

# Análise das dificuldades encontradas por alunos do Ensino Médio na construção de relações entre modelos atômicos, distribuição eletrônica e propriedades periódicas

Karmel de Oliveira Lima<sup>1</sup> (PG\*), Gláucia Maria da Silva<sup>1</sup> (PQ), Maurício Santos Matos<sup>2</sup> (PQ). [karmel@pg.ffclrp.usp.br](mailto:karmel@pg.ffclrp.usp.br)

<sup>1</sup>Departamento de Química, <sup>2</sup>Departamento de Psicologia e Educação, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.

*Palavras-Chave: atomística, ensino de Química, analogias.*

**Resumo:** Este texto faz parte de um trabalho monográfico no qual levantou-se concepções de alunos de ensino médio acerca de modelos atômicos, com o intuito de avaliar como eles compreendem a estrutura da matéria. Foram investigadas a importância atribuída à ordem energética dos elétrons e ao diagrama de distribuição eletrônica, no entendimento da localização dos elementos na tabela periódica e das suas respectivas propriedades. Nesse intuito, avaliou-se como são construídas e estabelecidas as relações entre tais conteúdos, baseando-se nas noções de perfil epistemológico e conceitual, tratadas por Bachelard e Mortimer, empregadas no estudo do processo de aprendizagem de novos conhecimentos e na importância das concepções prévias neste processo. Analisou-se também a influência de analogias no processo de ensino aprendizagem destes conteúdos e foram propostas estratégias didáticas que facilitassem a compreensão destes conteúdos, auxiliando os estudantes no entendimento deste tema e no estabelecimento de tais relações.

## INTRODUÇÃO

Algumas pesquisas que abordam o processo ensino-aprendizagem apontam que um dos assuntos que causam significativa aversão à química enquanto disciplina do ensino médio, por parte dos alunos recém chegados a este nível de ensino, é a atomística. Alunos e professores encontram grandes dificuldades ao lidar com esse tópico, os primeiros em entender e posteriormente estabelecer relações entre tal tema e os fenômenos que ocorrem no nosso cotidiano. Enquanto que os professores encontram como principal barreira a ser transposta, o fato que a maioria dos alunos se nega a aceitar que alguns acontecimentos no nível macroscópico têm explicação no nível microscópico (CAVICCHIOLI, ROCHA, 2005).

Diante desta situação, a compreensão das concepções dos estudantes sobre estrutura e comportamento de átomos e moléculas em compostos químicos, tem sido palco de inúmeras pesquisas (MELO, 2002).

Pesquisas mostram que a abordagem do tema estrutura atômica tanto em sala de aula, quanto nos livros didáticos é bem imprópria e prejudicial no processo de ensino aprendizagem de estudantes de nível médio, visto que o uso de uma linguagem fragmentada propicia conexões inadequadas de conhecimentos.

Desta maneira, o presente trabalho tem como objetivos a avaliação das concepções, trazidas pelos alunos, sobre conteúdos vinculados a atomística a fim de estudar quais as contribuições que a noção de modelo conceitual pode trazer para o entendimento da estrutura da matéria, além desta avaliação o projeto busca também identificar o ponto central que promove as relações entre modelos atômicos, distribuição eletrônica, localização e propriedades periódicas dos elementos químicos, tendo em vista que este tema estudado possui conteúdos cruciais para a construção de conceitos, sendo que tal abordagem permeia todo o conhecimento químico em diferentes níveis de ensino.

## REFERENCIAIS TEÓRICOS

Bachelard considera que um indivíduo pode descrever um mesmo conceito de maneiras diferentes e dependentes do contexto no qual o mesmo está inserido, tendo em vista que a pessoa traz diferentes formas de pensar um mesmo conhecimento, e que a mesma pode ter mais de uma forma de representar e compreender a realidade que a circunda ou conceitos que a ela foram apresentados. Para este estudioso, a construção do conhecimento é dada a partir de respostas a perguntas; por isto os alunos devem ser inseridos nos paradigmas do espírito científico, pois utiliza o conhecimento como uma ferramenta para questionar. Sendo assim, o autor se volta contra a mera transmissão de conhecimentos prontos em sala de aula, visto que os alunos precisam ser questionados e submetidos a erros, para que ocorra a reconstrução do conhecimento, através da retificação das suas próprias falhas.

Bachelard considera o conhecimento como a reforma de uma ilusão, tendo em vista que conhecemos algo sempre contra um conhecimento anterior, retificando o que se julgava sabido e sedimentado. Para este autor, o que sabemos é “fruto da desilusão daquilo que julgávamos saber”. Mas deve-se salientar que a desilusão, a negação, para Bachelard, têm o sentido de reordenar, isto é, ir além dos pressupostos; significando o estabelecimento dos limites desse conhecimento negado e a validade do novo conhecimento após tal limite. Como exemplo pode-se citar a Física Clássica, que continua válida para os corpos macroscópicos com massas não muito grandes nem pequenas, a baixas velocidades. Embora, para altas velocidades e para massas muito grandes emprega-se a Teoria da Relatividade e para corpos microscópicos, utiliza-se a Mecânica Quântica (BARBOSA; PACCA, 2007).

