

Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa

Nilma Soares Silva, André Correa Ferreira e Kátia Pedrosa Silveira

Neste artigo, propomos e descrevemos o desenvolvimento de uma sequência de ensino que utiliza recursos multimídia, articula animações, simulações e vídeos como fundamentação fenomenológica para o estudo das teorias atômicas. Utilizamos abordagens investigativas com o objetivo de que o aluno construa e organize as suas ideias sobre a constituição da matéria. Consideramos o desenvolvimento da sequência descrita bastante influente no alcance desse objetivo e indicamos alternativas para a melhoria da abordagem desse tópico estruturador do conhecimento químico.

► modelos atômicos, multimídia, abordagem investigativa ◀

Recebido em 16/09/2013, aceito em 09/08/2014

141

Sobre simulações, modelos atômicos e ensino de química

Neste trabalho, relatamos nossas experiências no que concerne à preparação de uma proposta de ensino de modelos para o átomo. Para isso, utilizamos como fundamentação teórica autores e documentos que discutem o ensino de química no Brasil, as simulações computacionais e o ensino por investigação. Apontamos cinco argumentos que permearam o desenvolvimento das nossas atividades.

O primeiro aparece nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 2000), que expõem a importância da interação do aluno com as tecnologias modernas. Segundo esse documento, a utilização de recursos multimídia nas aulas de química figuraria como um ponto positivo em uma proposta de ensino com viés de formação cidadã.

[...] no estudo dos modelos para o átomo, é difícil contemplar o foco fenomenológico, uma vez que não existem muitos experimentos ou observações simples de serem realizados em sala de aula. Torna-se, então, difícil para o aluno formar efetivamente as relações mentais entre a teoria e a representação. Isso porque, geralmente, a compreensão do nível submicroscópico não passa pelo vértice do fenômeno, observado macroscopicamente.

O segundo nasce da necessidade de incorporar o fenômeno nas aulas de química e da dificuldade de encontrá-lo dentro do tema abordado. Mortimer et al. (2000) apontam os focos de abordagem da química no ensino médio, que são: o estudo das propriedades, da constituição e da transformação dos materiais. Cada um desses três focos pode

ser explorado em três aspectos possíveis de serem abordados: o fenomenológico, o teórico e o representacional. Segundo esses autores, esses três aspectos devem ter importâncias iguais e serem articulados de maneira a produzir um aprendizado mais inteiro, que faça sentido dentro do cotidiano do aluno e que mude o seu entendimento e a sua maneira de explicar e enxergar o mundo.

O aspecto teórico refere-se às teorias e aos modelos (Mortimer et al., 2000). Sob esse ponto de vista,

consideramos que os modelos têm extrema importância na química, pois a partir deles, pode-se prever propriedades, propor constituição e inferir sobre as transformações dos materiais. Por outro lado, eles podem nos permitir articular os três focos de abordagem da química no ensino médio.

A seção "Relatos de sala de aula" socializa experiências e construções vivenciadas nas aulas de Química ou a elas relacionadas.

Entretanto, no estudo dos modelos para o átomo, é difícil contemplar o foco fenomenológico, uma vez que não existem muitos experimentos ou observações simples de serem realizados em sala de aula. Torna-se, então, difícil para o aluno formar efetivamente as relações mentais entre a teoria e a representação. Isso porque, geralmente, a compreensão do nível submicroscópico não passa pelo vértice do fenômeno, observado macroscopicamente. Levando em consideração essa dificuldade existente no ensino de modelos para o átomo, encontramos espaço para o uso da simulação computacional.

Segundo Giordan (2008, p. 190), “a simulação é uma forma de mediação distinta que serve para relacionar os fenômenos macroscópicos e submicroscópicos, uma construção teórica que nem sempre encontra sustentação empírica para medições”. Assim sendo, ao utilizarmos as ideias do autor em nosso trabalho, a simulação ganha um caráter de experimento, preenchendo o vértice fenomenológico do triângulo que articula os três aspectos mais importantes da química do ensino médio.

O terceiro argumento corrobora com o segundo, uma vez que reforça o papel relevante da simulação nesse tema. Isso ocorre quando essa ferramenta funciona como ponte de mediação entre o fenômeno submicroscópico e a visualização de sua representação.

Neste trabalho, utilizamos vídeos, animações e simulações em quase todas as etapas do planejamento didático. As duas primeiras ferramentas auxiliaram na problematização inicial, na compreensão, na revisão do conteúdo e como demonstração de um experimento que não pode ser realizado em uma sala de aula convencional. As animações não são necessariamente fiéis às leis da física, figurando apenas como ferramentas chamativas para contextualização histórica e resumo de ideias. A maior parte da análise de dados e investigação de hipóteses deste trabalho foi baseada em simulações computacionais. Concordamos com Giordan (2008, p. 190) quando apresenta uma definição para simulação:

[...] estamos nos referindo à noção de simulação, na qual se transpõe o fenômeno para o plano simulado mediante a programação do computador, de modo a reproduzir as leis físicas que regem o fenômeno e de forma também a representar visualmente o fenômeno na tela do computador.

