



Relato de experiência

Construindo modelos científicos com materiais e obras artísticas em uma disciplina da licenciatura do campo

Building scientific models from artistic materials and work of art in a rural graduation classes

Matheus de Castro e Silva¹, Penha das Dores Souza e Silva², Fernando César Silva³

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, Brasil

Resumo

Os modelos científicos são construções que permeiam diversos campos da atividade do ensino de Ciências e constituem o foco de discussões nas salas de aulas do ensino básico e superior. Desta forma, tanto a construção de um modelo quanto sua avaliação são atividades que permitem o contato dos alunos com as Ciências. Para a formação de professores de Ciências, o contato com o processo de modelagem se torna relevante para o entendimento de seu campo de atuação. Neste trabalho apresenta-se um relato de experiência sobre a construção de modelos em uma disciplina do curso de Licenciatura em Educação do Campo da Universidade Federal de Minas Gerais. As discussões científicas, bem como as atividades de modelagem, aproximaram-se das artes plásticas, por meio do uso de alguns materiais e abertura para a expressividade. A partir das discussões da disciplina, os alunos, além de se envolverem com o processo de modelagem, ainda argumentaram sobre a natureza desse processo durante a avaliação e o teste do modelo construído por eles. Um desses modelos elaborados pelos licenciandos possuía abrangência para explicar a teoria cinético molecular dos gases, corroborando com relatos outros sobre as ciências. A elaboração de modelos contribuiu tanto para o contato dos alunos com práticas científicas quanto para a expressão de suas ideias por meio da aproximação às atividades artísticas.

Abstract

Scientific models are constructions that integrate science teaching activity and constitute the focus of discussions in primary and higher education classrooms. Thus, the construction of a model and its evaluation are activities that promote a contact between the students and the sciences. For the formation of science teachers, the contact with the modeling process becomes relevant to understand of their educational duty. This paper presents an experience report on the construction of models in a discipline of the Field Education Degree course at the Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil. Scientific discussions, as well as modeling activities, approached the arts through the use of some materials and openness to expressiveness. Starting of the class discussions, the students, besides being involved with the modeling process,

¹ Mestrando em Educação e Docência - PROMESTRE - FaE - UFMG. ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-4256-6320> E-mail: matheuscastroqui@gmail.com

² Professora da Faculdade de Educação – UFMG. ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0001-5737-9566> E-mail: penhadds@gmail.com

³ Professor da Faculdade de Educação – UFMG. ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-2059-4550> E-mail: fscquimico@yahoo.com.br

also argued about the nature of this process, involving the evaluation and testing of the model built. One of these models elaborated by the undergraduates had the scope to explain the molecular kinetic theory of gases, corroborating other reports about the sciences. The elaboration of models contributed as much to the contact of the students with scientific practices as to the expression of their ideas through the approach to the artistic activities.

Palavras-chave: Ensino de ciências, Modelo científico, Educação do campo.

Keywords: Science education, Teaching models, Rural education.

Palabras claves: Enseñanza de las ciencias, Modelo científico, Educación rural.

Introdução

O ensino de Ciências é permeado por diversas entidades e conceitos representados por modelos. Seja na busca por uma explicação dos estados físicos da matéria ou da estrutura do átomo, os modelos estão presentes nas discussões da sala de aula de Ciências, especialmente nos conteúdos de Química (SILVA; SOUZA; CARVALHO FILHO, 2017). Apesar da variedade de definições no contexto científico, um modelo pode ser tomado como “uma representação parcial de uma entidade, elaborado com um ou mais objetivo(s) específico(s) e que pode ser modificado” (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000). Justi (2010) nos alerta para o fato do inacabamento e da dinamicidade do modelo, pois não é uma duplicação da realidade e, tampouco, corresponde fielmente a ela, apresentando, portanto, limitações. Um dos modos de representação de um modelo é o concreto, no qual o conceito ou acontecimento científico é simbolizado a partir de materiais tridimensionais (JUSTI, 2010), gerando uma representação visual. A representação visual dos modelos, que os representa parcialmente, promove a habilidade dos professores em “descrever e simplificar um fenômeno, explicar contextos complexos e suas interrelações” (EILAM; GILBERT, 2014), além de apresentar o comportamento temporal e espacial das entidades envolvidas nos processos e ideias científicas. Destarte, a formação de professores de Ciências deve se ater a essas possibilidades do modelo científico e suas representações visuais.

