

A utilização da modelagem no ensino da Teoria Cinética dos Gases: avaliação de uma aplicação de conceitos a situações cotidianas.

Rebeca de Castro Bighetti^{1*} (PG), Sílvia R. Q. A. Zuliani¹ (PQ), Alexandre de Oliveira Legendre² (PQ). rebecabighetti@hotmail.com

¹ Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru;

² Departamento de Química, Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru.

Palavras-Chave: modelos e modelagem no ensino, ensino de química, material didático.

Resumo: O presente trabalho aborda a utilização da modelagem no ensino da Teoria Cinética dos Gases. Foi desenvolvida uma atividade com alunos do segundo ano do Ensino Médio, regularmente matriculados em uma Escola Estadual do interior de São Paulo. Estuda-se a influência dos modelos e analogias, relacionadas ao tema, e de como eles podem auxiliar na aprendizagem e compreensão dos conceitos relacionados à Teoria Cinética dos Gases. Desenvolveu-se um modelo concreto para a Teoria Cinética dos Gases baseado no modelo mecânico vertical proposto pelo professor Luiz Ferraz Netto. Aplicou-se um questionário para avaliar o efeito do uso do modelo em sala de aula, permitindo verificar que a metodologia utilizada favoreceu a evolução da compreensão conceitual pelos estudantes. Os resultados foram analisados com base na análise do conteúdo e mostram resultados significativos sobre a utilização dos conceitos abordados na explicação de situações cotidianas nas quais em eles podem ser utilizados.

INTRODUÇÃO

Atualmente, ser professor no Brasil tem sido um grande desafio, principalmente, quando se ministra uma disciplina como a Química, considerada por tantos alunos como de difícil compreensão. Por esse motivo, encontrar formas de melhorar o ensino por meio da utilização de experimentos ou de espaços não formais para facilitar a aprendizagem e melhorar a compreensão de conceitos tem sido uma busca constante. A transmissão passiva dos conteúdos pelos professores aos alunos prejudica o processo de aprendizagem e desfavorece as interações em sala de aula. Portanto, faz-se necessário o uso de alternativas diferenciadas para possibilitar uma aprendizagem mais efetiva e prazerosa. Uma destas possibilidades é o uso de analogias e modelos.

A Química é a ciência das transformações e tem como objeto estudar as substâncias e suas interações: a maneira como se agregam, se dissociam e se reorganizam. Os químicos estudam os comportamentos das substâncias e comunicam suas descobertas através de teorias e modelos (PRINS, 2010). Infelizmente, na prática, o Ensino de Química, ainda carece em grande extensão, de resultados de investigação, proposições com base epistemológica coerente para produzir avanços nas formas de abordar o conhecimento. As mudanças que ocorreram nos livros didáticos durante as últimas três décadas não mostram o reconhecimento das recomendações e resultados de pesquisas recentes na área (CHAMIZO, 2011).

Sob esta perspectiva, insere-se o presente trabalho. A proposta aqui apresentada avalia a utilização da modelagem para o ensino da “Teoria Cinética dos Gases”, um assunto em cujos conceitos os alunos sentem grande dificuldade de compreensão. Neste relato de pesquisa, apresenta-se a avaliação da utilização dos conceitos apreendidos pelos estudantes a situações de vivência cotidiana.

O MODELO E A MODELAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

O processo de relacionar conceitos por meio de analogias é um componente essencial do pensamento humano. Mendonça et al. (2005, p.2) sugerem que as analogias podem ser definidas como “sendo uma comparação entre dois domínios: um que é familiar ao aprendiz, denominado na literatura de “domínio da analogia”, e outro não é familiar, denominado de “domínio do alvo” (SILVA, 2013).

Utilizando analogias podemos construir um tipo de aprendizagem que possui como base os conhecimentos previamente adquiridos pelos alunos, os quais, muitas vezes estão carregados de concepções inadequadas que devem ser utilizados como pontos de partida para novas aprendizagens. O uso da modelagem, é uma alternativa à utilização de analogias nos processos de construção do conhecimento, em especial no Ensino de Ciências.

Quando se parte do uso da modelagem no ensino, consegue-se trazer os aspectos e práticas científicas para o cotidiano dos alunos, pois, na maioria das vezes, o “fazer ciência” é algo muito distante da realidade dos mesmos. Para Souza e Justi:

Envolver estudantes em atividades de modelagem tende a favorecer que eles percebam os modelos como importantes ferramentas na prática científica e conheçam a estreita relação dos mesmos com o desenvolvimento de teorias (SOUZA e JUSTI, 2011, p.38).