Nesse sentido, pretendemos usar a simulação como uma ferramenta que permita que os alunos possam observar os fenômenos submicroscópicos como se eles estivessem enxergando o átomo. A simulação se mostra especialmente útil para o ensino de modelos para o átomo ao representar os

resultados esperados de um determinado experimento para cada um dos modelos atômicos. Na simulação, podemos mostrar resultados diferentes que auxiliem no entendimento da evolução da ciência e das considerações que cada modelo traz sobre a constituição da matéria.

O quarto argumento está ligado à forma tradicional com a qual a maioria dos professores de química do estado de Minas Gerais vem trabalhando em suas aulas. Mortimer et al. (2000), engajados na formação continuada de professores, apontam que a maioria dos educadores utiliza, prioritariamente, métodos tradicionais de ensino, que serão confrontados, mais adiante, com abordagens que se mostraram mais relevantes e mais eficientes em uma construção mais significativa do conhecimento.

Formatamos um quinto argumento fundamentados em ideias de autores cujas atividades baseiam-se no ensino por investigação e que apontam as características desejadas para esse tipo de atividade, bem como a eficácia do método. Nessa abordagem, o aluno protagoniza a construção do conhecimento, de forma que ele deve basear-se em suas vivências e em suas observações para formular suas teorias e modelos.

Uma vez apresentados os argumentos norteadores deste trabalho, passamos a uma descrição mais detalhada da abordagem de ensino por investigação, bem como do relato das atividades e análises realizadas.

O ensino por investigação

A motivação para utilizar ideias do ensino por investigação baseia-se em dois fatores: o primeiro trata-se de um consenso, no qual, ainda hoje, a maioria dos professores de ciências da educação básica utiliza-se de métodos tradicionais, ou seja, o conhecimento é vertical, de tal maneira que o educador assume a posição de única fonte de produção de significados; no segundo, acredita-se que a proposta de um ensino por investigação, com todas as suas características, favoreça que o aluno construa as suas ideias e, dessa forma, a aprendizagem seja mais inteira e significativa (Lima; Munford, 2007).

Uma das principais características do ensino por investigação é a proposta de aproximação entre a ciência acadêmica e a ciência escolar. Justamente devido ao reconhecimento da grande diferença que existe entre elas, entende-se que o ensino de ciências hoje não reflete a prática da ciência acadêmica, portanto, há a criação de um estereótipo de cientista e do fazer científico que é prejudicial para o ensino.

Esse distanciamento pode ser identificado considerando-se os conteúdos estudados e os lugares e as formas de promoção do conhecimento. De acordo com Lima e Munford

Neste trabalho, utilizamos vídeos, animações e simulações em quase todas as etapas do planejamento didático. As duas primeiras ferramentas auxiliaram na problematização inicial, na compreensão, na revisão do conteúdo e como demonstração de um experimento que não pode ser realizado em uma sala de aula convencional. As animações não são necessariamente fiéis às leis da física, figurando apenas como ferramentas chamativas para contextualização histórica e resumo de ideias.

(2007, p. 6), “o principal objetivo da escola é promover a aprendizagem de um conhecimento científico já consolidado, enquanto, por outro lado, o principal objetivo da ciência acadêmica é produzir novos conhecimentos científicos”. Além disso, os cientistas possuem à sua disposição recursos mais abundantes e mais específicos como equipamentos com alto grau de confiabilidade, que produzem análises muito mais complexas. Então, a aproximação dessas duas formas de fazer ciência é muito difícil, mas pode colaborar para que o ensino de ciências se torne mais verdadeiro, duradouro e formador.

Na escola, temos à disposição poucos ou pouquíssimos recursos para experimentação, sendo mais comum a presença de laboratórios de informática e projetores. Neste trabalho, adotamos a ideia de que tais aparatos tecnológicos podem permitir a simulação computacional como forma de fazer experimentos, porém em outra perspectiva.

Na visão de Azevedo (2004), uma abordagem de ensino tem caráter investigativo quando possibilita:

- 1) Proposição de um problema: apresenta-se uma pergunta que instigue a curiosidade científica dos estudantes. Em nossas aulas, a pergunta proposta foi: Do que são feitos todos os materiais?
- 2) Levantamento de hipóteses: etapa de discussão e descobrimento das concepções dos estudantes. Durante nossas atividades, percebemos que os estudantes participantes já conheciam alguns fatos da composição dos materiais. Portanto, algumas hipóteses levantadas foram prontamente descartadas e outras mais elaboradas emergiram.
- 3) Elaboração do plano de trabalho: discussão sobre como serão testadas as hipóteses levantadas na etapa anterior. Por falta de tempo, essa etapa de nossas atividades foi balizada pelos professores.
- 4) Montagem do arranjo experimental e coleta de dados: os alunos devem fazer as observações pertinentes à investigação. Em nossas aulas, essas observações foram feitas por meio de simulações, de um experimento e da exibição discutida de alguns vídeos de experimentos.
- 5) Análise dos dados: os alunos devem discutir entre si os resultados obtidos e confrontá-los com as hipóteses levantadas, bem como com a questão-problema.
- 6) Conclusão e socialização das ideias: nessa última etapa, os alunos devem criar e socializar suas próprias teorias para responder à questão-problema.

