

O químico e físico inglês Willian Crookes (1832-1919) e os raios catódicos: Uma adaptação tátil do tubo para o ensino de modelos atômicos para aprendizes cegos

Jomara Mendes Fernandes

Sandra Franco-Patrocínio

Ivoni Freitas-Reis

Resumo

As pesquisas sobre descargas elétricas através dos gases rarefeitos era tema de muitos estudos no século XIX. Em 1879, Willian Crookes (1832-1919) produziu, através de uma bomba de vácuo, um tubo de gás rarefeito que proporcionou meios de afirmar ser o raio catódico, o qual mais tarde Joseph John Thomson (1856-1940) denominaria elétron de natureza particulada. Defendemos a importância das imagens e representações dentro do estudo da química e, pensando nisso, o presente trabalho retrata a experiência de uma adaptação tátil do tubo de Crookes que foi utilizada em aulas da história dos modelos atômicos com um aprendiz cego.

Palavras-chave: Educação Inclusiva; Deficiência Visual; História da Química.

Abstract

Research on electrical discharges through rarefied gases was the subject of many studies in the nineteenth century. In 1879, William Crookes (1832-1919) produced, through a vacuum pump, a rarefied gas tube that provided a means of claiming to be the cathode ray, which later Joseph John Thomson (1856-1940) would call the electron of nature particulate. We argue for the importance of images and representations within the study of chemistry and, in light of this, the present paper portrays the experience of a tactile adaptation of Crookes tube that was used in classes of the history of the atomics models with a blind apprentice.

Keywords: Including Education; Visual Deficiency; History of Chemistry.

INTRODUÇÃO

A construção da História de qualquer saber, como a do atomismo e dos modelos atômicos, por exemplo, sempre foi permeada por diversos embates científicos, comprovações, refutações, adaptações, entre outros, que levam séculos e comumente resultam em importantes passos para o desenvolvimento da ciência em geral.

Oki afirma que “os conceitos científicos adquirem seus significados à luz do contexto em que são formulados ou reelaborados”¹. A autora exemplifica que o conceito de “elemento químico”, introduzido por Boyle ainda no século XVII, apenas adquiriu sentido com os trabalhos de Lavoisier e Dalton, já fundamentado numa nova rede conceitual de saberes que conferiu legitimidade à conceituação proposta.

Por isso, é importante lembrar que a História da Ciência não pode ser vista simplesmente como a união de duas coisas distintas que acabam por criar geralmente uma terceira com características próprias² e os aspectos da ciência de uma determinada época estão sempre vinculados ao seu contexto

¹ Maria da Conceição M. Oki, “Paradigmas, Crises e Revoluções: A História da Química numa Perspectiva Kuhniana,” *Química Nova na Escola* 20, n° 6 (2004): 36.

² Ana M. Alfonso-Goldfarb, *O que é História da Ciência?* (São Paulo: Brasiliense, 1994): 9.

histórico, social e político³. Em vista disso, o conhecimento científico é entendido como um complexo processo de permanências e rupturas influenciadas pelo contexto social e histórico da época, sendo a verdadeira compreensão de uma determinada teoria advinda do estudo das diversas hipóteses que foram postuladas ao longo da pesquisa.

No livro *Da Alquimia a Química*, a pesquisadora Alfonso-Goldfarb⁴ evidencia as principais origens, nomes, contextos e concepções sobre o conhecimento da matéria que fundamentam a Alquimia e a Química. Considera-se que a Alquimia é uma tradição de investigação sobre a natureza da matéria, que visa a sua modificação mediante práticas constantes que, de uma forma geral, tentam conquistar o tempo.

Jean-Baptiste Dumas (1800-1884) defendia uma abordagem empirista da ciência, tendo afirmado que tanto os químicos antigos quanto os modernos tinham em comum o método. Caracterizando o método como a crença no testemunho dos sentidos, a submissão cega aos fatos. Dizendo ainda que, antigos ou modernos, os químicos queriam fazer teorias a partir dos fatos e não procurar fatos para qualquer teoria.⁵

A concepção empirista da ciência que ainda influenciava o pensamento científico no início do século XIX definia a forma de pesquisar e validar os conhecimentos. Na visão empirista, a interpretação dos fatos era baseada em observações e experimentos realizados com rigor, que permitiam estabelecer induções, oferecendo definições, como por exemplo, as propriedades e as leis de funcionamento⁶.

Sabemos que a elaboração de conhecimentos sobre a matéria e suas transformações caracteriza-se pela forte relação entre os processos de manipulação dos materiais e as ideias acerca de sua composição.⁷ Mas ainda por todo o século XIX havia intensas discussões quanto à existência ou não do átomo.