A *filosofia da negação*, proposta por Bachelard, deve ser entendida não como uma recusa, mas como uma atitude de conciliação, no sentido de definir o campo de validade e aplicação de uma teoria. Nesse ponto é importante considerar a questão do *obstáculo epistemológico* que, para o autor, aborda o conhecimento enraizado que impede a negação e evolução rumo a um conhecimento novo. Os representantes iniciais desse obstáculo são a experiência imediata, o conhecimento cotidiano comum e/ou o conhecimento científico anterior (LEITE; SILVEIRA, 2006).

O perfil epistemológico propõe um modelo alternativo para a compreensão das concepções dos alunos, relacionando-as e diferenciando-as dos conceitos científicos aprendidos na escola. Tal modelo pode ser sucedido através da avaliação das idéias dos estudantes em sala de aula, pressupondo que as idéias alternativas não sejam abandonadas ao longo do processo de ensino em detrimento de idéias científicas, mas sim que possam conviver com as anteriores podendo ser utilizadas em contextos apropriados. Tal perfil refere-se a “um modelo teórico e ferramenta metodológica para analisar as idéias dos alunos acerca de conceitos científicos e a evolução conceitual em sala de aula” (AMARAL, 2004 apud TAVARES, 2008).

Mortimer (2000) desenvolveu a noção de *perfil conceitual*, fundamentada na noção de perfil epistemológico de Bachelard e adaptada para o conhecimento químico, mostrando as diferentes zonas do perfil epistemológico, de forma que cada zona tem um poder explanatório maior que as anteriores. Na transição para os problemas do ensino, Mortimer avalia que seja necessário introduzir algumas características no perfil que estariam ausentes da visão filosófica de Bachelard, tendo em vista que a epistemologia bachelardiana encontra-se ausente na maioria dos estudos relacionados à mudança conceitual (MARTINS, 2004).

A idéia de perfil conceitual é considerada um importante instrumento para a compreensão do destino das idéias prévias dos alunos no processo de ensino aprendizagem e por conceber que as mesmas podem coexistir com os conceitos

científicos, através da interação entre ciência e cotidiano. Visto que esta idéia enfatiza a possibilidade de usar diferentes formas de pensamento em diferentes domínios, e opondo-se a uma “superação” definitiva e absoluta das idéias prévias (MARTINS, 2004).

Segundo Mortimer, a construção de uma nova idéia, científica, deveria explicar as velhas concepções, mas não suprimi-las ou diminuir seus status para o estudante. Tais concepções podem conviver em uma mesma pessoa, sendo usadas em contextos independentes e não relacionados.

Pesquisas têm mostrado que essas concepções “prévias” sobrevivem às mais variadas estratégias de ensino, mesmo àquelas elaboradas com o objetivo de suprimi-las. Essa persistência talvez possa ser explicada pelo enraizamento dessas idéias na nossa cultura cotidiana. Mortimer (1997) afirma que seria um esforço inútil tentar minimizá-las, visto que as mesmas são úteis ao nosso cotidiano. Esses estudos fornecem importantes pistas para a construção das primeiras zonas de um perfil conceitual.

Cada zona num perfil conceitual oferece uma forma de ver o mundo que é única e diferente das outras zonas. Cada zona conceitual corresponde a meios mediacionais diferentes, a teorias e linguagens diferentes, cada qual revelando o mundo a sua maneira. A realidade não pode ser entendida inteiramente apenas sob uma perspectiva.

No uso de tal noção, o professor tem papel fundamental na identificação de obstáculos, na criação de situações que ajudem os estudantes a superá-los e no auxílio da tomada de consciência do perfil.

No estabelecimento de cada zona do perfil conceitual foca-se a discussão das características do conceito que se configuram como obstáculos ao desenvolvimento da noção nos seus níveis mais avançados, já que a superação de tais obstáculos é indispensável para o ensino deste conceito, segundo a perspectiva do perfil conceitual.

Mortimer, em seu livro *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*, apresenta as quatro zonas do perfil conceitual de átomo.

A primeira zona no perfil do conceito de átomo está relacionada a uma concepção contínua da matéria. Tal região do perfil caracteriza-se pela negação do conceito de átomo, sendo o principal obstáculo para a construção deste conceito a negação da possibilidade de existência de espaços vazios entre as partículas materiais. Tal concepção contínua da matéria pode ser denominada como *sensorialista*, pelo fato de estar associada à percepção sensorial direta da matéria como algo contínuo.

A segunda zona apresentada pelo autor é denominada como *substancialista*. Nesta, os alunos concebem os átomos como grãos de matéria que podem dilatar-se, contrair-se e até mudarem de estado. Nesta concepção os estudantes fazem analogias entre o comportamento das partículas e o comportamento das substâncias, atribuindo propriedades macroscópicas aos átomos. Tal analogia é o principal obstáculo epistemológico encontrado pelos estudantes, cujas concepções podem ser classificadas nessa zona do perfil. Pode-se esperar que estudantes que carregam esta visão substancialista não representem as partículas como um modelo, mas sim como uma cópia da própria realidade, ultrapassando a barreira do substancialismo e atingindo a visão realista (MORTIMER, 2000).