Sá (2009) aponta que uma atividade investigativa pode ter abordagens variantes no que se refere ao maior ou menor grau de responsabilização dos estudantes e direcionamento do material didático. Em seu trabalho, a autora cita as três abordagens sugeridas por Schwab (2000 *apud* Sá, 2009, p. 51-52) e indica que

[...] existem inúmeros matizes definidos pelos diferentes modos de compor os diversos níveis de responsabilidade do professor e dos estudantes e de estabelecer as formas de cooperação entre esses sujeitos quando esses realizam cada uma das cinco

ações: 1- Os estudantes engajam-se em questões de orientação científica; 2- Os estudantes dão prioridade às evidências ao responderem as questões; 3- Os estudantes formulam explicações a partir de evidências; 4- Os estudantes conectam suas explicações ao conhecimento científico; 5- Os estudantes comunicam e justificam suas conclusões.

Tais características nos guiaram na proposição das atividades e nos modos de condução das aulas relatadas neste trabalho.

A sequência de ensino e seu desenvolvimento

Participaram das aulas, que relatamos neste trabalho, 24 alunos de uma turma do 1º ano do ensino médio regular de uma escola pública federal com cursos técnicos integrados da cidade de Belo Horizonte (MG). Os estudantes foram divididos em seis grupos, as atividades foram desenvolvidas durante as aulas de química e realizadas em uma sala ambiente. O projeto surgiu a partir de exigências do estágio curricular do curso de licenciatura em química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e foi desenvolvido durante parte do primeiro semestre de 2012, utilizando-se seis aulas de 100 minutos.

A maioria dos recursos multimídia empregados, bem como alguns de seus roteiros, tiveram como base o trabalho de Silva (2012). Outros recursos multimídia foram pesquisados na internet como, por exemplo, simulações disponíveis gratuitamente no portal PhET (Physics Education Technology - http://phet.colorado.edu/pt_BR/), vídeos disponíveis nos portais Youtube (<http://www.youtube.com>) e pontociência (www.pontociencia.org.br).

As análises foram realizadas a partir das anotações e observações do estagiário 1. Analisamos também um questionário individual de opinião e de conteúdo respondido pelos estudantes, além das impressões da professora supervisora de estágio e da professora do campo de estágio (regente), responsável pela turma.

Preparação e intervenção

O quadro 1 contém informações sobre as atividades desenvolvidas na sequência de ensino relatada nesse trabalho.

Pensando em uma problematização inicial, utilizamos o vídeo *Tudo é matéria* (<http://youtu.be/XhNx1QK9HEI>) como base para uma discussão sobre as primeiras ideias dos filósofos gregos acerca da constituição dos materiais. A utilização de vídeos para problematização, sozinha, não é suficiente para gerar a proposição de um problema. No entanto, essa ferramenta, quando aliada a uma postura questionadora do professor, pode produzir uma atividade com caráter investigativo. Portanto, partimos do vídeo com as ideias dos filósofos gregos e formulamos duas perguntas que poderiam caracterizar uma atividade investigativa.

As duas questões podem ser abordadas de modo que os alunos reflitam e entendam melhor as limitações dos

Quadro 1: Atividades desenvolvidas na sequência de ensino.

Aula	Assunto	Recurso utilizado	Responsável
1	Introdução: do que é feita a matéria?	Vídeo <i>Tudo é matéria da série Mundos invisíveis</i> (http://youtu.be/XhNx1QK9HEI)	Estagiário 2
1	Modelo atômico de Dalton	Animação <i>Modelo atômico de Dalton</i> (http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/18565)	Estagiário 2
2	Natureza elétrica dos materiais	Simulação <i>Balões e eletricidade estática</i> (http://phet.colorado.edu/pt/simulation/balloons)	Regente
2	Estudos de Crooke, raios catódicos e modelo de Thomson	Apresentação em slides de autoria própria com textos, imagens e os seguintes vídeos: <i>Crook's tube</i> (http://youtu.be/Sikzu09q6cc), <i>Crookes Maltese cross tube</i> (http://youtu.be/Xt7ZWEDZ_GI) e <i>Puluj (Crookes) Tubes – windmill and radiometer</i> (http://youtu.be/gh6G4xynKxs)	Regente
3	Experimentos de Rutherford	Simulação <i>Rutherford's experiment</i> (http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/ruther14.swf) Vídeo <i>aula 1 vídeo complementar teorias atômicas experimento de Rutherford</i> (http://youtu.be/CRU1ltJs2SQ)	Regente
3	Número de massa, número atômico, elemento químico e isótopos	Apresentação em slides de autoria própria	Regente
4	Radioatividade	Atividade <i>O mistério de Rutherford</i> (http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=540&O+MISTERIO+DE+RUTHERFORD) Vídeo <i>Experimento de Becquerel</i> (http://www.youtube.com/watch?v=Do-p-GdWUc0)	Estagiário 1
5	Teste de chama	Atividade experimental	Estagiário 1
5	Modelo de Bohr	Simulação <i>Modelos do átomo de hidrogênio</i> (http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=16657)	Estagiário 1
6	Ideias atômicas atuais	Simulação <i>Modelos do átomo de hidrogênio</i> (http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=16657)	Estagiário 1

primeiros conceitos sobre a constituição da matéria: 1- Como o modelo alquímico explica o fato de o bebê se alimentar apenas de leite e ter crescimento de cabelos, unhas, ossos etc.?. 2- Como o modelo atomístico explica o mesmo fato?