Existiam os antiatomistas, que rejeitavam a existência bem como a utilidade da teoria atômica, e, entre os extremos - atomistas e antiatomistas - estavam os instrumentalistas, que negavam a existência dos átomos, mas que consideravam a teoria útil. Essa postura de muitos cientistas pode ser justificada pela grande aceitação da experimentação como comprovação científica, rejeitando a metafísica, entendida como conhecimento especulativo e sem fundamento empírico.⁸

Mas, em relação ao atomismo daltoniano, a formulação da hipótese atômica feita por Dalton legitimou e posteriormente transformou a maneira de praticar a Química:

³ Luciana Zaterka, *Filosofia Experimental na Inglaterra do século XVII: Francis Bacon e Robert Boyle* (São Paulo: Humanitas, 2004).

⁴ Ana M. Alfonso-Goldfarb, *Da Alquimia a Química* (São Paulo: Landy, 2001).

⁵ Jean Baptiste-Dumas, *Leçons sur la Philosophie Chimique: Professeurs au Collège de France* (Paris: Bechet Jeune, 1837).

⁶ Zaterka, *Filosofia Experimental na Inglaterra*; e Alan F. Chalmers. *O que é Ciência Afinal?*, 7ª reimpressão (São Paulo: Brasiliense, 2009).

⁷ Maria Helena R. Beltran, "O Tetraedro de Van't Hoff: Algumas Considerações sobre o Papel dos Modelos na História da Química e no Ensino," in *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC*, 2013.

⁸ Bernadette Bensaude-Vincent & Jonathan Simon, *Chemistry: The Impure Science* (London: Imperial College Press, 2008).

Ao assimilar o trabalho de Richter (Lei dos Equivalentes Químicos) e de Proust (Lei das Proporções Definidas), o paradigma daltoniano explicou a ampla generalidade dos resultados obtidos e sugeriu novas experiências, como o trabalho posteriormente desenvolvido por Gay-Lussac sobre a combinação de gases. O principal mérito de Dalton foi retomar conceitos antigos e submetê-los a reelaboração à luz de uma nova racionalidade; novas questões foram formuladas e novas conclusões apresentadas. A Teoria Atômica que se constituiu não somente ordenou e explicou muitos fatos do seu domínio, como propôs inúmeros problemas e novos programas de pesquisa, justificando a sua amplitude revolucionária.⁹

Foi em 1808 que John Dalton publicou a primeira parte do livro *A New System of Chemical Philosophy*¹⁰. A segunda e a terceira parte foram publicadas em 1810 e 1827, respectivamente. No primeiro exemplar, o estudioso afirmou que os corpos eram constituídos por partículas denominadas átomos: “Todos os corpos de magnitude razoável, líquidos ou sólidos, são constituídos de um grande número de partículas extremamente pequenas, ou átomos de matéria unidos por uma força de atração”¹¹. Dalton representou as partículas como esferas maciças que apresentavam massas diferentes.

Com relação aos estudos sobre a estrutura da matéria, no início do século XIX, alguns cientistas trabalhavam com as descargas elétricas através dos gases rarefeitos. Segundo dos Santos¹², em 1838, o físico inglês Michael Faraday (1791-1862) já havia realizado uma série de experimentos com descargas elétricas em gases rarefeitos. Dos experimentos de eletrólise de Faraday surgiram as primeiras evidências quantitativas que apontavam para a existência de constituintes carregados no interior da matéria. Contudo, devido a empecilhos técnicos que dificultavam a produção de vácuo de boa qualidade, esses trabalhos só tiveram nova investida cerca de vinte anos depois.

A denominação raios catódicos (*Kathodenstrahlen*) foi introduzida pelo físico alemão Eugen Goldstein (1850-1931) em 1876, ocasião em que ele apresentou a interpretação de que esses raios seriam ondas no éter. Pouco tempo depois, em 1879, o químico e físico William Crookes (1832-1919) produziu, por intermédio de uma bomba de vácuo, um tubo ou ampola, com pressões muito menores que as já obtidas naquela época. Essa nova condição experimental proporcionou a Crookes meios de afirmar ser o raio de natureza particulada. Crookes concluiu que os raios catódicos eram entidades

⁹ Oki, “Paradigmas, Crises e Revoluções,” 37.

¹⁰ John Dalton, *A New System of Chemical Philosophy*, Parte 1 (London: R. Bickstaff, 1808).

¹¹ *Ibid.*, 141.

¹² Carlos A. dos Santos, “Raios X: Descoberta Casual ou Criterioso Experimento,” *Ciência Hoje* 19, n° 114 (1995).

carregadas às quais constituíam o quarto estado da matéria - atualmente usamos esse termo quando nos referimos ao plasma, obtido ao se produzir uma descarga elétrica num gás rarefeito¹³.

Os autores Caruso & Oguri¹⁴ discorrem que o estudo de Crookes foi muito importante para o desenvolvimento das pesquisas de Joseph John Thomson (1856-1940), que, por volta de 1897, descobriu que a partícula descrita por Crookes era, na verdade, o elétron. Thomson conseguiu medir, com boa precisão, a razão entre a carga e a massa destas partículas, encontrando um valor muito maior que para íons em eletrólises, indicando que a ordem de grandeza da massa dessas partículas era muito pequena.