Os modelos, utilizados por cientistas para explicar suas observações experimentais, podem ser apresentados como ferramentas poderosas na visualização dos conceitos científicos (CIPOLLA; FERRARI, 2016). A visualização, compreendida como a formação de percepções visuais dos fenômenos em nível macroscópico (GILBERT, 2005), pode ser potencializada por uma representação tridimensional, utilizando materiais artísticos e do cotidiano. Diversos estudos relatam as possibilidades de visualização de modelos atômicos (CIPOLLA; FERRARI, 2016), de ligações covalentes (TURNER, 2016) e da estrutura molecular (HALPINE, 2004) por meio da construção de modelos com miçangas, balões, tintas e massa de modelar. Desta forma, acreditamos que a escolha dos materiais para a concepção de uma representação, assim como o processo de elaboração, podem contribuir para o entendimento dos processos de modelagem. A construção de modelos, a partir de materiais comumente utilizados nas artes plásticas, como argila e tintas, possibilita ao aluno um contato com as ciências e pode aproximá-lo da arte.

A fim de tornar possível esse contato dos alunos do curso de Licenciatura em Educação do Campo – LECampo – área de Ciências da Vida e da Natureza (CVN) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) com as representações visuais dos modelos, foram propostas algumas atividades na disciplina “A construção de modelos: diálogos entre as ideias e fenômenos do mundo – 1ª parte”. A disciplina foi ofertada na Faculdade de Educação (FaE) no primeiro semestre de 2019 para os licenciandos da área de formação em CVN. A disciplina de 60 horas foi dividida, segundo os princípios do LECampo a Educação do Campo, em 45 horas de Tempo Escola (TE) e 15 horas de Tempo Comunidade (TC). Organizando-se a partir do regime de alternância, a Licenciatura do Campo da UFMG divide-se em quatro áreas de formação: Ciências da Vida e da Natureza (CVN), Línguas, Artes e Literatura (LAL), Matemática e Ciências Sociais e Humanidades. A disciplina, foco desse relato de experiência, foi trabalhada com a turma da formação em CVN de entrada no ano de 2017.

Nesta disciplina foram contempladas discussões sobre as relações entre o mundo macroscópico, submicroscópico e simbólico. Para tal, as atividades contaram com a elaboração de representações visuais dos estados físicos da matéria e das propriedades macroscópicas dos materiais. Assim, o objetivo desse trabalho é relatar as experiências vividas pelos autores na condução da disciplina para uma turma da licenciatura do campo e discutir algumas formas de modelagem ao longo das atividades propostas.

2. Contexto das atividades e as discussões científicas no “palco” das artes

A disciplina “A construção de modelos: diálogos entre as ideias e fenômenos do mundo – 1ª parte” se constituiu por nove encontros de cinco horas cada um, sediados na Faculdade de Educação da UFMG, no período de julho a agosto de 2019. A turma era constituída por 27 alunos, que foram divididos em grupos de quatro a seis integrantes para a realização das atividades. As atividades relatadas nesse trabalho contemplam a construção de uma representação visual dos modelos dos três estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso) e a discussão do modelo cinético molecular a partir dessas representações visuais.

A proposta das atividades da disciplina é a representação de modelos científicos a partir de uma discussão teórica inicial sobre os estados físicos da matéria. O intuito dessa discussão inicial era suscitar nos alunos a necessidade de uma entidade submicroscópica ou atômica que explicaria os fenômenos macroscópicos. Após a discussão inicial, os alunos, em grupos, selecionavam os materiais que iriam, segundo eles, melhor representar visualmente o modelo proposto para o fenômeno ou para uma propriedade dos materiais discutidos. Essas discussões tiveram como pano de fundo as artes visuais, apresentando aos alunos obras artísticas como a escultura cinética do artista Daniel Wurtzel, denominada “Fluxos”, presente no Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro. Os acontecimentos presentes nesse relato ocorreram em uma aula de cinco horas, a qual deveria abordar o modelo atômico proposto por John Dalton e a teoria cinético molecular dos gases.

das atividades de avaliações e testes das representações dos modelos dos estados físicos com os alunos em sala de aula, os autores notaram a abrangência de um modelo construído para explicar a teoria do modelo cinético molecular dos gases, que seria o tópico subsequente a ser abordado na disciplina. Essa teoria pode ser entendida a partir de cinco pressupostos:

1. Os gases consistem em grande número de moléculas que estão em movimento contínuo e aleatório. (A palavra molécula é usada aqui para designar a menor partícula de qualquer gás; alguns gases, como os gases nobres consistem em átomos individuais).
2. Os volumes de todas as moléculas do gás são desprezíveis comparados ao volume total no qual o gás está contido.
3. As forças atrativas e repulsivas entre as moléculas de gás são desprezíveis.
4. A energia pode ser transferida entre as moléculas durante as colisões, mas a energia cinética média das moléculas não varia com o tempo, desde que a temperatura do gás permaneça constante. Em outras palavras, as colisões são perfeitamente elásticas.
5. A energia cinética média das moléculas é proporcional à temperatura absoluta. Para certa temperatura, as moléculas de todos os gases têm a mesma energia cinética média. (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005, p. 356)

É importante ressaltar também que, na teoria ou modelo cinético molecular,

(...) apesar de as moléculas em uma amostra de gás terem uma energia cinética média e, em consequência, uma velocidade média, as moléculas individuais movem-se a velocidades variadas. As moléculas em movimento sofrem colisões frequentes com outras moléculas (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005, p. 356).

A discussão da teoria cinético molecular com os alunos foi introduzida a partir de um modelo construído por um dos grupos de licenciandos. Esse episódio desencadeou algumas discussões sobre os modelos e sua abrangência.

3. Os processos de modelagem e os modelos no ensino de Química

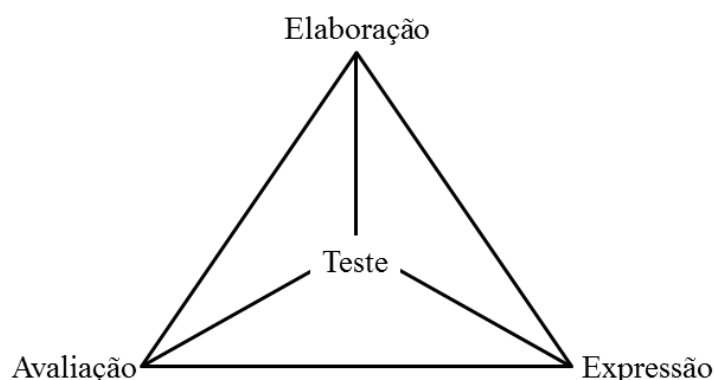
Estudos de Justi e Gilbert (2010) sobre as concepções de professores brasileiros e ingleses revelam uma visão “ingênua” desses profissionais sobre os modelos e a modelagem – entendida aqui como o processo de produção, utilização e validação de modelos “a partir de diferentes perspectivas teóricas” (JUSTI, 2015) - no ensino de ciências. As concepções dos professores investigadas por Justi e Gilbert aproximam-se de um modelo como “um parâmetro a ser seguido” e uma representação “ideal” da entidade em estudo (JUSTI; GILBERT, 2010). Destarte, a discussão dos modelos e da modelagem

na formação de professores torna-se patente. A formação de professores, acompanhando demandas de grupos e movimentos sociais diversos, contempla variadas modalidades, sendo uma delas a Educação do Campo, que é o foco desse relato.

Corroborando com a ideia de que “a construção de modelos é um processo dinâmico e criativo” (JUSTI, 2015), aos alunos foi proporcionado o uso de materiais de naturezas diversas para a construção de suas representações, dentre eles alguns objetos típicos das artes visuais. Logo após a elaboração das representações, elas foram avaliadas e testadas pelos licenciandos. Segundo Justi (2006), a avaliação de um modelo baseia-se na “identificação da abrangência e das limitações deste e ocorre a partir da tentativa de utilização do modelo em diferentes contextos”, relacionando-o com seu poder de representação. Enquanto o teste seria uma forma de avaliar a correspondência do modelo com seus objetivos (JUSTI, 2015).

Além do processo de avaliação e teste do modelo, o grupo explicava seu processo de elaboração e a representação resultante para os demais. A explicação do modelo e de sua representação corresponderia à expressão, no qual ele se torna acessível a outros sujeitos (JUSTI, 2015). O processo de modelagem construído pelos alunos abarcava, então, as quatro etapas discutidas por Justi (2015), representadas na figura a seguir.

Figura 2 - Diagrama de um modelo de modelagem



Fonte: Adaptado de Justi, R. (2015).