Prins (2010) define modelos como conexões entre conceito e realidade. Um modelo é definido como um conjunto de representações, regras e raciocínios que permitem gerar previsões e explicações, e descrever o comportamento sobre uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema. Gilbert e Boutler (1995) afirmam que:

Um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de novas ideias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT e BOUTLER, 1995 *apud* FERREIRA e JUSTI, 2008, p.32).

A utilização de atividades de modelagem, isto é, atividades voltadas para a construção, reformulação e validação de modelos, pode resultar em um ensino mais significativo, que ajude o estudante a desenvolver um entendimento mais coerente e crítico. Além disso, aprender através da modelagem pode contribuir para que os estudantes aprendam sobre como o conhecimento científico é produzido – aspecto coerente com um Ensino de Ciências mais autêntico (COSTA, JUSTI e MOZZER, 2011).

O modelo deve ser exposto a diversas situações para ser avaliado. Suas abrangências e limitações devem ser identificadas, utilizando-o em diferentes situações e contextos (JUSTI, 2015). Justi (2015) faz uma distinção entre a expressão e a produção do modelo, tratando-as como diferentes etapas, e isso faz com que sua proposta seja diferenciada em relação a outras abordagens feitas para a modelagem, além da diferença no que é chamado de avaliação. O que, nas demais propostas, chama-se de avaliação corresponde à análise da adequação do modelo aos objetivos. A autora assume que a avaliação está inserida como análise da utilidade da aplicação do modelo a outros contextos.

Normalmente, os alunos envolvidos em uma proposta educativa que utiliza um processo de modelagem são beneficiados, pois é uma maneira eficaz para ajudá-los a compreender a epistemologia dos modelos e da modelagem. Além disso, um dos objetivos da Química é preparar os alunos para um estudo futuro na Ciência, ou Tecnologia, e as suas atividades profissionais. Mais tarde, é desejável que os alunos enriqueçam suas visões epistemológicas sobre modelos e modelagem, presentes nesta fase inicial de estudos (PRINS, 2010).

A modelagem costuma ocorrer, na maioria dos casos, a partir da produção, dos testes e das modificações de modelos. Justi (2015) considera que essas etapas são quatro e que cada uma delas exerce influência nas demais, como representado na Figura 1 (JUSTI, 2015).

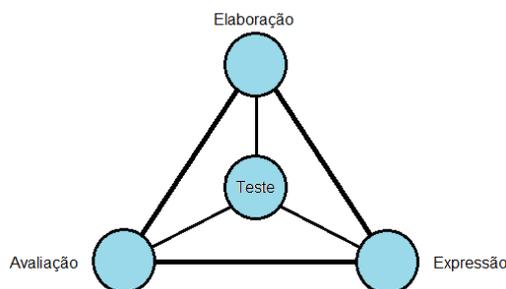


Figura 1: Diagrama Modelo de Modelagem. Fonte: Adaptado de Justi (2010, p.223).

Para Justi (2010), a modelagem é um ciclo que alterna entre: a produção do modelo mental, que ocorre através da analogia definida; a expressão desse modelo de um modo representacional, podendo ser verbal, matemático, concreto entre outros; os testes do modelo, que dependem em alto grau dos recursos disponíveis; e a identificação das abrangências e limitações do modelo, podendo ser feita através de análises em relação aos objetivos do uso do mesmo. O diagrama simplificado que apresenta o Modelo de Modelagem apresenta-o como um processo dinâmico e em constante mudança. Portanto, as etapas se complementam e não possuem uma ordem de ocorrência fixa entre elas.

Construir um modelo mental pressupõe a integração dinâmica e, muitas vezes, simultânea, que prevê algumas etapas apresentadas por Justi (2015). Entre elas podem ser citadas:

- definir os objetivos do modelo ou entender os objetivos propostos para o modelo;
- obter informações sobre a entidade a ser modelada (na estrutura cognitiva prévia ou a partir de fontes externas: bibliografia, atividades empíricas etc.);
- definir uma analogia ou um modelo matemático para fundamentar o modelo; e integrar essas informações na proposição de um modelo (JUSTI, 2015, p.40).

A proposta de Ensino baseada em atividades de modelagem fundamenta-se no papel central dos modelos na Ciência, o que, segundo Justi (2015), tem levado a literatura da área a enfatizar a importância desta proposta para favorecer a compreensão das ideias científicas e da Ciência, pelos estudantes. Esta questão indica a necessidade de discutir a construção dos modelos didáticos e sua importância.

Para uma visualização resumida dos conceitos relacionados aos “modelos, foi construído o mapa conceitual apresentado na Figura 2.