Thomson¹⁵, em seu artigo, alega que estes corpúsculos carregados eram exatamente os mesmos, quaisquer que fossem os elementos do catodo, do anodo e do gás dentro do tubo, revelando-se como constituintes universais da matéria (os elétrons). Assim, Thomson comprova empiricamente que o átomo não é indivisível, estabelecendo então a teoria elétrica da matéria. Dois anos mais tarde, o cientista ainda pôde estimar que a massa dos elétrons era 1840 vezes menor que a do íon de hidrogênio (o próton).

Contudo, salientamos aqui que, conforme nos aponta Beltran¹⁶, nos livros didáticos a abordagem histórica dos modelos atômicos geralmente se reduz a uma apresentação sequenciada de ideias de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e, muitas vezes, do modelo de orbitais, como se tais concepções tivessem sido linearmente desenvolvidas, aceitas sem debates, e facilmente adotadas entre os cientistas da época.

Queremos chamar a atenção para o fato de que muitas vezes tal equívoco passa despercebido pelos professores, que precisam saber desconstruir junto ao aluno essa ideia de história da ciência como constructo linear e bem organizado. Esses conhecimentos são importantes tanto para o professor como para o aluno, seja qual for o nível de ensino, uma vez que contribui para uma visão crítica da ciência e dos cientistas.

Entendemos assim a importância de uma abordagem contextualizada historicamente para o trabalho de determinado conhecimento, uma vez que conhecer a história possibilita conhecer melhor também o conceito, compreender a origem do problema, como se apresentam as questões, as hipóteses, as bases experimentais e até mesmo, em alguns casos, o abandono das velhas ideias em favor das novas. Esse caminho se revela indispensável para uma construção facilitada do conhecimento da trajetória do desenvolvimento das propostas de modelos atômicos, foco do presente artigo.

¹³ Ibid.

¹⁴ Francisco Caruso & Vitor Oguri, "A Eterna Busca do Indivisível: Do Átomo Filosófico aos Quarks e Léptons," *Química Nova* 20, nº 3 (1997).

¹⁵ Joseph J. Thomson, "Cathode Rays," *Philosophical Magazine* 44, nº 5 (1897).

¹⁶ Beltran, "O Tetraedro de Van't Hoff".

O USO DE MODELOS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Ao trabalharmos com o conteúdo de modelos atômicos na educação básica, nós nos deparamos com o emprego recorrente de modelos teóricos que foram criados para explicar os fenômenos não observáveis aos nossos olhos. Esse emprego dos modelos no ensino de química algumas vezes trazem certas dificuldades na aprendizagem, uma vez que os estudantes já têm uma ideia pré-concebida do que sejam modelos, algo concreto, que reproduz a realidade¹⁷. Na ciência, ocorre um pouco diferente, o uso de modelos é empregado para facilitar a explicação de fenômenos, eventos e processos, como argumentam Anunciação et al.:

Frequentemente na ciência Química, busca-se criar explicações que possam justificar fenômenos que ocorrem no plano fenomenológico. Na tentativa de fundamentá-los a nível teórico, os cientistas se empenham em propor representações explicativas para estes.¹⁸

Os modelos criados para explicar os átomos propostos por Dalton, Rutherford e Bohr visam contribuir com a aprendizagem do estudante, de forma a aproximá-lo do conhecimento químico. O desenvolvimento desses modelos tem o propósito de ajudar os alunos a entenderem modelos consensuais. A elaboração de um modelo de ensino é um processo complexo, pois ele deve preservar a estrutura do modelo consensual e lidar com o conhecimento prévio dos alunos a fim de que eles construam sua própria compreensão. Sendo assim, um modelo de ensino representa uma maneira diferente de apresentar um modelo consensual e não simplesmente uma simplificação do mesmo.¹⁹

Assim, defendemos que os modelos de representação tão usados no ensino de química são elaborados a fim de trazer concretude a teorias e observações abstratas que explicam o comportamento da matéria. Defendemos a importância do emprego dessas representações e em especial no ensino e aprendizado da história dos modelos atômicos.

Contudo, também precisamos nos preocupar igualmente com o acesso de alunos com deficiência visual a esses modelos de representação, uma vez que tais modelos são inerentes e essenciais dentro do campo de estudos da química. Salientamos que os alunos com deficiência visual ou cegos também devem ter acesso a uma aprendizagem alicerçada na história da ciência bem como nos modelos de representação.

¹⁷ John K. Gilbert & Carolyn J. Boulter, "Stretching Models Too Far," *American Educational Research Association* (1995); e Juan I. Pozo & Miguel A. G. Crespo, *A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: Do Conhecimento Cotidiano ao Conhecimento Científico* (Porto Alegre: Artmed, 2006).

¹⁸ Bárbara C. P. da Anunciação et al., "Modelos em Química: O Ensino de Ligação Química," in *Anais do XI ENPEC*, Florianópolis, Santa Catarina (2017), 2, <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R2053-1.pdf> (acessado em 16 de janeiro de 2018).

¹⁹ Rosária Justi, *Models in the Teaching of Chemical Kinetics* (Reading: The University of Reading, 1997).