Como objetivo inicial, os alunos deveriam discutir e concluir, juntamente com o estagiário 2, que os dois modelos se baseiam na transmutação da matéria. Enquanto o modelo alquímico prevê que uma alteração na quantidade de água, terra, fogo e ar num material mudaria a sua identidade, o modelo atomístico prevê a transmutação direta dos átomos de leite em átomos de ossos, cabelos, unhas etc.

Na segunda aula, a simulação *Balões e eletricidade estática* foi uma alternativa aos experimentos tradicionais de eletricidade estática, que nem sempre funcionam adequadamente. Essa simulação também permite a visualização das cargas, o que é muito proveitoso para facilitar o entendimento do aluno sobre o fenômeno observado. O trabalho de Silva (2012) apresenta um bom roteiro para essa atividade.

Na apresentação em slides, a regente fez uma explanação sobre a contextualização histórica da ciência na época dos experimentos de Crooke e mostrou uma imagem dos raios

catódicos. Foi proposto aos alunos tentar criar experimentos para determinar as propriedades dos raios catódicos (se possuem carga, se possuem massa e se viajam em linha reta). Após uma breve discussão, os três vídeos foram exibidos e os alunos tiveram a oportunidade de participar de um momento que se assemelha à atividade científica, na qual propuseram hipóteses e explicações para o fenômeno.

Nesse caso, de acordo com Sá (2009), as etapas da atividade estiveram, em certos momentos, com maior direcionamento pelo professor, quando este apresentou a contextualização histórica e, em outros momentos, com maior responsabilização dos estudantes como, por exemplo, quando propuseram, em um primeiro momento, as ações 1, 2 e 3 e ao discutirem suas propostas a partir dos vídeos, durante as ações 4 e 5 (NRC, 2000 *apud* Sá, 2009). Com isso, foi possível utilizar os vídeos do portal Youtube de maneira investigativa.

Utilizamos a simulação *Rutherford's experiment* que apresenta falas em inglês e, cuja exibição, sugerimos, seja realizada sem som. Esta é uma simulação importante por apresentar os resultados esperados pelo cientista, tornando-se

também uma boa oportunidade para revisar o modelo anterior, de Thomson, e discutir suas limitações. Como em outros momentos, nesse caso, o papel do professor é muito importante, pois, muitas vezes, a simulação, sem a intervenção apropriada, não é interpretada de maneira adequada pelos estudantes. Outra simulação, que não foi apresentada, mas que tem alta qualidade é a *Rutherford scattering*, que apresenta o close em um átomo no modelo de Rutherford e Thomson, além de permitir que se mude o número de prótons presentes no núcleo, o número de nêutrons e a energia das partículas alfa.

Em seguida, abordamos com os alunos a radioatividade antes do modelo atômico de Bohr.

Observamos grande interesse por parte deles sobre as radiações e também acreditamos que a análise histórica dos estudos sobre radioatividade, quando abordados em conjunto com os modelos de Thomson, Rutherford e Bohr, auxilia na compreensão do contexto em que esses modelos foram propostos, assim como suas relações.

Apresentamos então um novo tipo de atividade para os estudantes: um desafio com a atividade *O mistério de Rutherford*. Pedimos que elaborassem uma explicação com fundamentação científica para explicar o fenômeno observado no vídeo *Por que o contador Geiger não detecta diminuição da radiação após a colocação da segunda placa?*. Essa atividade foi a que provocou a discussão na qual eles mais se envolveram. Ao socializar as hipóteses, o estagiário 1 ouviu cada uma delas e foi dialogando com a turma sobre as possibilidades e impossibilidades das ideias propostas. Ao final da discussão, chegamos à conclusão de que deveriam existir, no mínimo, dois tipos de radiação provenientes do sal de urânio: uma que seria facilmente barrada por uma placa de alumínio e outra que não sofreria interferências de uma, duas ou, talvez, mais placas de alumínio.

Após essa conclusão, perguntamos: “E se eu disser para vocês que eu conheço pelo menos mais seis tipos de radiação? Isso invalida o modelo que vocês propuseram?” Prontamente, a maioria dos alunos afirmou que, ainda assim, o modelo proposto era adequado para aquela situação e que, para outras, deveriam fazer outros experimentos e talvez até outros modelos. Mais uma vez apontamos a importância do direcionamento do professor e da responsabilização dos estudantes ao longo da atividade de forma a caracterizar um processo investigativo.