Esse diagrama representa, basicamente, as etapas de construção de um modelo no âmbito científico. Segundo Justi (2006, p. 175), “pode-se definir ciência como um processo de construção de modelos com distintas capacidades de previsão”. Assim, os licenciandos, a partir das atividades propostas, puderam se aproximar de um processo de construção de modelos próximo às práticas científicas.

4. Atividades propostas

Atividade 1 – Representação do modelo de estados físicos da matéria

A atividade de elaboração de um modelo para os três estados físicos da matéria teve início com a discussão de seus aspectos macroscópicos. Algumas

imagens foram projetadas para que os alunos e o professor discutissem as características de cada material apresentado. A primeira imagem contava com uma fotografia do minério de ferro e de uma escultura de ferro do artista mineiro Amílcar de Castro que se encontra no Museu de Arte Contemporânea da Universidade de São Paulo (MAC-USP), ambas representadas abaixo.

Figura 3 - Representação das fotografias discutidas na disciplina.



Amostra de minério de ferro



Escultura de aço – obtido
por meio
do minério de ferro

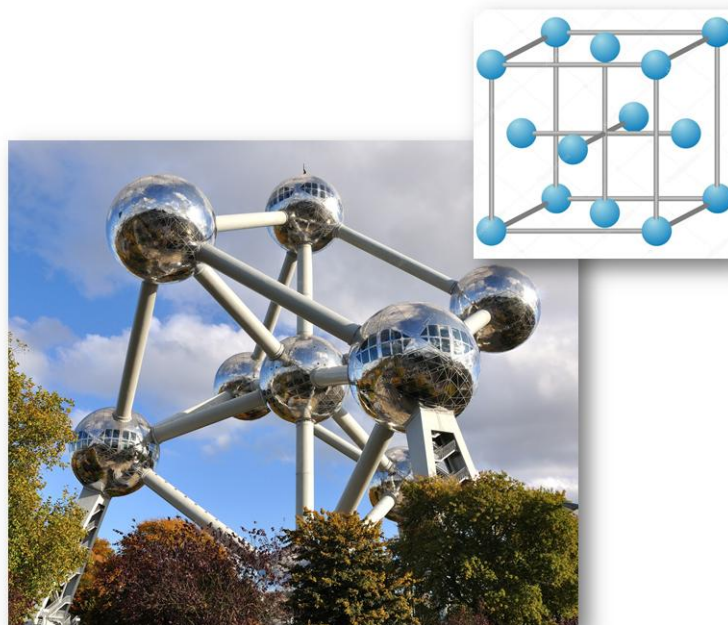
Fontes: <https://www.opetroleo.com.br/o-ganho-quase-recorde-de-minerio-de-ferro-da-australia/> e Museus de Arte Contemporânea – USP. Nenhuma violação de direitos autorais pretendida.

O professor-relator discutiu como poderiam ser explicadas a dureza da amostra de minério de ferro e a maleabilidade do ferro na escultura – em uma conformação pouco usual para materiais sólidos – a partir de uma estrutura microscópica. Dessa maneira, há o levantamento dos aspectos do conhecimento químico, conforme discutido por Mortimer, Machado e Romanelli (2000) e Mahaffy (2004). Segundo esses autores, o ensino básico de Química é baseado em três níveis de aprendizagem inter-relacionados: macroscópico, onde os fenômenos e processos físicos e químicos são observados, molecular ou microscópico, cuja explicação dos fenômenos é baseada em entidades como átomos, moléculas e partículas, bem como seus arranjos e movimentações, e simbólico, baseando os fenômenos a partir de representações simbólicas, numéricas e com o uso de equações e estruturas (MAHAFFY, 2004; SILVA; SOUZA; CARVALHO FILHO, 2017). A partir da apresentação das imagens para os licenciandos, eles sentiram a necessidade de explicar o macroscópico a partir de entidades não visíveis, selecionando termos como “átomo”, “partículas” e “moléculas” para tentarem esclarecer as propriedades do minério de ferro e da escultura.

A solidez dos materiais apresentados, segundo os alunos, poderia ser explicada conforme uma entidade com massa e maciça, aproximando-se do modelo atômico proposto por John Dalton, formado por uma “esfera corpuscular maciça” (MELZER; AIRES, 2015). Nesse momento da discussão, a

arte se integrou novamente às falas dos alunos, ao serem apresentados à arquitetura de ferro denominada “Atomium”, situada em Bruxelas, na Bélgica, juntamente com uma representação de um modelo de estrutura dos sólidos, conforme representado a seguir.