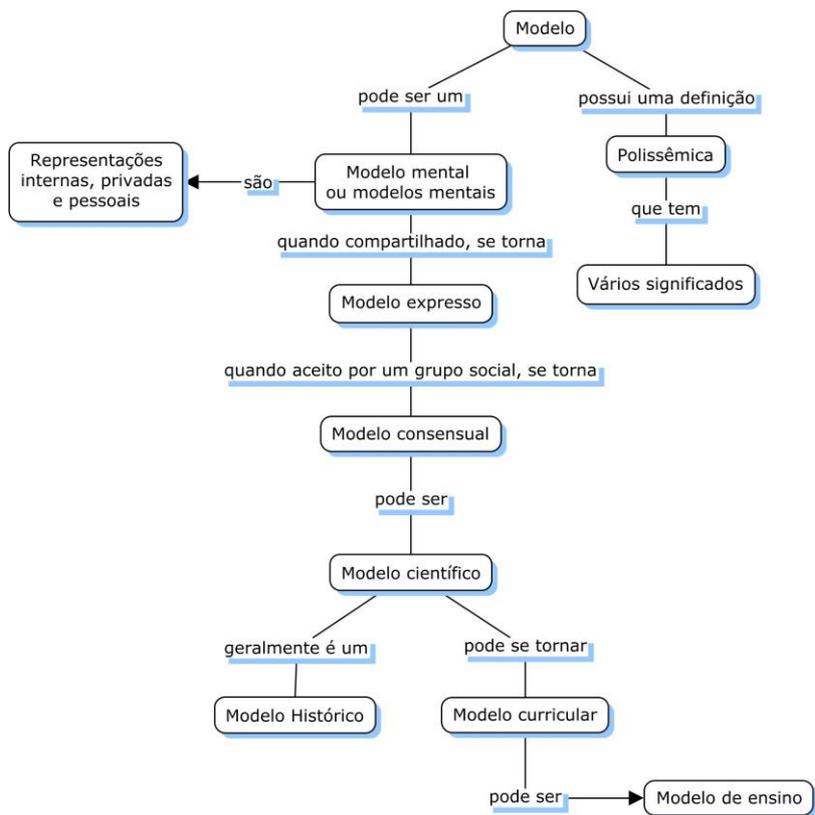


Figura 2: Mapa conceitual: descrição de modelos. Fonte: Autores

“Para se construir um modelo didático, o modelo inicial proposto é submetido a muitas etapas e diferenciações em diversos outros tipos de modelos já existentes (MIRANDA et al. 2015, p. 198)”. A um modelo que surge da reflexão, seja individual ou de um grupo, baseada em um determinado fenômeno que se queira modelar, chamamos de “modelo mental”.

O modelo mental, quando apresentado a um público por meio de desenhos, analogias, diagramas, entre outros, passa a se chamar “modelo expresso”. Ao se tornar consenso no âmbito de um grupo, ou seja, quando esse modelo é aceito por um grupo social, é então denominado “modelo consensual”. Este por sua vez, ao se tornar consenso em uma comunidade ou grupo científico, sendo utilizado para o desenvolvimento de pesquisas e produção de conhecimento científico, recebe o nome de “modelo científico” (MIRANDA et al. 2015). Também, podemos chamar de “modelo histórico”, um modelo científico que foi aceito em um contexto que não seja o seu atual.

Sendo assim, um modelo é uma forma de representação diferenciada a partir de interpretações, que tem como finalidade a melhor compreensão de certo assunto. Na construção de modelos, o aluno apropria-se de conceitos abstratos, constrói representações para estes conceitos e reconstrói seus modelos mentais. Nesta proposta, favorece-se a argumentação, fazendo com que professores e alunos trabalhem de forma colaborativa, construindo assim uma aprendizagem interativa que vai além da memorização de fatos e informações.

Na Química, o uso dos modelos é essencial para a construção de explicações para os fenômenos. Consequentemente, no Ensino de Química, têm sido produzidas pesquisas que indicam resultados interessantes no processo de ensino e aprendizagem (JUSTI, 2015; PRINS, 2010; SILVA, 2013 e MIRANDA et al. 2015).

Entre os temas nos quais a modelagem pode ser útil para o desenvolvimento de modelos mentais mais elaborados pelos alunos, está a Teoria Cinética dos Gases. Para este trabalho, escolheu-se esta teoria, pois se trata de tema central nos conteúdos químicos presentes no currículo de Ensino Médio e se constitui através de explicações que demandam a caracterização no nível submicroscópico e simbólico do conhecimento (WARTHA e REZENDE, 2011).