A terceira zona do perfil conceitual do átomo é atribuída à sua noção clássica como unidade básica de constituição da matéria. O átomo é visto como uma partícula material, sendo seu comportamento regido pelas leis da mecânica, como qualquer outro corpo. A visão clássica do átomo possui algumas características intrínsecas que

são obstáculos à construção de uma visão quântica, como os vestígios do substancialismo. O que hoje é uma nova idéia está fadado a ser, futuramente, um obstáculo para a resolução de um problema novo. Tal provisoriade do conhecimento nos obriga a pensar o ensino como a mudança de perfis conceituais e não como a substituição de noções cotidianas por conceitos científicos, pois estes terão que ser substituídos por conceitos mais avançados no futuro (MORTIMER, 2000).

A criação de uma nova zona do perfil conceitual de átomo é consequência da aplicação do tratamento mecânico quântico ao mesmo; com os avanços na segunda metade do século XIX, o átomo passou a ser concebido como um sistema constituído por outras partículas menores e carregadas, embora seu comportamento ainda fosse clássico. Quando Rutherford propõe um modelo planetário para o átomo, com elétrons orbitando em torno do núcleo é feita a síntese final desta idéia clássica. Com a aplicação do quantum, proposto por Planck, e aplicada ao átomo por Bohr, inicia-se a transição do conceito, da visão clássica para a visão quântica moderna. Tendo em vista que neste novo modelo proposto há a coexistência das idéias clássicas de partículas em órbitas juntamente com a idéia do quantum de ação elementar.

O conhecimento científico, originalmente produzido pelos cientistas, difere daquele ensinado na escola, encontrando diferentes padrões de produção na sociedade atual. A tradução destes conhecimentos científicos pode ocorrer de maneira diferente, gerando novas formas de conhecimento, dependendo do grupo social que esteja utilizando este saber. Sendo assim, a sala de aula é um lugar onde a tradução do conhecimento científico para o escolar discorre de acordo com a realidade educacional (CICILLINI; SILVEIRA, 2005).

Como os conceitos envolvidos no tema estrutura atômica, são abstratos e de difícil compreensão, os professores vêm fazendo uso de analogias como ferramentas auxiliares no ensino-aprendizagem de conteúdos.

O ensino com analogias contribui para uma mudança conceitual por parte dos alunos, envolvendo a exposição do aluno a um novo e mais produtivo paradigma, na esperança de que isso possa vir a ser internalizado e usado como um modelo para interpretar novas situações encontradas no futuro (CARMO, 2006).

Analogia é um exemplo de Modelo de Ensino, lembrando que modelos científicos devem sempre preservar a estrutura conceitual do modelo científico ao qual se relacionam. Devendo ser elaborados levando-se em conta as idéias prévias dos alunos e as habilidades que eles possuem para relacionar as entidades concretas e/ou abstratas envolvidas na relação analógica estabelecida (MONTEIRO; JUSTI, 2000).

Para Chassot, os modelos são simplificações da realidade, ou porque esta é complexa demais, ou porque pouco conhecemos sobre ela (CHASSOT, 1993 apud CICILLINI; SILVEIRA, 2005). Mortimer (1997) trata os modelos não como uma cópia do real, mas como uma representação. Cicillini e Silveira (2005) concebem em sua investigação o modelo como uma representação do real, isto é, uma simplificação do fenômeno na tentativa de entendê-lo e minimizar os múltiplos fatores de complexidade para o seu entendimento.

A experiência de muitos professores tem sinalizado que, quando se usa algum tipo de analogia, preferencialmente que faça parte da realidade do estudante, ajuda-se o mesmo no entendimento de alguns conceitos científicos. Visto que este modelo de ensino tende a favorecer o envolvimento do aluno no processo de construção de seu conhecimento, podendo contribuir para aumentar a motivação dos alunos em relação ao ensino de ciências de maneira geral.

Monteiro e Justi (2000) investigaram no Brasil o uso de analogias somente em livros-texto, sendo observado que os autores de livros-texto fazem uso pouco

expressivo de analogias, evidenciando o desconhecimento do seu potencial como modelo de ensino para a química. Muitas analogias encontradas em livros texto brasileiros, não aplicam o domínio análogo e nem discutem suas limitações.

Desta maneira deve-se atentar as maneiras de trabalhar com este tipo de modelo de ensino para que ele não distorça o processo de construção de conhecimentos pelo aluno, deixando lacunas que mais tarde possam ser preenchidas de maneira pouco satisfatória, desfigurando todo o planejamento, mas sim que seja um importante instrumento na promoção de modelos daquilo que não pode ser entendido com facilidade, além de servir como ferramenta propulsora na assimilação e estruturação do conhecimento científico.

## **METODOLOGIA**

Além do estudo de referenciais teóricos apresentados anteriormente, foi realizado o levantamento das concepções que os alunos trazem sobre a estrutura da matéria para a busca da compreensão dos conteúdos citados anteriormente e as relações tecidas entre os mesmos, através da elaboração de atividades que consistiam na proposição de representações pictóricas e de um questionário.

Inicialmente foram desenvolvidas três atividades para tal pesquisa, sendo uma delas um questionário piloto. Ambas as atividades foram aplicadas para dois alunos de uma escola da rede particular de Ribeirão Preto – SP (escola A), com o propósito de testar a objetividade e a clareza das questões elaboradas. Posteriormente este questionário piloto sofreu algumas reformulações diante de algumas sugestões e questionamentos originados durante a aplicação do mesmo.