Figura 4 - Fotografia do “Atomium” e representação do modelo de sólidos.



Fontes: Giorgio Galeotti (Atomium) e Askeland, D.R.; Wright, W.J. (2014, p. 50). Nenhuma violação de direitos autorais pretendida.

Além dos materiais que compõem a arquitetura do “Atomium”, a estrutura do monumento auxiliou na discussão do modelo para o estado sólido, a partir do átomo proposto por Dalton. Os alunos, a partir da Figura 4, conseguiram relacionar a propriedade macroscópica dos sólidos com a existência de alguma entidade que a governa, no caso o átomo e sua disposição espacial. O professor-relator, então, dialoga com os licenciandos da construção histórica do termo “átomo” e relata algumas contribuições de Dalton para esse modelo. A partir dessa introdução, os alunos são convidados a se separarem em grupos e desenvolverem a seguinte atividade: “A partir do modelo atômico proposto por Dalton, faça representações dos três estados físicos da matéria – sólido, líquido e gasoso -, utilizando os materiais disponíveis”. As representações de alguns modelos dos estados físicos dos grupos denominados A, B e C podem ser observadas nas imagens a seguir.

Figura 5 - Fotografia do modelo dos estados físicos gasoso (esquerda), líquido (direita) e sólido (centro) do grupo A



Fonte: os autores.

Figura 6 - Fotografia do modelo do estado físico gasoso do grupo B.



Fonte: os autores.

Figura 7 - Fotografia dos modelos dos estados físicos sólido (esquerda), líquido (centro) e gasoso (esquerda) do grupo C



Fonte: os autores.

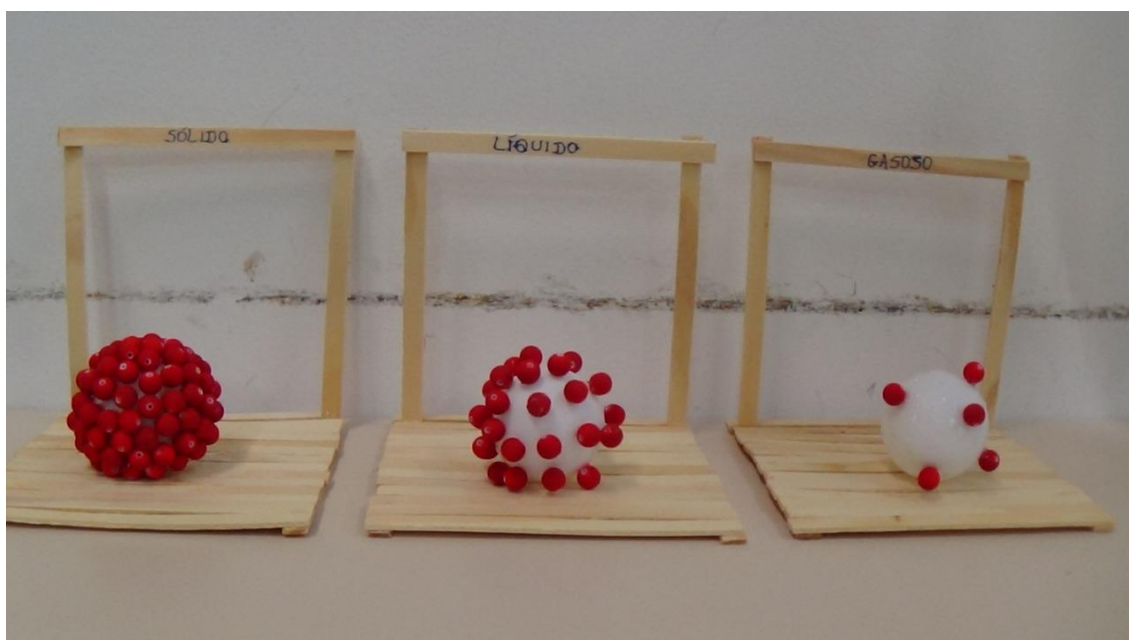
A Figura 5 representa como o grupo de alunos relacionou as propriedades macroscópicas diretamente com a representação de seus modelos para cada estado. No modelo do estado gasoso, há um balão cheio de ar (mistura de substâncias no estado gasoso) com algumas bolinhas espaçadas em sua superfície feita por massa de modelar. A representação do modelo do estado líquido conta com as bolas de massa de modelar mais separadas que no modelo anterior, presas a uma garrafa com água. O estado sólido foi representado a partir de miçangas de plástico encrustadas em um pedaço de argila. Nota-se que o uso dos materiais para representar a estrutura dos átomos em cada estado mudou da massa de modelar – estados gasoso e líquido - para as miçangas – estado sólido. Na avaliação e no teste dos modelos, foi questionado por que houve essa mudança na representação, sendo relatado que a massa de modelar não se aderiria tanto à argila quanto as miçangas. Além disso, o grupo mencionou que a massa de modelar e a argila possuíam a mesma textura. Nesse momento, foi discutida também a falta de organização dos átomos representados no estado sólido, o que contrariaria o modelo anterior do “Atomium”, apresentado na discussão inicial da atividade. O grupo, então, relatou que a prioridade foi representar os átomos unidos e não sua estrutura organizada, colocando as miçangas muito próximas e quase sobrepostas umas às outras.