O MODELO CINÉTICO DOS GASES

Muitas situações cotidianas podem ser explicadas utilizando a Teoria Cinética dos Gases. Um exemplo de questionamento muito comum seria: por que a água entra em ebulição a temperaturas mais baixas em altitudes mais elevadas? Ou: por que uma bola de basquete tem seu volume diminuído em um dia frio? Estes fenômenos e muitos outros podem ser explicados por esta teoria. A Teoria Cinética dos Gases (também conhecida como Teoria Cinético-Molecular) é uma teoria que explica o comportamento de um gás ideal hipotético, e permite determinar a relação entre grandezas macroscópicas a partir do estudo do movimento de átomos e moléculas. De acordo com esta teoria, os gases são compostos por partículas pontuais, que possuem movimento contínuo e aleatório, podendo colidir elasticamente umas com as outras e com as paredes do recipiente estão confinadas. Essa teoria explica como os diferentes tamanhos de partículas de um gás podem ter diferentes velocidades individuais. É a primeira teoria que descreve como a pressão de um gás esta relacionada com as colisões nas paredes de um recipiente (LARSEN, 2015).

As propriedades macroscópicas de um gás à temperatura ambiente e pressão atmosférica podem ser descritas pelas leis elementares dos gases (Boyle-Mariotte, Charles e Gay Lussac e Avogadro) (NUNES, 2003). São leis experimentais que mostram como varia o volume de um gás quando a pressão e a temperatura desse gás variam, dando origem à equação dos gases perfeitos.

Na Teoria Cinético Molecular, temos como fundamentos que:

- as substâncias são constituídas de átomos ou moléculas característicos, que são as menores partes de uma substância capazes de conservar suas propriedades;
- estes átomos ou moléculas permanecem em movimento contínuo, caótico e desordenado;
- tais unidades interagem entre si de forma diferenciada dependendo da distância entre elas (MARQUES et al. 1994).

A história do desenvolvimento da Teoria Cinética se sustenta na interação entre observação e experimentação. Pensar sobre as causas do comportamento dos gases envolve a construção de modelos e teorização. A Teoria Cinética dos Gases permite, a partir de um modelo simples de esferas rígidas, obter valores quantitativos para as propriedades Termodinâmicas e de Transporte dos Gases.

No entanto, nem sempre essas representações expressam sentidos equivalentes àqueles do modelo mental que as originou, sendo que, frequentemente, esse problema está relacionado ao tipo de linguagem adotada no momento do desenvolvimento da representação do modelo. Esse fato pode levar os estudantes e até mesmo os professores a desenvolverem concepções equivocadas acerca da entidade modelada. Assim construiu-se um Modelo Mecânico Vertical (MMV) para o desenvolvimento de uma atividade didática que contemplasse o ensino dos conceitos relacionados à teoria Cinética dos Gases. A atividade será descrita a seguir.

DESCRIÇÃO DO MMV E DA ATIVIDADE PROPOSTA

De acordo com a analogia utilizada por Netto (1999), podemos utilizar o MMV como um simulador do “movimento molecular” para nos auxiliar didaticamente no entendimento da Teoria Cinética dos Gases, proporcionando, assim, uma melhor compreensão do assunto. Para o desenvolvimento da atividade, construiu-se um protótipo que utilizou o equipamento apresentado pelo autor em seu texto como base. Na Figura 3 apresentamos o esquema do equipamento construído.

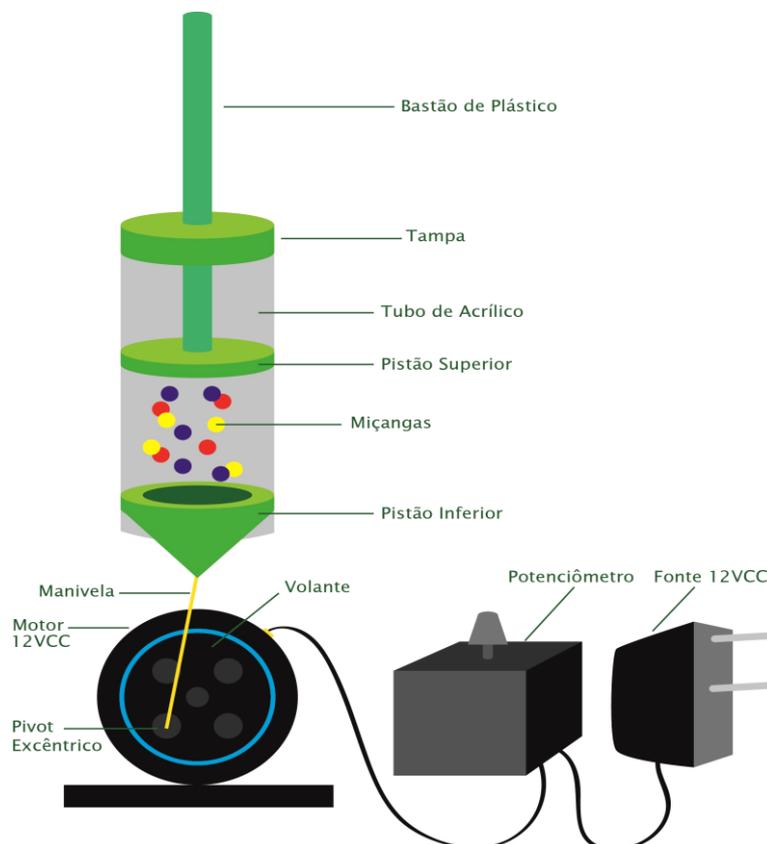


Figura 3: Esquema do Modelo Mecânico Vertical. Fonte: Autores (Ilustração: André Daró, 2016)

