula) e temos então a “**molécula AB**” (Figura 4).



Figura 4- Representação de molécula utilizando cliques.

Realizado esta etapa, solicita-se aos estudantes que descrevam o que eles compreenderam sobre moléculas e substâncias. A partir das respostas dos estudantes, mediado, por meio de reflexões e discussões, iniciamos com os estudantes a construção do conceito de molécula e substância. Também, ampliamos a noção de representação das moléculas, pois ao juntarmos os cliques de **A** com um clipe de **B**, a maioria dos estudantes passa a compreender o significado e a importância das representações das moléculas. Pode-se variar os cliques de **A** e de **B** de modo que os estudantes construam a ideia de atomicidade. Outro conceito que pode ser introduzido e ampliado é a noção de massa atômica e massa molecular (pode-se atribuir valores arbitrários para as massas atômicas de **A** e **B**). Também, pode-se iniciar o desenvolvimento da ideia de ligação e de transformação química. Ampliar a ideia de reagente limitante e de reagente em excesso iniciada no momento em que se formavam as moléculas com cliques **A** e **B** até que um dos cliques termine e outro fique em excesso. Somente após esta discussão é que apresentamos as fórmulas para as substâncias envolvidas no fenômeno da combustão abordado: água (H_2O), gás carbônico (CO_2), etanol (CH_3CH_2OH), metano (CH_4), propano ($CH_3CH_2CH_3$) e gás oxigênio (O_2).

- 3- Pós-teste: na última etapa da proposta foi aplicado um questionário semelhante ao aplicado no pré-teste. O propósito do pós-teste foi verificar a ocorrência (ou não) de mudanças nas concepções dos alunos a respeito do tema abordado. Ou seja, pretendia-se especular a respeito da eficiência da proposta em favorecer a compreensão dos alunos a respeito dos conceitos de átomo, elemento químico, molécula e substância.

Resultados e discussão

A atividade experimental com clipes, como modelos de partículas, foi filmada na íntegra, e as falas dos alunos e do professor foram transcritas de modo a preservar ao máximo as suas características originais. Pretendíamos com isso acompanhar a construção do conhecimento científico pelo aluno para os conceitos envolvidos na atividade. Durante a experiência houve a ocorrência significativa da interação professor-aluno, uma vez que durante a atividade, que aconteceu de forma demonstrativa, houve espaço para a participação ativa dos alunos, que procuravam compreender e explicar os conceitos de átomo, elemento químico, substância e molécula, a partir do que ia sendo observado. O professor constantemente procurava estimular o raciocínio dos alunos a respeito do que estava sendo demonstrado.

Desenvolvendo a idéia de átomo e elemento químico durante a atividade experimental

Os conceitos de átomo e elemento químico foram inicialmente explorados na atividade experimental. Nesse primeiro momento, boa parte dos alunos apresentou dificuldades em participar da discussão, havendo a necessidade de repetição do procedimento, pelo professor, diversas vezes. Percebeu-se que os alunos tinham poucas noções a respeito desses conceitos, fato que os inibiam de expor as suas idéias. Mas aos poucos eles foram interagindo e participando mais efetivamente da discussão, na medida em que se sentiam mais seguros para manifestar as suas idéias. As questões colocadas pelo professor estavam relacionadas ao entendimento dos alunos a respeito dos conceitos de átomo e elemento químico, a partir da demonstração realizada com clipes. Exemplos de respostas fornecidas pelos alunos, para os questionamentos do professor durante a atividade, são ilustrados abaixo:

“Átomo é uma unidade, não é?”

“Átomo é a menor parte que existe numa substância”.

Com base nas respostas dadas pelos alunos, foi possível perceber uma discreta evolução conceitual por parte dos mesmos, com relação à construção do conhecimento sobre os conceitos de elemento químico, como um conjunto, e de átomo, como uma unidade ou partícula de um determinado conjunto. Porém, ainda é possível verificar certa insegurança nas respostas de alguns alunos e outros preferiram não expor suas idéias.