ENSINO DE QUÍMICA PARA CEGOS NUM CONTEXTO INCLUSIVO

Nas últimas décadas, muito se tem defendido a escola num contexto inclusivo. A inclusão educacional é um termo comum no discurso de muitos, porém incluir vai muito além de colocar um aluno deficiente num mesmo espaço físico.²⁰ A maioria dos documentos legislativos referentes às políticas públicas de educação especial tem como princípio o direito do aluno com necessidades educacionais especiais à educação, ao acesso e permanência na escola, a formação e qualificação dos professores, currículo, métodos, recursos, organizações e infraestrutura adequada.²¹

Reforçando essa sugestão, o governo brasileiro instituiu a lei 9394/96, que estabeleceu as Diretrizes e Bases da Educação Nacional e determinou que pessoas com deficiência têm o direito de ser incluídas no ensino regular “sem discriminação, com o objetivo de integrar todos os níveis e graus de ensino”²². Em complementação, as Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Especial na Educação Básica discutem a educação inclusiva:

Implica uma nova postura da escola comum, que propõe no projeto político pedagógico, no currículo, na metodologia de ensino, na avaliação e na atitude dos educandos, ações que favoreçam a integração social e sua opção por práticas heterogêneas. A escola capacita seus professores, preparam-se, organizam-se e adaptam-se para oferecerem uma educação de qualidade para todos, inclusive, para os educandos com necessidades especiais.²³

Como um reflexo desses documentos que concedem o direito da educação a todos, tem ocorrido um aumento significativo do número de matrículas de alunos com as mais diversas necessidades especiais nas classes comuns do ensino regular.²⁴

No Brasil, dados baseados no Censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostraram que, da população total de 190.755.799 de pessoas, quase 24% dos entrevistados (45.623.910) responderam ter ao menos uma deficiência.

Tratando-se mais especificamente da deficiência visual, esta despontou como a deficiência de maior incidência no país: ao todo, 35.791.488 pessoas (18,7% da população nacional e 78,4% do total

²⁰ Carlos Skliar, *Os Estudos Surdos em Educação: Problematizando a Normalidade* (Porto Alegre: Mediação, 1998).

²¹ Jomara M. Fernandes, “Propostas Metodológicas Alternativas para a Educação Inclusiva a Surdos: Enfoque nos Conteúdos de Balanceamento de Equações Químicas e Estequiometria para o Ensino Médio” (dissertação de mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016).

²² Brasil, Ministério da Educação, *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. LDB 9.394, de 20 de dezembro de 1996* (Brasília: Ministério da Educação, 1996), http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm (acessado em 10 de janeiro de 2018).

²³ Brasil, Ministério da Educação, *Parecer CNE/CEB 17/2001, Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica* (Brasília: Ministério da Educação, 2001), 40, <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/diretrizes.pdf> (acessado em 10 de janeiro de 2018).

²⁴ Brasil, Ministério da Educação, *Censo Escolar da Educação Básica 2013 Resumo Técnico* (Brasília: Ministério da Educação, 2014), http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/resumos_tecnicos/resumo_tecnico_censo_educacao_basica_2013.pdf (acessado em 10 de janeiro de 2018).

de deficientes) enquadraram-se nessa categoria, sendo que 528.624 disseram-se totalmente cegas (quase 0,3% da população brasileira), 6.056.684 responderam ter grande dificuldade para enxergar (3,1% da quantia geral de pesquisados), e 29.206.180 afirmaram ter alguma dificuldade (15,3%).

Considerando esse panorama apontado pelo Censo, percebemos a importância de dar um olhar diferenciado para a inclusão do sujeito cego ou de baixa visão no contexto escolar. Sabemos que muitos docentes encontram dificuldades para realizar atividades em sala de aula que consigam abarcar todos os estudantes e que a falta de materiais de apoio prejudica ou até impossibilita uma aula inclusiva.

Delimitado o sujeito de nossa pesquisa, Costa et al.²⁵ definem o deficiente visual como o indivíduo que apresenta um estado irreversível de diminuição da capacidade visual ocasionada por fatores congênitos (patogenias) ou ambientais (patologias, lesões, tumores etc.), e que se mantém mesmo após a sua submissão a procedimentos clínicos (terapias) e/ou cirúrgicos e o uso de auxílios ópticos convencionais (óculos, lentes de contato). E pessoas cegas são as que não têm nenhum resquício de visão e empregam o Braille como sistema de leitura e escrita.