Na construção do modelo, foi utilizado um motor de 12 volts de corrente contínua (vcc), aproveitado de um toca-fitas, para simular a variável temperatura no pistão inferior. Utilizaram-se miçangas para simular as partículas (átomos ou moléculas) de gás. Para regular a velocidade de rotação, foi adaptado um potenciômetro de 100k ao motor e o mesmo foi conectado a uma fonte de 12 vcc, a qual foi ligada à tomada para o funcionamento do equipamento. O cilindro foi feito com um “aplicador de glacê para bolos”, que já tinha seu próprio pistão, facilitando, assim, a montagem final. O suporte foi feito na marcenaria da instituição. Na Figura 4, apresentamos o resultado final da montagem realizada.



Figura 4: Modelo Mecânico Vertical construído. Fonte: Autores (Foto: André Daró, 2016)

O aparato MMV permite visualizar o movimento browniano, movimento aleatório das partículas do gás, podendo simular as variações de temperatura, volume e quantidade de matéria. Com a simulação das variáveis de estado, conseguimos explicar o conceito e aplicação das transformações gasosas (Lei de Boyle-Mariotte, Lei Gay-Lussac e Lei de Charles).

A energia cinética é transferida do pistão inferior, que é vibratório, para as miçangas (que simulam as partículas do gás) que se movimentam e se chocam (entre si e com as paredes do tubo) desordenadamente dentro do cilindro de plástico (NETTO, 1999). Assim, a temperatura de um sistema gasoso pode ser simulada variando-se a velocidade do motor, ou seja, uma maior frequência de oscilação do pistão inferior aumenta a energia cinética das partículas e, conseqüentemente, representa um aumento na temperatura do sistema (a velocidade das partículas é observável visualmente).

A posição do pistão superior, que define o volume do recipiente e, até então, havia sido mantida fixa durante o funcionamento do motor, pode ser alterada para demonstrar como a pressão – representada pela frequência de colisões entre as miçangas e as paredes do cilindro –, é afetada por variações de volume. Para isso, deixamos o motor em uma velocidade constante (simulando um processo isotérmico) e, ao elevar o pistão superior, aumentando o volume, houve uma diminuição da frequência de colisões (perceptível pela redução do ruído decorrente das colisões das miçangas). Inversamente, ao se abaixar o pistão superior, a redução do volume do cilindro acarretou um claro aumento da frequência de colisões.

Uma vez que as miçangas representam as partículas que compõem o gás, demonstrou-se que, ao se introduzir mais delas no cilindro, a frequência de colisões aumentou, ou seja, uma maior quantidade de matéria confinada em um mesmo volume e à mesma temperatura implicará em uma maior pressão no sistema.

Com base nestas premissas, elaborou-se uma aula sobre "Gases" para utilização do modelo científico construído e para verificarmos de que maneira seu uso favorece a explicação de fenômenos ligados ao comportamento dos gases, tendo por base os conceitos microscópicos relacionados à Teoria Cinética dos Gases.

APLICAÇÃO DA ATIVIDADE

As atividades foram desenvolvidas com cerca de oitenta alunos de quatro turmas da segunda série do Ensino Médio regularmente matriculados em uma escola de Educação Básica Estadual, no município de Bauru-SP, parceira no Subprojeto PIBID - Licenciatura em Química da Faculdade de Ciências da UNESP, e que aceitaram convite feito pelo professor supervisor vinculado ao subprojeto.

Para a aplicação do MMV, foi proposta uma aula sobre gases, iniciada retomando-se conceitos relativos às transformações da matéria, seguindo-se a abordagem dos conceitos de sistemas homogêneo e heterogêneo, misturas homogêneas e heterogêneas e as mudanças de estado físico, a fim de que os estudantes fossem capazes de caracterizar o ar atmosférico como uma mistura de gases.

Foram discutidas, também, as variáveis de estado de um gás, ou seja, pressão, volume e temperatura, bem como suas influências no comportamento de substâncias gasosas. Utilizou-se, a seguir, o MMV na tentativa de propiciar aos alunos, com a ajuda dos professores, chegar à construção dos conceitos relacionados às leis gerais que regem o estado gasoso (Lei de Boyle-Mariotte, Lei Gay-Lussac e Lei de Charles).