A coleta de dados foi realizada com 24 alunos, situados em uma faixa etária entre 15 e 16 anos, de uma sala de primeiro ano do ensino médio de uma escola particular da cidade de Franca – SP (escola B). Este levantamento foi realizado também com 64 alunos, entre 16 e 18 anos, de duas salas de segundos anos do ensino médio de uma escola da rede pública da região central de Ribeirão Preto-SP (escola C).

Tal levantamento de dados foi realizado com turmas de anos distintos, pelo fato destes conteúdos serem abordados em diferentes períodos do ensino médio. No plano de curso da rede particular, estes conteúdos são abordados no primeiro ano do ensino médio; já no planejamento da disciplina de Química da rede pública, estes conteúdos são apresentados nos segundos anos do ensino médio. Tal diferença entre os períodos nos quais são abordados esses temas, pode ser atribuída à aplicação da Proposta Curricular do Estado de São Paulo nesta escola estadual que, desde 2008, vem atrasando os planos de cursos de inúmeras disciplinas que planejam tais planos a partir da ordem em que os conteúdos são apresentados nos próprios livros-texto adotados pelos professores. Por isso que tais conteúdos estão sendo dados, nesta escola estadual, nos segundos anos do ensino médio e não nos primeiros anos, como eram dados antigamente pela professora.

As atividades elaboradas neste projeto consistem, inicialmente, nas proposições de representações de átomos e da representação pictórica de um átomo com número atômico e distribuição eletrônica previamente apresentados. Além destas duas atividades, foram elaborados dois questionários, um para cada escola, com a finalidade de levantar os conteúdos e as relações apresentados anteriormente. O motivo da elaboração de dois questionários distintos, para a avaliação das concepções dos alunos sobre o tema, é atribuído ao fato de alguns conteúdos avaliados neste trabalho – como propriedades periódicas – não estarem inclusos no planejamento anual da

disciplina de Química de uma das escolas, a escola C. Desta maneira, o questionário elaborado para os alunos do primeiro ano da escola B possui todas as questões inclusas no questionário proposto para os alunos dos segundos anos da escola C e mais dois exercícios que abordam as propriedades periódicas dos elementos, como eletronegatividade e raio atômico.

O intuito da elaboração e proposição destas três atividades é a busca de complementações das informações obtidas de cada uma, para que consigamos melhor configurar o conceito que o aluno possui de átomo em relação às dimensões e a sua própria estrutura.

As respostas dos alunos foram analisadas a partir de um processo dinâmico de criação e aplicação de categorias, tendo em vista que a criação de categorias é o ponto crucial da análise de conteúdo.

A partir das dificuldades encontradas pelos alunos, buscou-se propor uma alternativa didática que auxiliasse o processo de ensino-aprendizagem destes conteúdos, possibilitando uma maior interação e compreensão entre os conteúdos abordados pelo professor. Tal estratégia se baseou na apresentação de um mini-curso envolvendo a aplicação de um jogo didático, que visavam propiciar a retomada de alguns conceitos envolvidos com o tema, além de serem empregados como ferramentas que auxiliassem o estabelecimento da relação destes conteúdos com os demais temas envolvidos com a atomística.

A elaboração do mini-curso, intitulado “Dos minérios aos elementos químicos”, fez parte de uma atividade exigida no curso de Licenciatura em Química com o objetivo de desenvolver um material didático abrangente e interdisciplinar, com grande potencial contextualizador e relevância social. Este mini-curso foi elaborado e aplicado somente na escola C, em três dias, totalizando 4h30min de duração. Houve a participação efetiva de 24 alunos, entre alunos de segundos e terceiros anos do ensino médio.

No terceiro encontro do mini-curso, foram trabalhados os conteúdos avaliados neste projeto de monografia, além de ter sido aplicado um jogo didático, denominado “Elementos” desenvolvido por mim e por um colega de estágio, em outra disciplina do curso de Licenciatura em Química.

O jogo é voltado para todas as séries do Ensino Médio, e possui a finalidade de promover um maior contato dos alunos com a própria tabela periódica promovendo reflexões sobre o motivo da divisão dos elementos, suas respectivas localizações, possibilitando a retomada de conteúdos como níveis e subníveis eletrônicos, através da distribuição eletrônica, dentre outros. Esta alternativa didática visa também uma melhoria no aprendizado das propriedades periódicas, como eletronegatividade, densidade e raio atômico, além das aplicações e curiosidades dos elementos químicos, apresentando as implicações de cada elemento no cotidiano fazendo uso de uma abordagem CTSA.