Professores e toda a equipe pedagógica devem estar atentos em realizar uma real inclusão de estudantes cegos ou de baixa visão na sala de aula, pois como apontam Raposo & Carvalho²⁶, o deficiente visual muitas vezes se torna mais um sujeito indefeso do que deficiente, uma vez que apresenta dificuldades em se inserir no ambiente de aprendizagem. Além disso, a escola tradicional não reflete sobre a importância da reestruturação dos meios mediacionais no espaço escolar, valorizando a figura do professor como centro do processo educativo em detrimento ao aluno com necessidades educacionais especiais em sala de aula.²⁷

Outro ponto que deve ser levado em consideração está relacionado em como o estudante cego chegou ao estágio da cegueira. Pois, como afirmam Almeida e Araújo²⁸, é preciso considerar se a cegueira é congênita ou adquirida, pois um sujeito cego de nascença não é igual àquele que adquire essa condição ao longo da vida. Em função desse momento, seus condicionantes pessoais e suas aprendizagens serão completamente diferentes, uma vez que na deficiência congênita os indivíduos adquirem conhecimentos por meio de experiências que não incluem a visão, diferentemente dos que a adquiriram durante o ciclo evolutivo, pois de alguma maneira tiveram experiências visuais.

Nesse contexto, o estudante com necessidades especiais deve ser o centro das estratégias de ação, buscando valorizar suas aptidões:

²⁵ Luciano G. Costa, Marcos C. D. Neves, & Dante D. A. C. Barone, "O Ensino de Física para Deficientes Visuais a Partir de uma Perspectiva Fenomenológica," *Ciência e Educação* 12, nº 2 (2006).

²⁶ Patrícia N. Raposo & Erenice N. S. Carvalho, *A Pessoa com Deficiência Visual na Escola* (Brasília: UNB, 2010).

²⁷ Júlia C. C. Ribeiro, Gabriela S. M. Mieto, & Daniele N. H. Silva, "A Produção do Fracasso Escolar," in *Desenvolvimento Humano, Educação e Inclusão Escolar*, org. Diva A. Maciel & Silviane Barbato, 189-204 (Brasília: UNB, 2010).

²⁸ Tamires S. Almeida & Filipe V. Araújo, "Diferenças Experienciais entre Pessoas com Cegueira Congênita e Adquirida: Uma Breve Apreciação," *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia* 3, nº 1 (2013).

O indivíduo com deficiência visual apresenta comprometimento na área sensorial. Apesar desse comprometimento, a pessoa deve ser compreendida como um ser integral, ou seja, mesmo que a diminuição ou perda da percepção visual interfira nas suas relações inter e intrapessoais, não se deve atribuir muita importância a perda da visão da pessoa.²⁹

Camargo et al.³⁰ discutem que alguns docentes não consideram que o estudante com alguma deficiência deve estar sujeito ao mesmo nível de exigência e de aprendizagem que os demais alunos e “que deveriam estar preparados para planejar e conduzir atividades de ensino que atendam as especificidades educacionais dos alunos com e sem deficiência”.

Mais especificamente sobre o ensino de química, Gonçalves elencou as maiores dificuldades para lecionar a disciplina quando temos um estudante cego em sala:

Encontrar maneiras e meios de criar e estimular o interesse na disciplina. Conseguir eficiente comunicação de informação de outra forma, sem ser através da comunicação visual. Os livros de texto são a solução parcial mais comum. Contudo, nem todos os livros editados se encontram feitos em Braille. Os livros, próprios para estes alunos, parecem ser menos atrativos que os outros que têm fotografias estimulantes, cores, diagramas e, além disso, um livro para um estudante normovisual pode corresponder a vários volumes de Braille para um estudante cego.³¹

Considerando que uma das maneiras do cego aprender e compreender o mundo seja através do tato, devemos estar atentos em criar estratégias de ensino que tenham o tato como principal instrumento de comunicação e construção do conhecimento, além da fala. A concepção de que o cego deve utilizar-se do tato para comunicação não é atual, em 1784 foi fundada em Paris o Instituto Real dos Jovens Cegos, a primeira escola destinada às pessoas com cegueira. Nesse centro de estudos, ensinava-se a ler através da impressão forte de textos em papel, que permitia dar relevo às letras. Adotando a mesma proposta, surgiram outras escolas na Europa e Estados Unidos.³²

²⁹ Ana C. B. da Cunha & Sonia R. F. Enumo, “Desenvolvimento da Criança com Deficiência Visual e Interação Mãe-criança: Algumas Considerações,” *Psicologia, Saúde e Doenças* 4, n° 1 (2003): 36.

³⁰ Eder P de Camargo, Roberto Nardi, & Estéfano V. Veraszto, “A Comunicação como Barreira à Inclusão de Alunos com Deficiência Visual em Aulas de Óptica,” *Revista Brasileira de Ensino de Física* 30, n° 3 (2008): 379.

³¹ Clara Gonçalves, “O Ensino da Física e Química a Alunos com Deficiência Visual,” <http://cantinhodosolhares.blogspot.com.br/2014/02/aprender-braille-o-ensino-da-fisica-e.html> (acessado em 16 de Janeiro de 2018).

³² Marilda M. G. Bruno & Maria G. B. Mota, *Programa de Capacitação de Recursos Humanos do Ensino Fundamental: Deficiência Visual* (Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2001), http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/def_visual_1.pdf (acessado em 10 de janeiro de 2018).