A Figura 6 mostra o uso das dependências da Faculdade de Educação da UFMG como forma de exposição do modelo elaborado. O grupo B fez uso do vão entre os andares da faculdade para expor o seu modelo para o estado gasoso, que contava com balões agrupados de três em três, unidos e espaçados por um barbante. Segundo os alunos autores do modelo, os grupos de balões representavam as moléculas de água, sendo o balão amarelo o átomo de oxigênio e os balões brancos os átomos de hidrogênio. Além disso, eles posicionaram deliberadamente a representação entre os andares da faculdade para que o vento passasse e movimentasse os balões, numa forma de representar a agitação das moléculas de água no estado gasoso. Os

licenciandos também relataram a relação entre o estado gasoso e os balões estarem cheios com substâncias nesse estado, assim como foi discutido no grupo A. O professor questionou se existe um “barbante microscópico” unindo as moléculas de água no estado gasoso e qual seria o tamanho desse “barbante” nos estados sólido e líquido. Os alunos afirmaram que não existia essa entidade na realidade e que nos outros estados a distância entre as moléculas seria menor.

O grupo C construiu duas representações para cada estado físico: uma com bolas de tênis de mesa e outra com miçangas dispostas em um guardanapo de papel e dentro de um balão. Na avaliação feita em grupo, o professor apontou a falta de organização dos átomos no estado sólido na representação com miçangas, o que era ausente na representação com as bolas. As bolas, representando os átomos do estado sólido, estavam grudadas umas às outras com fita adesiva, corroborando com o alto estado de agregação dos materiais sólidos. Um questionamento levantado pelo professor nesse modelo foi a aparente ausência de uma bola para corroborar com uma estrutura organizada dos materiais sólidos. Os licenciandos relataram que a quantidade de átomos em todos os estados seria a mesma (cinco átomos = cinco bolas), justificando a ausência de uma bola no modelo do estado sólido. A conservação da quantidade de matéria nos três estados considerada pelo grupo C não foi contemplada por outros licenciandos, como pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 - Fotografia dos modelos dos estados físicos sólido (esquerda), líquido (centro) e gasoso (direita) do grupo D



Fonte: os autores.

Podemos perceber, por meio da Figura 8, que os alunos do grupo D, para demonstrar o afastamento dos átomos nos estados líquido e gasoso, optaram por diminuir a quantidade de miçangas gradativamente da esquerda

para a direita. Apesar de corroborar com a separação interatômica maior nos estados líquido e gasoso, os modelos podem sugerir um decréscimo progressivo de massa ao longo das transformações físicas da matéria, o que não ocorre com os modelos produzidos pelo grupo C (Figura 7). Para este grupo, a organização das bolas de pingue-pongue no modelo do estado líquido chamou a atenção do professor e quando questionados os alunos mencionaram que esse estado seria uma transição entre o sólido e o gasoso, sendo os átomos apresentados em um contínuo de desorganização.

A representação do estado gasoso pelo grupo C, o último ponto desse contínuo, foi o modelo de maior repercussão nas atividades posteriores na sala de aula. A representação no guardanapo, com os átomos (bolas) espaçados, explicaria a disposição atômica no estado gasoso, porém não a sua agitação. Quando questionados sobre esse aspecto, um dos alunos do grupo pegou o balão e começou a agitar as miçangas que havia dentro dele. Cada miçanga tinha um movimento aleatório com velocidades únicas, podendo ou não se chocar umas com as outras, assim como os átomos ou as partículas descritas na teoria cinético molecular dos gases.