Neste jogo, o tabuleiro representa a tabela periódica e as casas representam os elementos químicos em ordem crescente do número atômico. Para avançar, os jogadores respondem questões relativas aos elementos químicos que envolvem aplicações, propriedades periódicas, distribuição eletrônica, estados físicos da matéria, os minérios dos quais alguns elementos são extraídos, curiosidades sobre seus nomes, dentre outros aspectos. A cada questão acertada pelo aluno ou pelo grupo são atribuídos um determinado número de pontos que, quando acumulados, podem propiciar a compra de uma tabela periódica alternativa, proposta por Dmitri Mendeleiev em 1869, localizada na lateral do tabuleiro. Esta tabela alternativa procura destacar o processo de constituição da tabela periódica atual, apresentando os elementos descobertos em 1869 e os previstos por Mendeleiev, além de representar um atalho

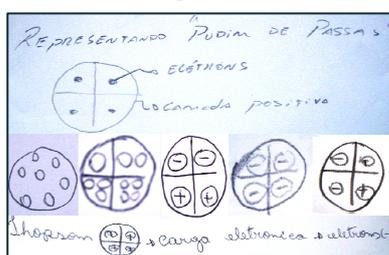
para alcançar o último elemento da tabela. O vencedor do jogo é aquele que alcança primeiro o último elemento, ou o que chega mais próximo deste.

Devido à exigüidade de tempo, não foi possível questionar os alunos após a aplicação do mini-curso, para analisar a efetividade da estratégia didática no processo de ensino-aprendizagem, embora alguns deles tenham sido avaliados inicialmente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi proposto que os alunos fizessem representações pictóricas de átomos. Tal atividade buscou levantar os modelos atômicos mais concebidos pelos alunos, além do conhecimento dos alunos em relação às partículas fundamentais dos átomos.

Dentre as representações obtidas, as que mais nos chamaram a atenção foram as representações apresentadas na Figura 1.



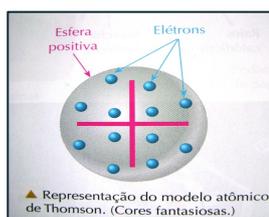
**Figura 1. Representações atômicas feitas por alunos dos segundos anos da escola C, baseadas no modelo de Thomson.**

A partir da ilustração de algumas representações, pode-se perceber a incompreensão das analogias respectivas a cada modelo atômico e o não entendimento do que realmente estes modelos apresentam e explicam.

Para Bachelard, analogias e transposições são feitas, algumas vezes, numa escala tal que provocam as piores confusões que, de fato, podem ser notadas na Figura 1.

Sabe-se que o modelo de Thomson foi desenvolvido a partir da idéia de que o átomo apresentava uma região pastosa, como um tipo de fluido de carga positiva, e nesta região encontravam-se incrustados os elétrons com carga elétrica negativa. Analisando os desenhos apresentados na figura acima, nota-se que alguns alunos que representaram tal modelo, não sabem a natureza das partículas que estão "incrustadas" na região pastosa. Além de alguns alunos que explicitaram a natureza das partículas incrustadas, representaram tal natureza de maneira equivocada, acreditando que partículas positivas estão sobre uma esfera, como podem ser visualizados na Figura 1.

Os desenhos apresentados na Figura 1 basearam-se na representação realizada pela professora, da escola C, durante a aula de modelos atômicos. Tal representação, apresentada na Figura 1, foi retirada de um livro de ensino médio adotado pela docente, Figura 2.



**Figura 2. Representação do modelo de atômico de Thomson utilizada pela professora.**

As confusões apresentadas na Figura 1 decorrem do próprio modelo de ensino empregado na apresentação deste tipo de modelo atômico.

Mortimer (1995) discute que o planejamento para o uso de uma analogia nas aulas de Química praticamente inexistente na maioria das vezes, pois utiliza-se espontaneamente tal procedimento como ferramenta pedagógica ou simplesmente estratégia de ensino de ciências, não visando o reconhecimento da estrutura cognitiva do aluno.

Neste caso a representação utilizada pela professora da escola C, gerou distorções conceituais. Os alunos não atribuíram ao símbolo “+”, apresentado no interior da esfera, o caráter positivo deste fluido, mas compreenderam que o símbolo era uma “divisão” do átomo, como pode ser percebido nas representações obtidas no levantamento.

Glynn (1989) discute os possíveis fatores que podem levar à desvantagens no emprego das analogias, como o enfoque inadequado das analogias com o contexto sócio-histórico do aluno, podendo gerar grandes dificuldades de compreensão deste tipo de modelo de ensino e conseqüentemente do conteúdo a ser aprendido; a dificuldade de aceitabilidade dos alunos; más interpretações ou falta de discernimento dos aspectos que são semelhantes e dos diferentes; falta de um bom direcionamento, fazendo que os aspectos irrelevantes se sobressaíam e por último, a semelhança entre analogias e seus respectivos domínios do alvo, que podem levar a generalizações e formas de raciocínio equivocadas.

Sendo assim as analogias podem fazer com que os alunos se prendam a aspectos superficiais que conduzem à generalização de concepções inadequadas (GLYNN, 1989 apud MONTEIRO; JUSTI, 2000).

Desta maneira o professor deve fazer uma avaliação criteriosa destes modelos de ensino no sentido de identificar os aspectos benéficos e maléficos no processo de ensino aprendizagem dos conceitos químicos, além de discutir com seus alunos estas analogias avaliando quais foram as noções concebidas por eles e se as mesmas estão corretas.