Mais de duas décadas depois, ingressou no Instituto Real o estudante Louis Braille (1809-1852), que desenvolveu o código Braille utilizado até os dias atuais. Já no Brasil, em 1854, o Imperador D. Pedro II fundou a primeira instituição voltada a alunos cegos, o Imperial Instituto de Meninos Cegos - atualmente, Instituto Benjamin Constant - seguindo os mesmos preceitos do Instituto francês. Posteriormente, foram criadas outras instituições em diferentes estados brasileiros.³³ Nessas instituições, é possível realizar cursos de capacitação, além de algumas delas dar o suporte para construção de materiais didáticos em Braille.

Considerando que o livro didático em Braille é um grande instrumento na prática docente, mas que somente ele não esgota as necessidades do estudante em compreender uma ciência que, por sua abstração, lança mão de tantas analogias e modelos, como a química, surge então a necessidade de criarmos materiais didáticos táteis para que os estudantes cegos ou de baixa visão, bem como os videntes, possam ter contato com conceitos da química de difícil abstração.

Por tudo isso, percebemos a relevância da criação de materiais táteis que contribuam com a aprendizagem do estudante cego, sendo primordial criar meios eficientes de alcançar também esse estudante através de materiais táteis, que permitam a construção mental de determinadas informações. No presente trabalho temos por objetivo retratar uma experiência de adaptação tátil do tubo de Crookes que foi elaborada e utilizada em aulas da história dos modelos atômicos com um aprendiz cego, apontando as impressões e os resultados advindos através da interação deste com o material didático adaptado.

METODOLOGIA

O trabalho surgiu através de dois estudantes do ensino médio de um colégio em Juiz de Fora (MG), que se propuseram a um trabalho voluntário na cidade. Os estudantes assumiram o compromisso de atuarem como ledores e mediadores na capacitação de cegos que necessitavam de reforço escolar.

As aulas de química eram as mais solicitadas pelos próprios cegos e, diante da dificuldade de ensinar essa ciência, os alunos voluntários decidiram pedir apoio no departamento de Química da Universidade Federal de Juiz de Fora. Quando as pesquisadoras começaram a auxiliar as aulas particulares, frequentava apenas um cego. Este havia adquirido a cegueira no início da adolescência devido a um câncer. Na ocasião da intervenção das aulas, este cego já tinha a idade de 30 anos e cursava a Educação de Jovens e Adultos almejando terminar o ensino médio.

Elaboramos diferentes materiais táteis de ensino da história dos modelos atômicos, distribuição eletrônica e ainda tabela periódica, os quais foram validados pelo aprendiz cego para que o material

³³ Ibid.

pudesse ser aprimorado para que futuramente fosse divulgado e empregado na educação básica. As intervenções foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas e analisadas a partir de uma abordagem qualitativa dos dados. Aqui, voltaremos nossa atenção especificamente para a adaptação tátil de um modelo de representação do conhecido Tubo de Crookes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os recursos didáticos táteis utilizados para as aulas eram confeccionados previamente utilizando materiais de baixo custo e com texturas diferentes para guiar a aprendizagem do cego através do tato. Diferentes materiais de ensino introdutório da química foram pensados para as intervenções de aula (Figura 1).

Quanto à representação do tubo de Crookes adaptado, este foi pensado na tentativa de reproduzir de forma simplificada o funcionamento do experimento, buscando exprimir ao máximo as informações que normalmente são encontradas em imagens do tubo presente em livros didáticos ou outros meios de informação (Figura 2). O tubo é feito de uma garrafa PET recortada em sua superfície superior para que os dedos tenham acesso ao seu interior; os polos que representam o anodo e o catodo foram desenhados com cola 3D na superfície externa da garrafa PET e, para representar o caminho dos raios catódicos sendo desviados pelo campo magnético, foram utilizados finos fios de cobre.

Trabalhamos inicialmente as concepções introdutórias sobre o foco de estudo da química, destacando que se trata do estudo matéria e suas transformações, o que nos remete à especial importância de estudarmos a constituição da matéria. Assim, procuramos sondar o que o participante pensava sobre o termo átomo e esse logo respondeu pensar ser o que muito frequentemente ouvia nas aulas: *“uma parte indivisível, a menor parte dos materiais”*. A partir desse diálogo, fizemos uma conexão com respeito a como podemos interpretar o termo “modelos atômicos”, uma vez que tais modelos se tratam de representações de como poderia ser um átomo, representações tais obtidas através da verificação de resultados de experimentos. Salientamos que não se propõe um modelo porque alguns desses cientistas chegaram a ver de fato o átomo, uma vez que se trata de uma entidade infinitamente menor do que qualquer microscópio pode alcançar. Por isso que mesmo um aluno capaz de ver possui dificuldade em entender química: muitas vezes trata-se de fenômenos que não podemos enxergar, mas que é possível estudá-los através de modelos de representação.³⁴

Buscamos enfatizar, na tentativa de trazer confiança e conforto ao aluno cego, o fato de muito usualmente representarmos na química, através de modelos explicativos, o que não podemos ter acesso através da visão. Assim, demos início à explicação histórica do átomo através dos tempos, até os dias

³⁴ Rosária Justi & John Gilbert, “Modelling, Teachers’ Views on the Nature of Modelling, and Implications for the Educations of Modellers,” *International Journal os Science Education* 24, nº 4 (2002).