Entendemos que a pergunta “Isso invalida o modelo que vocês propuseram?” ou outras similares são de grande importância para relacionar o fazer científico e a criação de modelos. Os alunos demonstraram entender que todo modelo tem suas limitações, mas que eles ainda podem ser muito úteis para descrever ou prever fenômenos.

No que concerne às investigações de Becquerel sobre radiações, o vídeo *Experimento de Becquerel*, do portal Ponto

Entendemos que a pergunta “Isso invalida o modelo que vocês propuseram?” ou outras similares são de grande importância para relacionar o fazer científico e a criação de modelos. Os alunos demonstraram entender que todo modelo tem suas limitações, mas que eles ainda podem ser muito úteis para descrever ou prever fenômenos.

Ciência, traz muitas informações e boa contextualização histórica do período em que foi realizado o experimento. Exibimos o vídeo, pausando várias vezes, para explicar mais detalhadamente cada aspecto dessa experiência. Após a sua exibição e de uma breve discussão, iniciamos uma aula expositiva sobre os tipos de radiação (alfa, beta e radiações do espectro eletromagnético) e algumas de suas propriedades. Percebemos que uma aula expositiva pode ser muito proveitosa quando o assunto já foi abordado de maneira diferenciada e, nesse caso, propiciou também a sistematização das ideias sobre a radiação.

Avançando nas ideias atômicas, pensamos em como problematizar o modelo de Bohr. Para

isso, relacionamos o espectro eletromagnético e a atividade experimental do *Teste de chama*. Uma alternativa para essa atividade é a exibição do vídeo *Teste atômico*, produzido pelo portal Ponto Ciência – o vídeo, o roteiro experimental e os resultados esperados podem ser encontrados em <http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=787&TESTE+ATOMICO>. Perguntamos, ao final da atividade, se o modelo de Rutherford conseguia explicar o fenômeno observado no experimento. Os estudantes concluíram que esse modelo não explicita nenhuma característica que explique a emissão atômica. No entanto, eles não conseguiram argumentar sobre as causas dos resultados observados.

Seguimos apresentando aos alunos a contextualização histórica do modelo de Rutherford. Já na época da sua formulação, a física clássica possuía ferramentas para contestar a estabilidade do átomo no modelo planetário proposto por Ernest Rutherford. Essas evidências, combinadas às pesquisas de Max Planck e da natureza ondulatória da luz, abriram espaço para a proposta do modelo atômico de Bohr.

Um importante trabalho, dentro do tema dos modelos para o átomo, foi desenvolvido por Niels Bohr. Para apresentar aos estudantes o seu modelo, a simulação *Modelos para o átomo de hidrogênio* é a que apresenta maiores possibilidades de trabalho tanto para o professor quanto para os alunos. Essa simulação representa átomos de hidrogênio segundo as ideias de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, De Broglie e Schrödinger; e também as previsões para o comportamento do átomo quando for irradiado com luz visível ou ultravioleta. Seguindo o roteiro baseado no trabalho de Silva (2012), projetamos a simulação, enquanto o estagiário 1 fazia as perguntas aos estudantes. Isso colaborou para que eles percebessem como ocorre a emissão atômica no modelo de Bohr, o que foi corroborado pelas respostas aos questionários de avaliação.

Relacionamos ainda a prática do *Teste de chama* à excitação dos elétrons no modelo de Bohr: a partir do aquecimento bem como pela absorção de fótons. Além disso, propusemos também uma discussão com os estudantes acerca dos fatores

que explicam a emissão de cores diferentes em átomos diferentes.

Para concluir o plano de ensino, realizamos uma aula de 50 minutos na qual apresentamos as ideias atômicas de De Broglie e Schrödinger, além de enfatizarmos o aspecto matemático desse último. Consideramos que, para aproximar os estudantes da ciência acadêmica, é importante explicitar a necessidade da descrição dos fenômenos físicos por meio da matemática uma vez que, ao lado dela, as ideias contemporâneas nas ciências exatas são legitimadas.

Avaliação das intervenções

Aplicamos, duas semanas após o término do projeto, o questionário de avaliação do trabalho realizado em sala de aula. Foi perguntado aos alunos de quais atividades eles mais gostaram e quais foram mais úteis para o seu aprendizado. Dos 20 alunos presentes, 16 indicaram o experimento do teste de chama como sendo o de que eles mais gostaram e 4 responderam que todas as atividades auxiliaram na compreensão do conteúdo. Isso mostra que, realmente, o experimento chama a atenção dos alunos. Contudo, consideramos que a sua simples realização não é garantia de aprendizado, mas uma vez aliada a uma postura investigativa, o potencial do experimento é grande.

Para a segunda pergunta do questionário, “A maioria das lâmpadas usadas em postes de iluminação pública usa vapores de sódio, que emitem uma luz amarelada. A mesma cor amarelada foi observada no teste de chama do sódio. Explique como acontece a emissão de luz dessas lâmpadas”, treze alunos conseguiram formular respostas corretas com explicações completas utilizando o modelo de Bohr. Três alunos deixaram em branco e quatro apresentaram respostas incompletas. O resultado foi satisfatório considerando o fato de que a teoria de Bohr, necessária para entender o fenômeno da emissão atômica, é complexa.