Com o objetivo de reforçar os conceitos explorados durante a atividade e sanar as dúvidas daqueles que não demonstraram uma boa compreensão, o professor fez novamente a demonstração, utilizando como exemplo, os elementos químicos presentes na fórmula molecular da água (hidrogênio e oxigênio). O exemplo foi bem aceito, uma vez que a água é substância presente no cotidiano de todos. Após concluir a analogia, o professor mais uma vez questionou os estudantes a respeito da compreensão deles sobre átomo e elemento químico. Nessa etapa, algumas das respostas apresentadas pelos alunos são destacadas a seguir.

“Átomo é a menor parte do elemento químico”.

“Vários átomos formam o elemento químico”.

“O elemento químico é um conjunto de átomos”.

Após a analogia, foi possível perceber certo amadurecimento das idéias dos alunos a respeito dos conceitos trabalhados na atividade experimental. As respostas foram mais bem elaboradas por aqueles que, inicialmente, demonstraram insegurança, e alguns daqueles que não haviam demonstrado nenhum tipo de compreensão, no que diz respeito à definição dos conceitos

envolvidos na atividade, nesse momento demonstraram um bom entendimento. Ou seja, a demonstração com clipes proporcionou à construção da idéia de átomo e elemento químico, de forma gradativa, sem que houvesse a necessidade de memorização do assunto, tornando, dessa forma, a aprendizagem mais significativa, pela maioria da turma.

Finalizando essa etapa da atividade, o professor perguntou aos alunos se eles compreenderam os conceitos discutidos a partir da demonstração com clipes, a maioria da turma responde positivamente.

Desenvolvendo a idéia de substância e molécula durante a atividade experimental

Tendo concluído a primeira etapa da demonstração com clipes, o professor prossegue com a atividade experimental, agora com o objetivo de facilitar a compreensão sobre os conceitos de substância e molécula. Todo o procedimento da primeira etapa foi repetido novamente, até chegar à idéia de substância e molécula. Em seguida, foi pedido aos alunos que explicassem o que entenderam a partir da demonstração. Estão destacadas a seguir, algumas das respostas fornecidas pelos alunos a respeito do conceito de substância:

“É um conjunto de moléculas”.

“É formada por um ou mais elementos químicos”.

“É formada por várias moléculas”.

E para molécula, algumas das respostas dos alunos são destacadas abaixo:

“Uma parte da substância”.

“Uma molécula é parte da substância AB”.

“A substância é composta por moléculas”.

Nesse momento, o exemplo da água foi utilizado novamente, levando os alunos a concluir que a água se tratava de uma substância. Como o raciocínio utilizado para compreender a primeira etapa, sobre os conceitos de átomo e elemento químico, foi bem trabalhado e é semelhante ao necessário para o entendimento da segunda etapa, a respeito dos conceitos de substância e molécula, tornou-se mais simples a compreensão dos alunos nesse segundo momento.

Análise comparativa: pré-teste e pós-teste

No total 112 questionários respondidos pelos alunos, em cada uma das etapas (pré-teste e pós-teste). Destes, 92 foram selecionados para análise e 10 foram desconsiderados, pois não atingiram os objetivos do teste, que era servir de instrumento para especularmos a respeito da ocorrência (ou não) da construção do conceito pelo aluno, a partir da atividade experimental com clipes. Vale ressaltar que o questionário foi constituído por quatro questões, mas apenas a primeira delas, que solicitava aos alunos que expressassem, por meio de desenhos, a sua compreensão a respeito dos conceitos de átomo, elemento químico, molécula e substância, foi analisada neste trabalho.

A partir da análise dos pré-testes, observamos que uma parcela pouco significativa de alunos (8%) demonstrou, através de suas representações, uma concepção coerente a respeito dos conceitos de átomo, elemento químico, substância e molécula. Para esses poucos, a atividade com clipes pouco acrescentou, pois no pós-teste percebeu-se que as idéias iniciais prevaleceram.