O uso da abordagem da analogia do “pudim de passas” para explicar o modelo atômico de Thomson, pode facilitar significativamente o aprendizado da noção de cargas elétricas positivas e negativas como constituintes das partículas fundamentais da matéria, se este modelo de ensino for trabalhado corretamente, destacando as similaridades e limitações do mesmo. Alguns alunos dos segundos anos da escola C, além de não interpretarem corretamente a representação do modelo de Thomson, utilizada pela professora, eles também não compreenderam a descoberta que levou J. J. Thomson a propor tal modelo, tendo em vista que a grande maioria desconhecia a natureza das partículas que estão aderidas ao fluido positivo.

Desta maneira nota-se que o modelo do “pudim de passas” prevalece de uma tal maneira que os conceitos envolvidos no próprio modelo, ficam em segundo plano. Como exemplo, pode-se citar o experimento de raios catódicos que confirmam a existência de elétrons que, até então, eram desconhecidos nos modelos atômicos anteriores.

Foi investigada a maneira como os alunos concebem a estrutura da matéria, avaliando o reconhecimento da existência das partículas subatômicas e seus respectivos significados para o aluno. Nesta avaliação os alunos responderam se concordavam ou não com as afirmações contidas nas alternativas de uma dada questão. No Quadro 1 são apresentadas as respectivas afirmações desta questão.

**Quadro 1. Fragmento do enunciado do Exercício 1.**

- a) Átomo é a menor partícula da matéria.
- b) Átomo possui partículas em sua composição.
- c) Elétron é sinônimo de átomo.
- d) Prótons e elétrons estão contidos em átomos.
- e) Elétrons possuem átomos.
- f) Nêutrons estão presentes no núcleo de um átomo.
- g) Número atômico é o mesmo que o número de prótons.

Analisando os resultados, pode-se concluir que a maioria dos alunos acertaram quase todas as alternativas, exceto a primeira, que afirma que o átomo é a menor partícula da matéria.

Sendo assim, conclui-se que os alunos, de maneira geral, concebem o átomo como menor estrutura da matéria pela grande influência dos modelos atômicos de Leucipo e Demócrito e o próprio modelo de Dalton, que afirmam que o átomo é partícula indivisível e uma esfera maciça, embora tenham tido conhecimento de outros exemplos de modelos atômicos.

Vale ressaltar que o modelo de Demócrito ainda hoje é adequado para a maioria das explicações necessárias sobre átomos; embora tal modelo não apresente as partículas do átomo. Estas partículas tidas como fundamentais, só foram descobertas recentemente (ex. nêutron em 1932), sendo que atualmente estas não são consideradas indivisíveis, tendo em vista que há modelos (confirmados em 1994) que consideram quarks e léptons como as partículas formadoras de prótons. Pesquisas recentes anunciaram, em 1996, a possibilidade dos quarks serem divisíveis (CHASSOT, 1996). Sendo assim, podemos pensar em um não limite de novos modelos para os átomos.

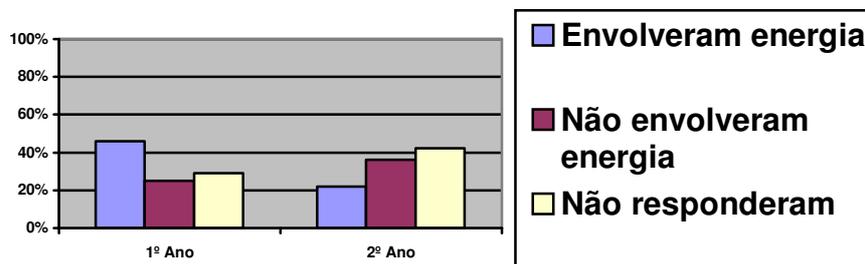
De acordo com o desempenho dos alunos, de ambos os anos e colégios, nota-se que mais de 80% dos mesmos acertaram a segunda alternativa, na qual afirma que átomos possuem partículas em sua composição. Como uma parcela maior que 20 % concordou com a afirmativa de que o átomo é a menor partícula da matéria, pode-se concluir que houve um número significativo de alunos que se contradisseram ao responder a alternativa B.

Desta forma, pode-se afirmar que a imagem de átomo como menor partícula da matéria e indivisível está muito enraizada, embora os alunos aceitem a existência de subpartículas na composição dos átomos. Tal modelo atômico é bem assimilado pelos alunos, pelo fato do mesmo ser o mais simples de todos e o mais prático no processo de ensino aprendizagem do aluno, embora não seja o mais completo.

Segundo a teoria de Bachelard, pode-se afirmar que o conhecimento prévio do aluno a respeito de átomo, como menor partícula da matéria, se sobrepõe ao conhecimento científico que apresenta a estrutura atômica e as partículas fundamentais do átomo. Esta sobreposição existe porque a noção prévia do aluno assume um papel de *obstáculo epistemológico* ao aprendizado de conteúdos novos. Este obstáculo não impede que o aluno aceite ou decore os conhecimentos específicos deste tema, como a existência de partículas fundamentais, mas quando o aluno é indagado sobre a menor partícula da matéria, o mesmo busca sua explicação baseando-se em seus conhecimentos prévios, tendo em vista que ele não consegue transpor os conhecimentos científicos, vistos nas aulas, durante a explicação da estrutura da matéria.