A simulação dos *Modelos do átomo de hidrogênio* foi escolhida por sete alunos como a atividade mais útil para o seu aprendizado. De fato, essa atividade, assim como seu roteiro, desenvolvido no trabalho de Silva (2012), mostrou-se favorável para o aprendizado do modelo de Bohr. Os alunos estavam respondendo prontamente a todos os questionamentos do roteiro e apresentavam, em suas respostas verbais, o entendimento da teoria. Essa simulação se mostrou completa o suficiente para sanar dúvidas sobre os modelos anteriores, ilustrar o modelo atual e, principalmente, fundamentar com caráter experimental as ideias do modelo atômico de Bohr.

De acordo com a preferência dos alunos, o desafio do *Mistério de Rutherford* figura em segundo lugar, tendo sido escolhido por quatro estudantes como a atividade que mais contribuiu para sua construção do conhecimento. Isso porque, segundo eles, essa atividade os “fez pensar”. Nenhum dos estudantes marcou o vídeo *Mundos invisíveis* como sendo o mais importante ou como aquele que mais colaborou para o aprendizado do conteúdo. O uso deste teve como objetivo

iniciar a proposição de um problema, porém esse material não despertou o interesse dos alunos e, por consequência, eles podem não ter percebido a sua importância. Portanto, para quem planeja utilizar esse projeto na sua escola, outra atividade pode ser pensada.

Na terceira questão do questionário, pedimos para que os alunos desenhassem, dentro de um quadro, a representação em zoom de um recipiente com gás hélio usando os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Dos vinte alunos, quinze conseguiram representar boas características dos modelos de Dalton, Rutherford e Bohr. Dentre esses participantes, 18 representaram corretamente o átomo de hélio por meio do modelo de Rutherford. Tivemos dificuldade de interpretação das representações feitas para o modelo de Thomson. Tomemos como exemplo as Figuras 1 e 2 que trazem essa representação feita por dois alunos.

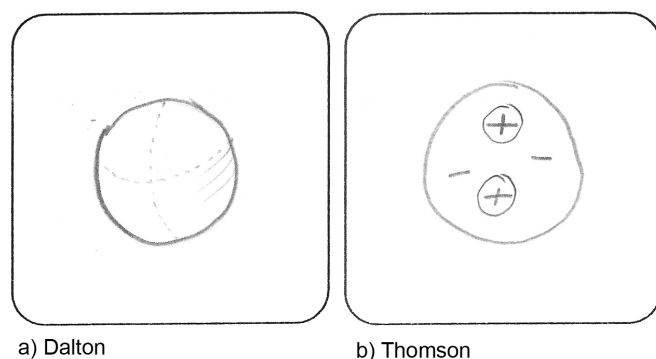


Figura 1: Representações de átomos de Hélio.

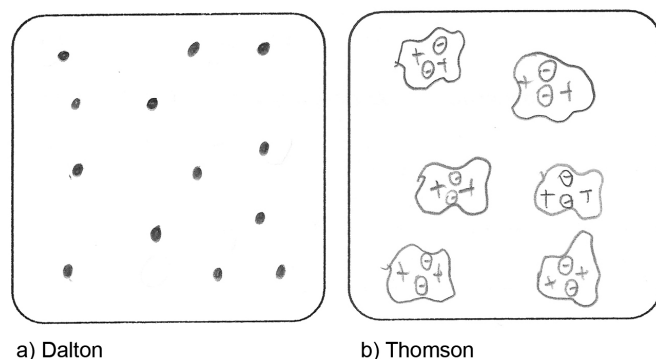


Figura 2: Representações de átomos de Hélio.

Podemos perceber que os dois alunos conseguiram representar o átomo de hélio usando o modelo de Dalton de maneira satisfatória, porém consideramos que o modelo de Thomson, representado na Figura 1, está equivocado. Isso porque o desenho apresenta as partículas dentro do átomo como sendo positivas, entretanto, de acordo com esse modelo, elas deveriam ser negativas. Já na Figura 2, não há representação das características essenciais do modelo de Thomson. Não podemos inferir com certeza se o aluno teve a intenção de representar as cargas positivas distribuídas homogeneamente no volume do átomo. Diante desses dados, concluímos então que, para solicitar a representação de um modelo, faz-se necessária a explicação do desenho. Dessa

forma, o professor poderá ter mais ferramentas para avaliar as ideias representadas pelos estudantes.

No que concerne à interiorização real da montagem assim como dos resultados do experimento de Rutherford e das ideias do modelo de Bohr, entendemos ser essencial a visualização submicroscópica das simulações. A visão da professora regente corrobora essa afirmação quando relata que a intensificação do uso de recursos multimídia faz com que os alunos “aprendam mais”.