No entanto, a grande maioria dos alunos (92 %) apresentou boa evolução no que diz respeito à sua compreensão sobre os conceitos trabalhados, após a realização da atividade experimental. A

título de exemplo, selecionamos algumas amostras de representações dos alunos, no pré e pós-teste, que demonstram a evolução do conhecimento dos mesmos para os conceitos envolvidos na atividade. Os referidos exemplos estão ilustrados nas figuras abaixo, seguidas de suas respectivas interpretações.

Pré-teste:

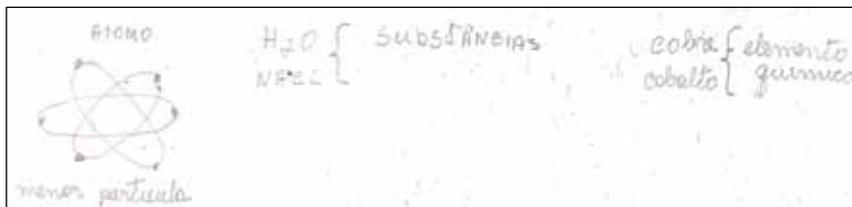


Figura 5 – Representação do aluno 1, no pré-teste, para os conceitos trabalhados.

Como podemos verificar na Figura 5, o aluno 1 utilizou para representar o átomo, a ilustração comumente encontrada nos livros tradicionais do ensino médio, evidenciando partes como núcleo, eletrosfera e elétrons. No que diz respeito a sua concepção sobre substância, o aluno escreveu a representação simbólica da molécula de água e dos elementos químicos bromo e sódio. Nenhuma ilustração para elemento químico e molécula foi realizada pelo aluno.

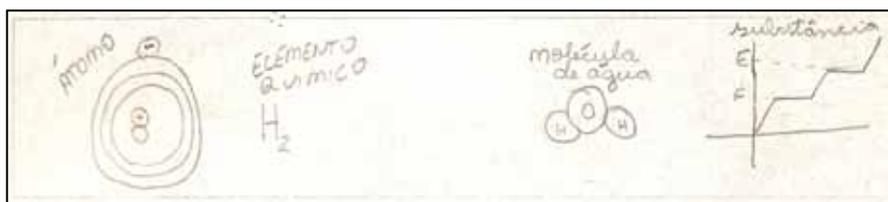


Figura 6 – Representação do aluno 2, no pré-teste, para os conceitos trabalhados.

Na Figura 6 observamos a tentativa do aluno 2 em representar o átomo utilizando o modelo ilustrado nos livros didáticos de química, destacando partículas como prótons, nêutrons e elétrons. Para elemento químico, o aluno usou como representação o símbolo da molécula de hidrogênio e para representar a molécula utilizou a representação simbólica da molécula de água. Para substância o aluno desenhou um gráfico, que nos parece está relacionado aos estados físicos de uma substância (ebulição e fusão).

Após a atividade experimental (pós-teste)

Os desenhos ilustrados nas Figuras 7e 8, realizados no pós-teste pelos alunos 1, e 2, respectivamente, sugerem uma evolução conceitual, por parte dos mesmos, para a idéia de átomo, elemento químico, substância e molécula. As concepções dos alunos, observadas nos desenhos feitos após a atividade experimental, são mais próximas daquelas idéias cientificamente aceitas para os conceitos em questão. Ou seja, se comparadas às idéias apresentadas inicialmente, percebemos maior coerência para os conceitos trabalhados durante a atividade. Percebeu-se que os estudantes conseguiram construir a idéia de elemento químico como um conjunto e de átomo como uma unidade desse conjunto; e de substância como um conjunto de moléculas e moléculas como uma unidade da substância, alcançando, desta forma, os objetivos da atividade experimental.