Atividade 2 – Discussão do modelo cinético molecular a partir de um modelo elaborado pelos licenciandos

Após a avaliação dos modelos produzidos pelos alunos, a aula continuou com a discussão da teoria cinética molecular a partir da obra “Fluxos”, do artista Daniel Wurtzel. A obra é composta por dois tecidos fluidos que se movimentam sob um jato de ar em um ambiente fechado.

Dentro desse ambiente, há uma espécie de balé protagonizado por dois tecidos, com movimentos sobre uma base circular [...] Esses movimentos representam os fluxos e as dinâmicas presentes no planeta (continentes, águas, ventos e luz) (MANSO, 2018, p. 86).

O balé, como um movimento desordenado que emaranha e distancia os dois tecidos, é produzido a partir da colisão dos gases do jato de ar sob a superfície dos tecidos da obra. Um vídeo mostrando a movimentação dos tecidos na obra foi reproduzido para os alunos em sala de aula, a fim de fomentar a discussão sobre o estado dos átomos, moléculas e partículas dos materiais no estado gasoso. Os tecidos, em seus movimentos inconstantes, permitiram a discussão das diferentes velocidades que cada átomo possui em um gás à temperatura constante.

Para exemplificar os pressupostos da teoria cinético molecular dos gases, o professor solicitou a representação do estado gasoso elaborado pelo grupo C com balão e miçangas. A partir dessa solicitação, os demais alunos começaram a expressar que o modelo do grupo seria o “melhor”, abrindo uma discussão sobre a avaliação e o teste dos modelos científicos. A partir do juízo de valores dos licenciandos sobre a representação do grupo C, o professor discutiu se seria esse o critério de escolha dele pelo balão com miçangas. Questionados, então, os alunos replicaram que os outros modelos elaborados não “explicavam” a teoria em estudo. Quando o professor começou a agitar as

miçangas dentro do balão, assim como o aluno havia feito anteriormente em sua demonstração para a turma, os alunos puderam discutir a abrangência daquele modelo frente ao complexo contexto da teoria cinético molecular dos gases.

As diversas formas de manifestação da arte nas atividades contribuíram para a elaboração dos modelos científicos e a discussão de conceitos que os embasaram. Tanto no processo de modelagem quanto nas imagens e vídeos sobre arte, os licenciandos tiveram contato com uma abordagem integradora entre as áreas da arte e da ciência.

5. Considerações finais

A partir das atividades relatadas, podemos afirmar que a aproximação às artes possibilitou a discussão do modelo cinético molecular, baseada na “dança” dos tecidos da obra de Daniel Wurtzel. Essa obra, então, possibilitou a visualização do modelo científico, desencadeando discussões acerca dos modelos produzidos pelos licenciandos na atividade anterior. A discussão dos modelos que envolvem átomos, moléculas, íons não se deu como um produto finalizado, mas a partir de um processo, envolvendo a criação, expressão, teste e avaliação. Os processos de construção de uma visualização foram desencadeados a partir das conversas sobre a obra “Fluxos”, convidando os licenciandos a construir o seu próprio modelo.

A aproximação à arte também se fez presente na construção de representações concretas dos modelos dos estados físicos. O processo de modelagem a partir dos materiais colocou os alunos em contato com a elaboração e a expressão de uma representação científica. Nesse momento, de criação e expressão do modelo, os licenciandos puderam testá-lo, visto que isso desencadeava diversas discussões no grupo. A discussão, desencadeada a partir da preferência do professor-relator por um dos modelos construídos, possibilitou o contato dos licenciandos com o processo de avaliação. A seleção do modelo do estado gasoso elaborado pelo grupo C, para elucidar a teoria cinético molecular, foi justificada em termos do potencial explicativo daquela representação para determinado fim. Destarte, os licenciandos tiveram contato, em sala de aula, com o processo de validação de um modelo científico, o que permitiu o envolvimento deles com práticas semelhantes às científicas.

A construção de modelos tridimensionais concretos pelos licenciandos a partir de materiais artísticos e do cotidiano proporcionou a representação dos aspectos microscópicos e moleculares da Química. É importante ressaltar que o processo ativo de “fazer” o modelo foi crucial para o entendimento desses aspectos e do processo de construção de um modelo. Isso porque os licenciandos perceberam que os modelos que estudaram e que um dia ensinarão para os seus estudantes não são frutos da imaginação individual, mas avaliada e legitimada por uma comunidade científica.