No experimento, foram feitas diferentes simulações utilizando o MMV. A primeira simulação foi uma transformação isobárica (pressão constante), variando a temperatura e o volume. A segunda simulação foi uma transformação isométrica (volume constante), variando a temperatura e pressão. A terceira simulação representa uma transformação isotérmica (temperatura constante), variando o volume e a pressão.

As atividades foram desenvolvidas com a finalidade de reconstruir com os alunos os conceitos de transformações gasosas isotérmicas, isométricas (ou isocóricas) e isobáricas, culminando na dedução da equação de estado, também conhecida como Equação de Clapeyron, originada a partir das leis gerais dos gases, citadas anteriormente. Com a utilização do MMV, foi possível deduzir todas as equações (Lei de Boyle-Mariotte, Lei Charles-Gay-Lussac, Lei de Avogadro).

Assim, as atividades realizadas foram avaliadas com o objetivo de identificar nas explicações dos alunos a utilização dos modelos discutidos e compartilhados durante as atividades realizadas, e a transferências dos mesmos à explicação de fenômenos cotidianos.

ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Com o intuito de analisar a compreensão dos alunos a respeito do assunto explicado anteriormente, caracterizamos esta pesquisa como qualitativa descritiva. Busca-se, assim, uma análise descritiva que se desdobra na utilização de instrumentos escritos para levantamento e análise dos dados por meio do método de análise de conteúdo de Bardin (1994).

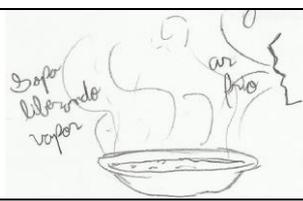
As atividades foram desenvolvidas com as turmas da segunda série do Ensino Médio já descritas. A atividade foi aplicada respeitando-se o planejamento do professor e os conteúdos estabelecidos de acordo com o currículo da escola. Os alunos participaram da atividade de forma voluntária. Entre os sujeitos de pesquisa havia meninos e meninas, com faixa etária variando entre 15 a 18 anos.

Os alunos responderam a uma atividade de aplicação e, foram escolhidas duas questões apresentadas a seguir, para a análise que se propõe neste trabalho:

1. Quando você descasca uma mexerica, as pessoas a sua volta sentem o cheiro da fruta. Como você explica o fenômeno do cheiro se espalhar? Porque o cheiro seria menos perceptível no inverno?
2. Elabore um modelo para explicar por que a sopa esfria quando a soprarmos.

As questões acima foram escolhidas, pois eram as mais adequadas para avaliar se os alunos haviam compreendido os fenômenos abordados, uma vez que são aplicações cotidianas dos conceitos aprendidos em sala de aula. No Quadro 1 são apresentadas as unidades de sentido mais recorrentes nas respostas dos alunos.

Quadro 1: Principais unidades de significado nas respostas dos alunos. Fonte: Autores

Categoria	Unidade de sentido	Exemplos
Movimento de partículas (57)	Agitação molecular (32)	"A sopa esfria, pois a temperatura das moléculas "diminui". Conforme a sopa esta na panela as moléculas estão agitadas, quando soprarmos a sopa a agitação das moléculas é menor"
		"O cheiro é menos perceptível devido a agitação molecular ser mais lenta"
	Velocidade das moléculas (15)	
		"Porque as moléculas estão mais devagar por conta da temperatura do ambiente"
Expansão gasosa (69)	Expansão gasosa (20)	"Porque as moléculas que estão na superfície, que estão mais agitadas, liberando vapor, se soprarmos elas vão sair, e "subira" outros vapores quentes, e se soprarmos, "vai subir" outros e assim sucessivamente, até as moléculas diminuir a velocidade de agitação, assim esfriando"
		"No frio as moléculas ficam mais calmas e no quente as moléculas estão mais agitadas"
	Tendência de ocupar o espaço disponível (17)	"Porque quando a temperatura esta menor, o volume se expande com maior dificuldade"
		"O ar tem a tendência a "preencher" um espaço fazendo com que os gases se espalhem transmitindo o cheiro"

Devido à grande quantidade de respostas, foram selecionadas algumas para cada categoria representada. Uma das características importantes presentes nas respostas dos alunos refere-se à utilização da natureza particulada da matéria para produzir explicações. A maior parte deles associa a difusão gasosa ao movimento das partículas, que é afetado pelas variáveis de estado. Em suas palavras, em relação à justificativa para o resfriamento da sopa ao ser assoprada, temos:

"Porque as moléculas que estão na superfície, que estão mais agitadas, liberando vapor, se soprarmos elas vão sair, e "subirá" outros vapores quentes, e se soprarmos, vai subir outros e assim sucessivamente, até as moléculas diminuir a velocidade de agitação, assim esfriando."