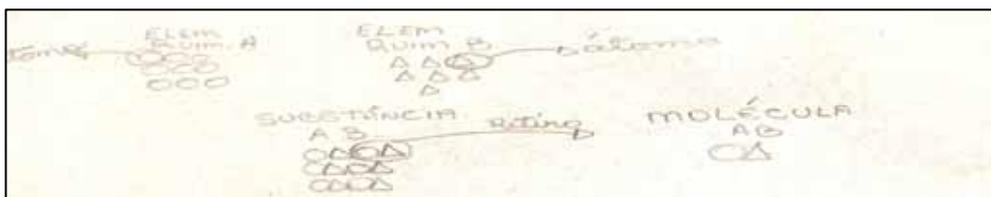


Figura 8 - Representação do aluno 1, no pós-teste, para os conceitos trabalhados.

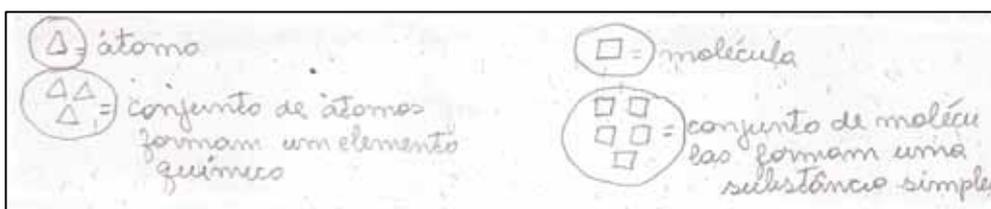


Figura 9 - Representação do aluno 2, no pós-teste, para os conceitos trabalhados.

Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes em uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; é tornar-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento. Antes que isso possa acontecer, no entanto, os indivíduos precisam engajar-se em um processo pessoal de construção e de atribuição de significados (Driver *et al.*, 1995).

A negociação dos significados e a articulação entre os conceitos científicos da forma como estamos propondo, nesta atividade, permitem um desenvolvimento cognitivo coerente entre os estudantes de química. Trabalhando-se com modelos concretos e relacionando-os com outros aspectos do conhecimento químico, microscópico e representacional, contribui-se significativamente para que os estudantes evoluam para um nível cognitivo superior. Os modelos e as ideias construídas são usados na elaboração de explicações de fenômenos muito presentes no cotidiano dos estudantes.

Esta proposta procura apresentar uma abordagem metodológica para os conceitos de átomo, elemento químico, molécula e substância levando em consideração aspectos pedagógicos, psicológicos e epistemológicos do conhecimento químico. O conhecimento "realiza-se através de construções contínuas e renovadas a partir da interação com o real", não ocorrendo através de mera cópia da realidade, e sim pela assimilação e acomodação a estruturas anteriores que, por sua vez, criam condições para o desenvolvimento das estruturas seguintes. Na abordagem do tema combustão em sala de aula, são elaboradas as problematizações e a partir de uma série de atividades, são fornecidos elementos para que os estudantes construam seus próprios modelos explicativos e os comparem com os modelos científicos. Além da atividade com os clipes é interessante realizar outras atividades, principalmente aquelas que permitem a superação de concepções alternativas sobre a estrutura da matéria. Como, por exemplo o experimento do azul de metileno em água a diferentes temperaturas e solicitar que os estudantes façam um desenho sobre o que imaginam que está acontecendo e verificar como eles utilizam a ideia de partículas, de descontinuidade da matéria a partir da atividade dos clipes (Mortimer e Machado, 2002). Essa atividade permite que o aluno amplie ou reelabore seu modelo.

Acreditamos que a realização das atividades aliadas ao papel mediador do professor pode permitir que a visão de que a matéria é contínua, estática e sem espaços vazios seja superada pela noção de que a matéria é constituída de partículas, descontínua e que apresenta espaços vazios, ou

seja, uma ideia próxima do pensamento científico. Os alunos até podem não concordar com este pensamento científico, mas começam a aceitar e a discutir estas novas concepções, pois vão construindo modelos consistentes.