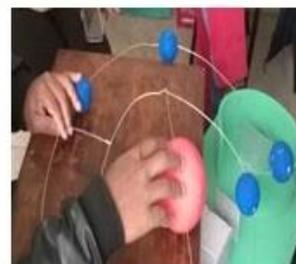
atuais, utilizando do caminho normalmente eleito para essa explicação na educação básica brasileira, mesmo sabendo que muitos estudos sobre o átomo estão sendo deixados de lado nessa “linha vermelha” traçada pela história da “evolução atômica” apresentada ao aluno do Ensino Médio.



a) materiais táteis desenvolvidos para explicação dos modelos atômicos de Dalton e Thomson.



b) modelo tátil de representação do experimento da lâmina de ouro



c) modelo tátil de representação do átomo proposto por Rutherford.



d) Material usado na explicação dos níveis de energia atômica e transição eletrônica.



e) Tradução tátil do diagrama de distribuição eletrônica de Linus Pauling.



f) Tabela Periódica adaptada para o Braille.

Figura 1: Imagens dos materiais táteis produzidos para as aulas com o aprendiz cego

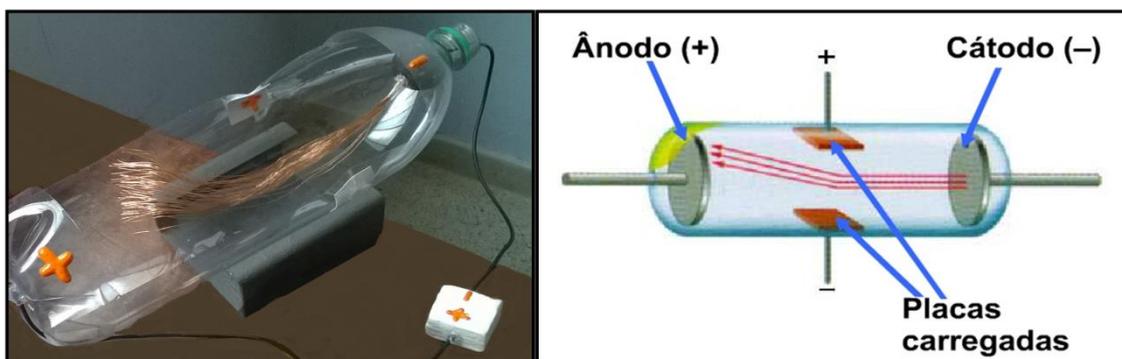


Figura 2: O material adaptado do tubo de Crookes usado na aula com o cego e uma imagem do mesmo tubo normalmente encontrado em livros didáticos

Primeiramente, citamos os pensadores Demócrito e Leucipo e, em seguida, foram trabalhados outros cientistas, abordando, desde o pensamento inicial mais básico até as características do modelo de átomo proposto por Dalton. Na ocasião do estudo do modelo atômico proposto por Dalton, ao aluno cego foi entregue uma bola de bilhar enquanto explicávamos sobre o referido modelo e as proposições dos estudos do cientista. Pequenas esferas de outros materiais (Figura 1.a), como isopor, madeira, metal e com diferentes diâmetros também foram repassadas ao cego que as tatearam a fim de observar a diferença entre a massa e o tamanho das mesmas, mas que mantém sempre a mesma forma maciça e esférica. Terminamos a explicação do modelo de Dalton falando sobre seus quatro postulados³⁵ e explicitando o conceito de substância simples e composta.

Antes de trabalharmos as discussões referentes ao que levou à proposição do modelo de Thomson, procuramos sondar quais eram as concepções prévias do aluno cego quanto ao que seriam cargas elétricas e comportamento eletromagnético. Na tentativa de explicar o que seria comportamento eletromagnético, ele citou o que ocorre em ímãs que possuem lados que se atraem e lados que se repelem. Quanto a cargas elétricas, o aluno fez menção da corrente elétrica em fios de energia. Então, procuramos contextualizar que, naquela época, eram crescentes a curiosidade e os estudos sobre cargas elétricas. Já se desenvolviam muitos estudos sobre baterias, pilhas, e experimentos envolvendo eletricidade, que levou à descoberta da subpartícula atômica: o elétron.³⁶

Através do experimento conhecido como Tubo de Crookes, Thomson observou que a luminescência que aparecia (conhecida como raio catódico) possuía carga, pois era desviada na presença de um campo magnético. Descrevemos oralmente o experimento e o fenômeno que acontecia dentro do tubo e, posteriormente, colocamos à disposição do cego um esquema de representação tátil do tubo e do fenômeno de desvio do raio catódico, material já descrito anteriormente e ilustrado na Figura 2.