Percebe-se que os alunos são capazes de usar a analogia utilizada durante a aplicação do modelo, abstraindo, primeiramente de forma empírica, os conceitos do experimento realizado, para depois aplicá-los adequadamente a uma nova situação problema. As influências da temperatura e da pressão no comportamento dos gases são percebidas em diversas respostas e a variação na agitação molecular é sempre atribuída a estas variáveis.

"Porque as moléculas estão mais devagar por conta da temperatura do ambiente"

“O cheiro é menos perceptível devido à agitação molecular ser mais lenta” (quando está frio)”
“Porque as moléculas estariam mais paradas por conta da temperatura baixa por isso seria menos perceptível”

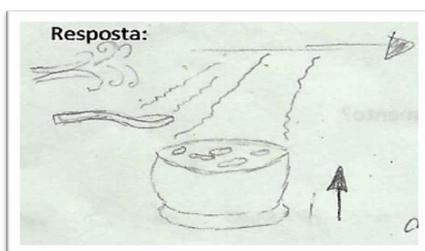
Há, por outro lado, o uso inadequado da ideia de pressão, relacionada ao movimento gasoso. O aluno refere-se ao “espalhamento” do odor da fruta devido a uma menor pressão durante um dia frio, confundindo pressão e temperatura, o que corrobora uma inadequação de compreensão muito comum no uso de modelos. Não é possível controlar a variável pressão de um gás a não ser como consequência de uma das outras variáveis, ou seja, temperatura, volume e quantidade de matéria (número de átomos ou moléculas). O aluno provavelmente confunde a diminuição ou o aumento de volume produzidos pela mudança de posição do pistão com o aumento ou diminuição da pressão do gás. Em suas palavras,

“Porque as moléculas se espalham com menos pressão no inverno”

É importante que o professor perceba a necessidade de utilizar experiências didáticas que possibilitem não apenas a construção de conceitos, mas aplicações a situações novas ou cotidianas. De acordo com Marques et al (1994), a reconstrução das representações dos aprendizes manifesta-se na utilização das mesmas, por analogia, a novas situações. Em suas palavras:

Do processo de construção de todo conhecimento participam a abstração empírica e a reflexiva. A primeira abstrai suas informações dos próprios objetos e a segunda, mais diferenciada, comporta reorganização mental que conduz a um plano onde há uma reconstrução da representação e uma elaboração, por analogia, dos conceitos envolvidos (MARQUES et al. 1994, p. 103).

Alguns alunos utilizaram desenhos para explicar os fenômenos nas questões propostas, como mostra a Figura 5.



“Se assoprar faz com que haja uma aceleração de diminuição de calor”.

Figura 5: Desenho para justificar o resfriamento da sopa. Fonte: Autores

O aluno, referindo-se a uma movimentação com o espalhamento do ar quente a partir do ato de soprar e promovendo uma diminuição mais rápida da temperatura, fez o uso de setas. O desenho auxilia o aluno na explicação, sendo assim uma forma de modelar o conhecimento que o mesmo utilizou para explicar o fenômeno ocorrido.

De uma forma resumida, podemos observar a organização das respostas dos alunos considerando 101 questionários respondidos, com aproximadamente 160 questões analisadas, na Figura 6. De acordo com o gráfico, percebemos que a maioria dos alunos responde às questões relacionando o fenômeno estudado à categoria de “expansão gasosa” (44,23%), porém, na maioria dessas respostas, surge o termo “agitação molecular” na mesma frase, demonstrando que os alunos foram capazes de

relacionar mais de uma categoria para explicação do fenômeno alvo. A segunda categoria com a maior quantidade de respostas foi “agitação molecular” (36,53%), e em ambas as questões, os alunos relacionam a resposta ao conceito modelado.