Um uma dada questão dos questionários buscou-se levantar, dos alunos, o que ocorre quando um elétron situado no estado excitado retorna para o seu nível energético inicial, além de questioná-los sobre um possível efeito, notado a olho nu,

que poderia comprovar tal transição eletrônica. No Gráfico 1 é apresentada a porcentagem de alunos, de ambas as escolas, que responderam tal questão, envolvendo em suas justificativas a questão energética, ao envolvimento de outros conceitos, além da parcela de alunos que não respondeu esta questão.



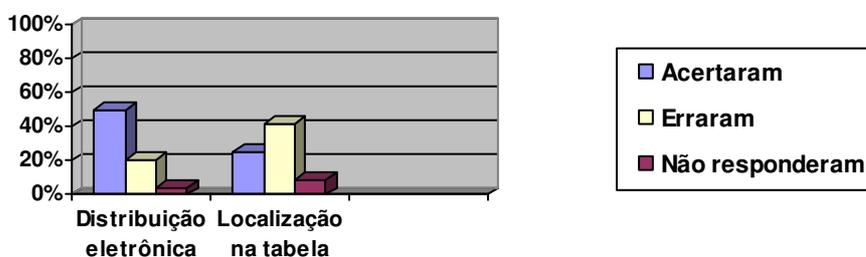
**Gráfico 1. Porcentagem de alunos, de ambas as escolas, que envolveram energia, não a envolveram e não responderam o exercício.**

Dentre as explicações que envolveram o conceito energia, muitas abordaram a liberação da mesma através da emissão de luz, exemplificando o fenômeno apresentado pelos fogos de artifício, mecanismo de fluorescência de objetos e o processo da emissão de luz de lâmpadas incandescentes de tungstênio.

Muitos estudantes vincularam a liberação de luz como uma mudança na coloração do material, emissão de cores, origem da pigmentação de elementos, modificação nas camadas eletrônicas, neutralização do átomo (“neutralização do átomo, sim algumas vezes pode ser visto como a tinta que brilha no escuro ao receber luz, eles mudam de camada e quando perde a luz ele volta a camada anterior assim tendo um efeito luminoso.”), dentre outros.

Houve a tentativa de associação da transição eletrônica com inúmeros fenômenos macroscópicos presentes no cotidiano, como “(...) sua massa muda, seu valor energético muda. O efeito que pode ocorrer pode ser uma oxidação, a temperatura pode mudar, pode ocorrer a fermentação (...)”. Analisando a última fala citada acima, podemos notar a visão *substancialista* trazida por Mortimer em uma das zonas do perfil conceitual traçadas pelo autor, nesta zona ele discute a maneira como os alunos representam as partículas e discutem seus comportamentos. Tal zona apresenta a visão da matéria não como um modelo, mas sim como uma cópia da própria realidade, atribuindo comportamentos macroscópicos aos átomos, como pôde ser observado na fala acima.

Nos questionários, foi investigada a existência e maneira como era estabelecida a relação entre a distribuição dos elétrons, de um dado elemento, na eletrosfera e sua respectiva localização na tabela periódica. Os resultados obtidos, podem ser visualizados no Gráfico 2.



**Gráfico 2. Porcentagem de alunos, de ambas as escolas, que acertaram, erraram e não responderam a questão envolvendo distribuição eletrônica e localização de um dado elemento na tabela periódica.**

A partir dos resultados obtidos no Gráfico 2, pode-se concluir que menos de 50% dos alunos fizeram a distribuição eletrônica e conseguiram acertar a localização do elemento na tabela periódica. O alto índice de erros na localização dos elementos está

atrelado a confusão realizada no momento da distribuição eletrônica, alguns alunos atribuíram o número do nível do subnível mais energético ao número do grupo, isto é, ao número de elétrons na camada de valência. Muitos alunos erraram o próprio diagrama, confundindo o subnível “s” com o “d”, além de atribuir o número 4 como número limite de elétrons comportados no subnível “p”, ao invés de 6.

A partir destas questões apresentadas conclui-se a notável fragmentação do aprendizado de conteúdos presentes na área atomística, sendo que tal aprendizado afeta não só a dificuldade em estabelecer relações entre conteúdos, mas também a compreensão e o processo de ensino-aprendizagem de temas que se baseiam ou se relacionam com tais conteúdos.

Para finalizar o levantamento, foi elaborada uma questão, para alunos do primeiro ano do ensino médio da escola B, que envolve a relação feita entre eletronegatividade e raio atômico para diferentes elementos. Nesta questão 58,3% dos alunos não responderam e apenas 12,5% acertaram totalmente a questão, justificando qual elemento tinha maior eletronegatividade e menor raio atômico, embora 8,3% fizeram uso do diagrama de distribuição eletrônica. Dentre os alunos avaliados, 29,2% dos mesmos acertaram uma propriedade, 20,8% acertaram o elemento que havia menor raio atômico e 8,4 acertaram o elemento que tinha maior eletronegatividade.

A partir desta questão foi possível concluir que a maioria dos alunos realmente não estabelece relações entre os conteúdos atrelados ao tema em questão, visto que o não conhecimento destas relações está associado a lacunas conceituais sobre a questão energética dos elétrons e a distribuição eletrônica dos elementos na previsão das suas propriedades periódicas e até da natureza das suas ligações químicas.