Com o material nas mãos, guiamos a leitura tátil do aluno sobre o material ao mesmo tempo em que novamente explicávamos a ideia central do experimento. Essa postura procedimental se alinha ao que já fora apontado por Camargo et al., que, ao pesquisarem a comunicação entre alunos com deficiência visual e seus professores, afirmam:

Utilizando-se maquetes e outros materiais possíveis de serem tocados, vinculam-se os mencionados significados a representações táteis e, por meio da estrutura mencionada, esses significados tornam-se acessíveis aos alunos cegos ou com baixa visão.³⁷

³⁵ Carlos A. Figueiras, "Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton," *Química Nova na Escola* 20, n° 1 (2004).

³⁶ Alexandre Medeiros, "Aston e a Descoberta dos Isótopos," *Química Nova na Escola* 10 (1999).

³⁷ Camargo, Nardi, & Veraszto, "A Comunicação como Barreira à Inclusão de Aluno," 340-1.

A todo o momento se mostrava importante o papel da mediação dos professores explicando e ajudando o aluno a transitar entre a teoria do experimento e o reconhecimento concreto, físico, do fenômeno em questão.

Quando questionamos com relação ao o que ele havia entendido sobre o tubo de Crookes e o que ocorria dentro do tubo, a resposta do cego, transcrita na íntegra, foi: *“Eu imaginava que era um tubo. Mas quando você falou que ele [William Crookes] observou as cargas elétricas dentro desse tubo, eu fiquei imaginando o que de fato ele visualizou. Quando você falou que ele observou que as cargas iam para um ponto, fiquei imaginando o que ia para aquele ponto. Foi quando você citou o ponto da plaquinha positiva. Foi aí que deu para entender”*.

Podemos interpretar através da supracitada fala do aprendiz cego que, imaginar a trajetória de feixes luminosos que saem de um polo em direção a outro e ainda imaginar esse mesmo feixe sendo desviado devido a um campo, fica na mente dele como algo vago. Mas, poder tatear o material traz uma dimensão concreta de proporção de tamanhos, de lugar no espaço, formatos e direções, etc.

Essa adaptação material se revelou então de suma importância porque apenas uma audiodescrição da imagem não acarreta o mesmo entendimento que o fato de tatear. A combinação de uma descrição com o reconhecimento através do tato torna a construção do conhecimento mais completa, além do mais, o exercício do tato orienta de maneira mais concreta o pensamento do aluno para aquilo que realmente queremos que ele pense, ou imagine. Nesse sentido, podemos entender o que já apontam Nunes & Lomônaco³⁸, que, devido à ausência de visão nas pessoas cegas, são necessárias adaptações para que as informações visuais lhes cheguem por outras vias.

Os autores ainda afirmam que a capacidade de abstração do cego não é diferente da capacidade daquele que enxerga. Entendemos assim, que o sucesso da aprendizagem desses sujeitos pode estar em possibilitar modos eficientes e adequados para que a informação chegue até o aprendiz segundo suas necessidades.

O participante cego, ao ser questionado sobre o que achou do material e da aula, afirmou que muitas vezes ele sabe teoricamente determinado conceito, porém, ao trabalhar o conhecimento junto a um material concreto ocorre um direcionamento dos seus pensamentos, trazendo uma completude do abstrato que ele cria dentro de sua mente conforme constrói um conhecimento. Ainda elogiou a mobilidade dos professores em buscar construir os materiais de ensino, demonstrando contentamento em ser lembrado e sentir que alguém tenta fazer algo para ajudá-lo. Disse estar feliz porque se sentiu incluído no acesso ao conhecimento através das aulas, sendo um dos maiores pilares da inclusão a

³⁸ Sylvia Nunes & Jose F. B. Lomônaco, “O Aluno Cego: Preconceitos e Potencialidades,” *Psicologia Escolar Educacional* 14, n° 1 (2010).

mobilização em prol de alguém com necessidades especiais, utilizando de criatividade, materiais de baixo custo e dedicação.

CONCLUSÃO

Salientamos que, para o ensino de química, ou ciências da natureza, mostra-se necessária e urgente a criação ou adaptação de materiais pedagógicos. É importante destacar que esses materiais precisam permitir percepções táteis, apresentar diferentes texturas para diferenciação de determinada característica. Os recursos didáticos devem explorar as percepções do seu público alvo, sendo necessário o conhecimento das necessidades e das habilidades do sujeito para o qual se destina.

Percebemos a relevância de um material tátil que contribuísse com a aprendizagem do estudante cego, sendo primordial criar meios eficientes de alcançar esse estudante através do uso de aparatos que permitam a construção mental de determinadas informações visuais. Assim, a adaptação do tudo de Crookes, aliado às explicações teóricas, auxiliou o aluno cego a perceber e entender o assunto com mais clareza e concretude, facilitando a compreensão conceitual do conhecimento trabalhado.

SOBRE AS AUTORAS:

Jomara Mendes Fernandes

Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

Sandra Franco-Patrocínio

Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

Ivoni Freitas-Reis

Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

Artigo recebido em 30 de setembro de 2017
Aceito para publicação em 15 de fevereiro de 2018