Para o estagiário 1, a aula de radioatividade foi considerada a mais relevante, pois foi a que contou com maior envolvimento por parte dos alunos. No desafio do *Mistério de Rutherford*, que apresentava o experimento com o sal de urânio e o contador Geiger, todos os grupos desenvolveram respostas reflexivas. Durante a exposição sobre os tipos de radiação e a radioatividade, todos prestaram muita atenção e muitos questionamentos foram feitos. Percebemos ser de grande interesse por parte deles as questões sobre a radioatividade uma vez que as relações criadas entre as propriedades das radiações eletromagnéticas e o cotidiano dos alunos foram muito instigantes.

Nessa aula, apresentamos o espectro eletromagnético em ordem crescente de energia e, durante o processo, percebemos que os alunos tinham conhecimento de que os raios ultravioleta poderiam causar câncer de pele, assim como outras radiações poderiam causar outros tipos de câncer. A partir dessas informações, conseguimos exemplificar um pouco melhor a penetração das diferentes radiações nos materiais. Essas e outras ideias foram discutidas com os alunos que ressaltaram, ao final da aula, terem “adorado” conhecer mais sobre o assunto.

Essa afinidade pelo desconhecido e poderoso (radioatividade) é típica de um espírito científico que é fomentado no desenvolvimento de práticas de ensino com caráter investigativo. Nesse sentido, a aula sobre radioatividade se torna importantíssima dentro de um projeto que pretende ensinar modelos para o átomo de forma investigativa.

Retomando o questionário citado anteriormente, tentamos aprofundar e extrapolar as perguntas comuns envolvendo o modelo de Bohr. Para isso, formulamos a seguinte questão: “Se a energia necessária para excitar um elétron, no átomo de hidrogênio, do 1º ao 2º nível eletrônico for de 10 eV, o que acontecerá com o elétron quando um fóton com a energia de 7 eV passar pelo átomo?”

Dos 20 questionários analisados, 16 deles apresentaram respostas corretas, prevendo o que aconteceria, contudo apenas 8 continham explicações completas. Para exemplificar o que seria uma resposta completa, tomamos o que foi escrito por uma aluna: “Nada, porque para excitar um elétron desse átomo, a energia deve ser específica”. Consideramos essa uma resposta completa, pois contém a ideia de energia quantizada. Mesmo que a aluna não tenha citado o termo quantizada, ela deu a entender que conhecia a relação necessária entre a absorção de energia e a mudança de nível no modelo de Bohr. Outra resposta considerada completa foi: “Nada irá acontecer com o elétron, pois ele não teria energia

necessária para efetuar saltos quânticos”. Identificamos a mesma relação de absorção específica de energia que foi demonstrada na simulação dos *Átomos de hidrogênio*, apesar de a aluna deixar incerto se o elétron absorve o fóton ou não.

Dentro do âmbito das respostas corretas, houve também aquelas que estavam incompletas. Um exemplo de resposta correta com explicação incompleta, recorrente nos questionários, foi: “Nada, porque o elétron não pode parar no meio do caminho”. Nesse caso, o aluno respondeu corretamente, pois apresentou a previsão do modelo de Bohr para esse cenário. Entretanto, a resposta é incompleta uma vez que ele não explica substancialmente que o elétron não absorve energias de qualquer valor.

A partir do questionário, investigamos ainda a concepção alternativa dos alunos de que as partículas alfa se chocam contra o núcleo do átomo no experimento de Rutherford. Para isso, utilizamos o seguinte item: “Represente com linhas, de acordo com o modelo de Rutherford, a trajetória de 5 partículas α (alfa) ao se aproximarem do núcleo, como indicado na figura”. Dentre eles, 11 alunos representaram a trajetória das partículas alfa com desvios coerentes como demonstra a Figura 3.

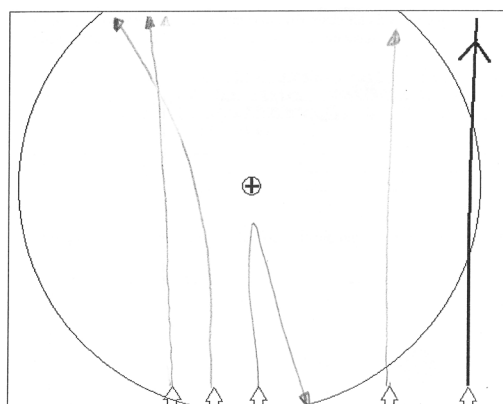


Figura 3: Trajetória das partículas alfa representada com coerência.

As partículas alfa são carregadas positivamente, portanto, são repelidas pelo núcleo do átomo de ouro – também positivo. Isso significa que, quanto mais próximas do núcleo, mais intenso é o desvio dessas partículas. Como resultado, elas não possuem energia suficiente para colidirem com o núcleo. Todavia, dentre todas as representações dessas trajetórias, identificamos dez respostas que apresentavam a colisão da partícula alfa com o núcleo do átomo como mostrado na Figura 4.

Acreditamos que, se a simulação intitulada *Rutherford scattering*, que pode ser encontrada gratuitamente no link <http://phet.colorado.edu/en/simulation/rutherford-scattering>, tivesse sido utilizada nas aulas, essa concepção alternativa poderia ser discutida. Sobre as representações com trajetórias incoerentes, mais uma vez reforçamos que, se o desenho estivesse acompanhado de uma explicação escrita, a interpretação das respostas pelos pesquisadores seria facilitada.