Sabemos que a atividade com cliques apresenta algumas limitações, o simples fato de fazer a analogia de um clipe com um átomo pode levar os estudantes a alguns erros conceituais (confusão entre elemento químico e substância elementar), do mesmo modo que apresentar uma fotografia de uma substância ao lado do símbolo do elemento químico na Tabela Periódica. Mas, se o professor estiver ciente destas limitações, ele pode intervir no sentido de evitar que os estudantes façam estas confusões. Salientamos que o professor, no uso dos cliques ou de legos, deverá elaborar analogias, exemplos e imagens que facilitem a apropriação do conhecimento científico por parte dos estudantes e simultaneamente estabelecer uma ponte entre esse conhecimento e as ideias espontâneas. Tais pontes permitem, de um lado, diminuir a distância entre a situação inicial dos estudantes e a meta a ser alcançada e, de outro lado, permite que o caminho dos estudantes possa ser articulado em etapas com conquistas provisórias, controladas de perto pela observação contínua (Villani e Pacca, 1997).

Podemos concluir dizendo que nem os professores nem os alunos apresentam estes conceitos bem estruturados, mas para que os alunos aprendam corretamente é necessário que os professores tenham, em primeiro lugar, esses conceitos bem claros e em segundo, que se expressem de maneira cientificamente adequada. E, quando se diz adequada, significa usar a palavra elemento em contexto correto, isto é, que permita diferenciar elemento químico de substância elementar e, também, átomo de elemento químico. Queremos registrar a dificuldade inerente à formulação desses conceitos, que estabelecem uma importante relação entre o que é macroscopicamente observado e o que se imagina microscopicamente, ou seja, requer que façamos uso da nossa importante capacidade de abstração. Nesta atividade apresentamos apenas um modelo de abordagem que permite trabalhar conceitos essencialmente abstratos a partir de analogias proporcionando que alunos que ainda não operem nesse nível de abstração consigam evoluir de níveis cognitivos concretos para níveis mais abstratos.

O objetivo deste relato foi apresentar um processo de elaboração conceitual para átomo, elemento, molécula e substância. Também é possível ampliar as ideias desenvolvidas nesta atividade na explicação de outros fenômenos e conceitos. Por exemplo, é possível desenvolver a noção de massa atômica e massa molar ao juntarmos os cliques para formar as “moléculas” e medirmos as massas dos cliques em uma balança ou simplesmente atribuímos massas a eles; aliar as atividades de estequiometria e rendimento das reações de combustão. Outra questão que pode ser abordada usando esta atividade é a questão de reagente limitante e reagente em excesso, pois no arranjo dos cliques, propositalmente, sempre usamos quantidades diferentes de cliques. Sabemos que há outras possibilidades de ampliar o uso desta atividade em processos de elaboração conceitual, mas no momento, acho que já foi possível convencê-los de que esta atividade é muito rica e fácil de ser realizada em qualquer ambiente de ensino e aprendizagem.

Referências

- CAMPOS, R. C.; SILVA, R. C. De massas e massas atômicas. *Química Nova na Escola*, v. 19, p. 8-10, 2004.
- DE POSADA, J.A; Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, v. 11, n. 1, p. 12-19, 1993.
- DRIVER, R.; GUESNE, E. e TIBERGHEN, A. (Eds). *Children's ideas in science*. Milton Keynes. Open University Press, 1985.

- DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E., SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. [tradução: Eduardo Mortimer]. *Química Nova na Escola*, n.9, p.31-39, 1999.
- FELTRE, R. *Química geral*. 5ªed. São Paulo: Editora Moderna, 2000. - (Feltre, 2000).
- GARRITZ, A.; TRINIDADE-VELASCO, R. Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la matéria. *Educación Química*, v. 2, n. 14, 2003.
- GOMES, H. J. P. e OLIVEIRA, O. B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. *Ciências & Cognição*; ano 04, v. 12, 2007.
- GOMEZ CRESPO, M.A. y POZO, J.I. Las teorías sobre la estructura de la materia: discontinuidad y vacío. *Tarbiya*, 26, 117-139, 2000.
- HERNANDEZ, J. *Dificultades de aprendizaje sobre la naturaleza corpuscular de la materia en la enseñanza secundaria. Una propuesta para superarlas*. Tesis Doctoral. Universitat de València, 1997.
- HERRON, J. D. Piaget for chemists. *Journal of Chemical Education*, vol. 52, p. 146-150, 1975.
- JOHNSON, P. What is a substance? *Education in Chemistry* 35 (2) pp 41- 45, 1996.
- JOHNSON, P. Children's Understanding of Substances, Part 1: Recognizing Chemical Change. *International Journal of Science Education* 22 (7) pp 719– 737, 2000.
- JOHNSON, P. Children's Understanding of Substances, Part 2: Explaining Chemical Change. *International Journal of Science Education* 24 (10) 1037-1054, 2002.
- FONSECA, M. R. M. *Completamente Química: Química Geral*. São Paulo: FTD, 2007.
- LEMBO, A. *Química: Realidade e Contexto*. Vol 1. São Paulo: Editora Ática, 2000.
- MORTIMER, E.F. O significado das fórmulas químicas. *Química Nova na Escola*, no. 03, maio, p. 19-21, 1996.
- MORTIMER, E.F. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. São Paulo, SP, 1994. TESE (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1994.
- MORTIMER, E.F. e MACHADO, A.H. *Múltiplos olhares sobre um episódio de ensino: “Por que o gelo flutua na água?”*. In: Encontro sobre teoria e pesquisa em ensino de ciências: Linguagem, Cultura e Cognição, reflexões para o ensino de ciências. Anais. p.139. Belo Horizonte, 1997.
- MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. *Química para o Ensino Médio - Coleção Parâmetros*. São Paulo: Editora Scipione, 2002.
- MALDANER, O. A. A Formação Inicial e Continuada de professores de Química – Professores/Pesquisadores. Ijuí: Ed. Unijuí, 2000.
- OKI, M. C. M. O conceito de elemento: da antiguidade a modernidade. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. n.16, p. 21-25, 2002.
- PACCA, J. e VILLANI, A. Estratégias de ensino e mudança conceitual na atualização de Professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 14, n.4, pp. 222- 228, 1992.
- ROCHA, J. R. C. e CAVICCHIOLI, A. Uma abordagem alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, no Ensino Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 21, p. 29-33, 2005.
- ROMANELLI, L.I. O Professor e o Conceito Átomo. *Química Nova na Escola*, n. 3, p. 27-31, 1996.

SÁNCHEZ BLANCO, G. Y VALCAREL M.V. Los modelos en la enseñanza de la química: concepto de sustancia pura. *Alambique* n. 35 p. 45-52, 2003.

SILVA, M. G. L. ; NUÑEZ, I. B. ; NEVES, L. S. ; RAMALHO, B. L. *O elemento químico: o que pensam os futuros licenciados em Química*. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru. Livro de resumos IV ENPEC, v. 1. p. 108-109, 2003.

SILVEIRA, M. P. *Uma análise epistemológica do conceito de substância em livros didáticos de 5.^a a 8.^a série do ensino fundamental*. Dissertação de mestrado - USP- 2003.

SOLSONA, N. e IZQUIERDO M., La conservación del elemento, una idea inexistente en el a una idea inexistente en el alumnado de Secundaria. *Alambique*,n. 17, 76-84, 1998.

TUNES, E.; TOLENTINO, M.; SILVA, R.R. DA; SOUZA, E.C.P. DE e ROCHA FILHO, R.C. Ensino de conceitos em Química. IV - Sobre a estrutura elementar da matéria. *Química Nova*, v. 12, p. 199- 202, 1989.

VILLANI, A. e PACCA, J.L.A. Construtivismo, Conhecimento Científico e Habilidade Didática no Ensino de Ciências. *Rev. Fac. Educ.* vol. 23 n. 1-2 São Paulo Jan./Dec. 1997.

ZANOM, L. B.; SANGIOGO, F. A. *A Apropriação do Pensamento Químico por parte de Estudantes na fase Inicial da Formação em um Curso de Graduação em Química (no prelo)*. XIII Encontro Nacional de Ensino de Química. Campinas-SP. 2006.

Recebido em: 22.12.2009

Aceito em: 04.03.2010