Na maioria das abordagens os alunos acabam memorizando como as propriedades periódicas se manifestam na tabela e, muito dificilmente, essas propriedades memorizadas serão utilizadas e retomadas na elaboração dos modelos atômicos e moleculares (MELO, 2002).

Como estratégia didática, foi proposto para os alunos da escola C um minicurso, apresentado anteriormente, o qual visava em uma de suas etapas apresentar os modelos atômicos, o diagrama de distribuição eletrônica, as propriedades periódicas, além da localização e organização dos elementos na tabela periódica, buscando tecer relações entre estes conteúdos ao longo da atividade, na finalização das atividades foi aplicado o jogo didático “Elementos”.

A aplicação deste jogo possibilitou que os alunos se familiarizassem mais com a simbologia utilizada na apresentação dos elementos na tabela periódica. Como a dinâmica do jogo é feita a partir da locomoção dos grupos de estudantes entre os elementos na ordem crescente de número atômico, os alunos tiveram que analisar dentre as informações apresentadas para cada elemento químico, qual era referente ao número atômico. Nesta aplicação foi possível notar que os alunos desconheciam a natureza das informações contidas nas tabelas periódicas (como massa atômica e número atômico, por exemplo), além de não compreenderem a maneira e o motivo pelos qual os elementos são organizados na tabela periódica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Problemas encontrados no desenvolvimento deste tema podem ser atribuídos a vários fatores, que vão desde à maneira como a disciplina de química é estruturada em livros didáticos, até a didática utilizada pelo professor em suas aulas.

Neste trabalho foi possível observar a influência do uso de analogias em materiais didáticos e, a partir dos resultados obtidos, concluímos que o professor – em

sua prática educativa – deve-se atentar aos modelos de ensino utilizados em suas aulas, para que tais instrumentos contribuam para a construção do conhecimento pelo indivíduo e não proporcionem más interpretações e distorções de alguns conteúdos ensinados.

A aprendizagem não significativa de alguns conteúdos gera o uso de conhecimentos prévios para explicar situações que necessitam da abordagem de conhecimentos novos ou científicos, como foi observado neste trabalho. Sendo tais ações explicadas pela teoria dos perfis conceituais apresentada por Mortimer.

Vale ressaltar que tal aprendizagem não significativa pode ser fruto de um ensino fragmentado, resultante em conexões inadequadas de conhecimentos, e em alguns casos à não relação entre os mesmos. Além da fragmentação presente ao longo da apresentação dos conteúdos, o próprio tempo é um fator crucial na aprendizagem dos conteúdos, visto que o restrito número de aulas semanais é um grande entrave na incorporação de conhecimentos, pelos alunos.

Tais questões envolvendo as problemáticas apresentadas neste trabalho necessitam de outras pesquisas para ajudar a respondê-las. Entretanto, acredito, que a reflexão crítica de cada professor sobre questões como essas pode contribuir significativamente para que o mesmo consiga ampliar seus conhecimentos necessários para o ensino dos modelos atômicos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J. U. ; PACCA, J. L. **A mecânica quântica no ensino médio: como ser construtivista.** In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luiz, MA, 2007. Disponível em: < [www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/.../T0478-1.pdf](http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/.../T0478-1.pdf)> Acesso em 10 de setembro de 2009.

CARMO, E. A. **As analogias como instrumentos úteis para o ensino do conteúdo químico no nível médio.** Belém, 2006. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) pela Universidade Federal do Pará.

CAVICHIOLO, A.; ROCHA, J. R. C. **Uma Abordagem Alternativa para o Aprendizado dos Conceitos de Átomo, Molécula, Elemento Químico, Substância Simples e Substância Composta, nos Ensinos Fundamental e Médio.** Química Nova na Escola, n° 21, p.29, 2005.

CHASSOT, A. **Sobre prováveis modelos de átomos.** Química Nova na Escola, n° 3, p.3, 1996.

CICILLINI, G. A.; SILVEIRA, H. E. **Modelos atômicos e representações no ensino de Química.** Enseñanza de las Ciencias, Granada - Espanha, v. Extra, p. 01-05, 2005.

LEITE, V. M. ;SILVEIRA, H. E. ; DIAS, S. S. . **Obstáculos epistemológicos em livros didáticos: um estudo das imagens de átomos.** Revista Virtual Candombá,v. 3, p. 1-8, 2006.

MARTINS, A. F. P. **Concepções dos estudantes acerca do conceito de tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard.** São Paulo, 2004. Tese (Doutorado em Educação) pela Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo (USP).

MELO, M. R.; **Estrutura Atômica e Ligações Químicas: Uma abordagem para o ensino médio.** Campinas, 2002. Dissertação (Mestrado em Química) pela Universidade Estadual de Campinas.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. **Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio.** Investigações em Ensino de Ciências. V. 5 n.2 p. 67-91, 2000.

MORTIMER, E. F.; **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências.** Belo Horizonte: UFMG, 2000.

\_\_\_\_\_. **Concepções atomistas dos estudantes.** Química Nova na Escola, N. 1, p. 23 – 26, maio, 1995.

TAVARES, C. M. **O perfil conceitual e a construção de conceitos científicos em sala de aula.** Belo Horizonte, 2008. Monografia – (Licenciatura em Química) – Faculdade de Educação (FAE). Universidade Federal de Minas Gerais.