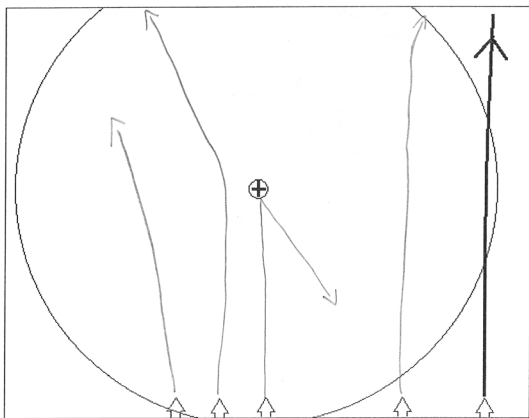


Figura 4: Partícula alfa representada colidindo com o núcleo.

Consideramos ainda que é muito importante que o professor mostre a construção e o embasamento das ideias atômicas atuais no ensino médio. Isso poderia fazer com que o aluno se sentisse mais próximo da ciência acadêmica, que hoje tem um caráter quase puramente matemático no âmbito da área de modelagem química computacional. Dessa forma, é possível que o aluno se sinta mais instigado a refletir sobre a ciência bem como da sua aproximação com a matemática, o que costuma ser difícil até mesmo no ensino superior.

148

Considerações finais

Durante o desenvolvimento das atividades aqui relatadas, foi possível conhecer mais profundamente o ensino por investigação e aplicá-lo em um contexto escolar. O envolvimento

dos alunos participantes foi bastante satisfatório, pois com o desenvolvimento das atividades propostas, conseguimos estimular sua participação e, conseqüentemente, a construção de ideias importantes para o conhecimento químico.

Acreditamos que a utilização de abordagens investigativas, seja na simulação (Giordan, 2008) ou em atividades experimentais, pode contribuir para que os estudantes construam e organizem as suas ideias sobre a constituição da matéria quando o professor contempla as formas de abordagem e focos conceituais como apresenta Mortimer et al. (2000).

Esperamos, ao relatar neste trabalho uma proposta de ensino para modelos atômicos diferenciada, que estimule o desenvolvimento de habilidades críticas por meio da perspectiva histórica da visão científica sobre o tema e o ensino de química seja enriquecido. Isso se torna possível à medida que os professores fazem uso de ferramentas metodológicas diversificadas em suas aulas.

Consideramos ainda que, de acordo com Lima e Munford (2007) e Sá (2009), o ensino por investigação pode aproximar a ciência escolar da ciência acadêmica dentro do tema *Modelos para o átomo*, quando articula a responsabilização dos estudantes e o direcionamento do professor no decorrer das atividades desenvolvidas nas aulas de química.

André Correa Ferreira (andrecf2@yahoo.com.br) é licenciado em Química (UFMG). Belo Horizonte, MG – BR. **Nilma Soares da Silva** (nilmasoares@yahoo.com.br), licenciada em Química, mestre e doutora em Educação (UFMG), é professora supervisora de estágio. Belo Horizonte, MG – BR. **Kátia Pedrosa Silveira** (katiapedrosasilveira@gmail.com), licenciada e bacharel em Química, mestre e doutora em Educação (UFMG), é doutoranda do Programa de Pós-Graduação da FaE/UFMG e professora supervisora de campo. Belo Horizonte, MG – BR.

Referências

AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A.M.P. (Org.). *Ensino de ciências – unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: SEMTEC, 2000.

GIORDAN, M. *Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008.

LIMA, M.E.C.C.; MUNFORD, D. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*. Minas Gerais, 2007.

SILVA, G.R.; MACHADO, A.H.; SILVEIRA, K.P. Modelos para o átomo: atividades envolvendo a utilização de recursos multimídia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE

QUÍMICA, 16., 2012, Salvador. *Anais...* UFBA: Campus de Ondina, Salvador, 2012. Disponível em: <<http://www.eneq2012.qui.ufba.br/modulos/submissao/Uplod/42168.pdf>> Acesso em: 27 de mar. 2013.

Para saber mais

VIANA, H.E.B. *A construção da teoria atômica de Dalton como estudo de caso – e algumas reflexões para o ensino de química*. 2007. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H.; ROMANELLI, L.I. A proposta curricular do ensino de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

SÁ, E.F. *Discurso de professores sobre ensino de ciências por investigação*. 2009. 202 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

Abstract: *Teaching atomic models by means of multimedia resources in an investigative approach.* We propose and describe the development of a teaching sequence, using multimedia resources, articulating animations, simulations and videos as a phenomenological base for the study of the atomic theories. We employed the scientific inquiry method so that the student would build and organize its own ideas concerning the constitution of matter. We consider the development of the described sequence quite influential in achieving this goal, and we indicate alternatives to improve the approach to this structuring topic of chemical knowledge.

Keywords: atom models, multimedia, inquiry in science teaching.