Acreditamos que esse trabalho possa indicar um dos possíveis caminhos de aproximar as artes e a Química para um curso de formação de professores, pois a expressão é fundamental no processo de modelagem. Destacando ainda que essa expressão permite a valorização dos conhecimentos e vivências que esses estudantes do campo trazem. Além

disso, a sistematização relacionada aos conhecimentos científicos produzidos se dá nos momentos de teste e avaliação desses modelos expressos. As informações contidas nesse trabalho sobre a importância da participação ativa dos licenciandos no processo de modelagem e da apresentação dos processos de legitimação do conhecimento científico em sala de aula são fruto da metodologia de construção das atividades e das discussões delas provenientes.

Referências

ASKELAND, Donald R.; WRIGHT, Wendelin J. **Ciência e engenharia dos materiais**. 3ª edição. São Paulo: Cengage Learning, 2014, 648 p.

BROWN, Theodore L. et al. **Química: a ciência central**. 9ª edição. São Paulo: Prentice-Hall, 2005, 972 p.

CIPOLLA, Laura; FERRARI, Lia A. Big atoms for small children: building atomic models from common materials to better visualize and conceptualize atomic structure. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 93, n. 6, p. 1068-1072, janeiro 2016. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00784>

EILAM, Billie; GILBERT, John K. The significance of visual representations in the teaching of Science. In: EILAM, Billie; GILBERT, John K. (Org.) **Science teachers' use of visual representations**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 3-28.

GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J.; ELMER, Roger. Positioning models in Science education and in design and technology education. In: GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J. (Org.) **Developing models in science education**. Dordrecht: Kluwer, 2000. p. 3-17.

GILBERT, John K. Visualization: a metacognitive skill in Science and Science education. In: GILBERT, John K. (Org.) **Visualization in Science education**. Netherlands: Springer, 2005. p. 9-27.

HALPINE, Susana Maria. Introducing molecular visualization to primary schools in California: the STArt! Teaching Science through art program. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 81, n. 10, p. 1431-1436, outubro 2004.

JUSTI, Rosária; GILBERT, John K. Teachers' views on the nature of models. **International Journal of Science Education**, Toronto, v. 24, n. 4, p. 369-387, junho 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069032000070324>

JUSTI, Rosária. La Enseñanza de Ciencias Basada en la Elaboración de Modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 24, n. 2, p. 173-184, junho 2006.

JUSTI, Rosária. Modelos e modelagem no ensino de Química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, Wildson Luiz Perreira dos; MALDANER, Otavio Aloisio (Org.) **Ensino de Química em foco**. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. p. 210-230.

JUSTI, Rosária. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 31-48, novembro 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s03>

MAHAFFY, Peter. The future shape of chemistry education. **Chemistry education: research and practice**, Cambridge, v. 5, n. 3, p. 229-245, outubro 2004.

MANSO, Bruno Lara de Castro. **Museu do Amanhã**: uma nova proposta de museu de ciência? 2018. 157 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins; AIRES, Joanez Aparecida. A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Belém, v. 11, n. 22, p. 62-77, junho 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v11i22.2137>

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. A proposta curricular de Química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 273-283, maio 2000.

SILVA, Tainá Souza; SOUZA, João Jarllys Nóbrega de; CARVALHO FILHO, José Rodrigues de. Construção de modelos moleculares com material alternativo e suas aplicações em aulas de Química. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 12, n. 2, p. 104- 117, abril 2017.

TATIT, Ana; MACHADO, Maria Silvia M. **300 propostas de artes visuais**. 6ª edição. São Paulo: Edições Loyola, 2012, 283 p.

TURNER, Kristy L. A cost-effective physical modeling exercise to develop students' understanding of covalente bonding. **Journal of chemical education**, Washington, v. 93, n. 6, p. 1073-1080, abril 2016. DOI: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.5b00981>

Contribuição dos autores

Autor 1: Contribuição ativa na discussão, construção do relato e coleta de dados da pesquisa.

Autor 2: Participação ativa na discussão e relato dos resultados.

Autor 3: Participação ativa na discussão e relato dos resultados.

Enviado em: 10/outubro/2019 | Aprovado em: 28/junho/2020