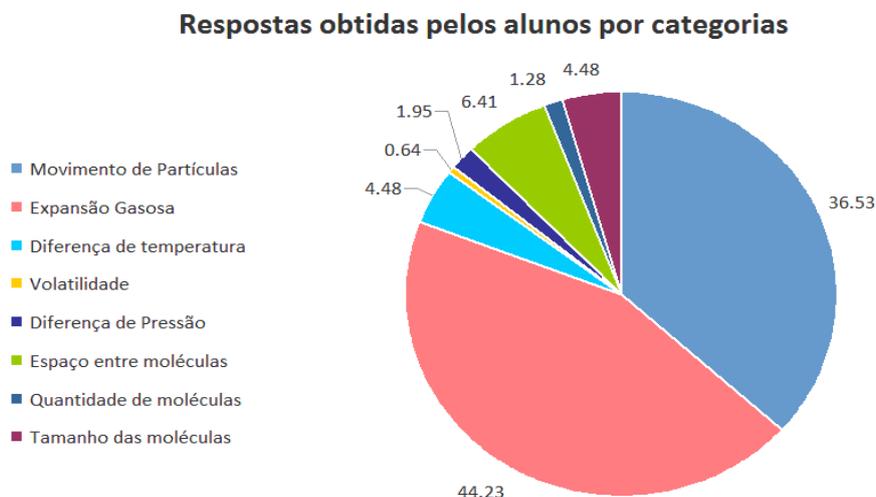


Figura 6: Respostas apresentadas pelos alunos por categorias. Fonte: Autores

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do modelo facilitou aos alunos uma construção de modelos mentais mais elaborados sobre fenômenos relacionados à Teoria Cinética dos Gases, fazendo com que a maioria explicasse os conceitos aprendidos, de forma correta, muitas vezes utilizando analogias múltiplas, as quais apresentam o conceito alvo e colocam mais de um análogo para explicar o mesmo alvo.

O uso do MMV ajudou na explicação da Teoria Cinética dos Gases e favoreceu a aplicação do conhecimento a situações cotidianas dos alunos, pois os resultados obtidos indicam a transferência dos conceitos apreendidos a outros contextos. A utilização do MMV usando miçangas simulando modelos para as partículas de gás ajudou na reflexão sobre o comportamento do estado gasoso, promovendo a construção de um modelo mental mais elaborado, e sugerindo uma linha de pensamento para a explicação do movimento observado. Tais modelos podem ser usados para ajudar os alunos a visualizarem melhor como ocorrem as colisões e a desenvolver um pensamento construtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARDIN, I. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições Setenta, 1994. 226 p.

CHAMIZO, J. A. A New Definition of Models and Modeling in Chemistry's Teaching. **Science & Education** 2011. Disponível em:
<http://www.joseantoniochamizo.com/pdf/a_new_definition_of_models_and_modeling_in_chemistry.pdf>
Acesso em: 15 dezembro 2015.

COSTA, P. P.; JUSTI R.; MOZZER N. B. O processo de co-construção de conhecimento no contexto de atividades de modelagem e a produção de argumentos por estudantes do ensino médio. **Atas** do VIII

ENPEC 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0386-1.pdf>> Acesso em: 09 dezembro 2015.

FELTRE, R. **Química**. Volume 1. 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química nova na escola**, n. 28, p.32-36, maio 2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf>>. Acesso em: 19 junho 2015.

JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte: v.17, n.especial, 2015, p. 31-48 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00031.pdf>> Acesso em: 20 novembro 2015.

_____. Modelos e modelagem no ensino de química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A.(Org) **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010, p. 209–230.

LARSEN, D. **Kinetic Theory of Gases**. 2015. Disponível em: <http://chemwiki.ucdavis.edu/Physical_Chemistry/Physical_Properties_of_Matter/Phases_of_Matter/Gases/Kinetic_Theory_of_Gases/Kinetic_Theory_of_Gases> Acesso em: 13 janeiro 2016.

MANSON, E. A. Gas. 2016. **Encyclopædia Britannica Online**. Disponível em: <<http://global.britannica.com/science/gas-state-of-matter/Behaviour-and-properties>> Acesso em: 15 janeiro 2016.

MARQUES, P. M. A. et al. Demonstração em teoria cinética. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 11, n. 2: p.100-104, ago. 1994.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias usadas no ensino de equilíbrio químico: compreensões dos alunos e papel na aprendizagem. **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona, vol. 23, n. extra, p. 1-4, 2005.

MIRANDA, C. L. Et al. Modelos Didáticos e Cinética Química: Considerações sobre o que se Observou nos Livros Didáticos de Química Indicados pelo PNLEM. **Química nova na escola**, vol. 37, n. 3, p.197-203, agosto 2015. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_3/07-EA-08-14.pdf>. Acesso em: 19 novembro 2015.

NETTO, L. F. **Teoria cinética dos gases I**. 1999. Disponível em: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_12.asp> Acesso em: 7 março 2015.

NUNES, V. M. B. **INTRODUÇÃO À TEORIA CINÉTICA DE GASES**. 2003. Disponível em: <<http://www.docentes.ipt.pt/valentim/ensino/itcg.pdf>> Acesso em: 20 dezembro 2015.

PRINS, G. T. **Teaching and Learning of Modelling in Chemistry Education: Authentic Practices as Contexts for Learning**. Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education, Utrecht University, 2010. Disponível em: <<http://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/44370/prins.pdf?sequence=2>> Acesso em: 28 novembro 2015.

SILVA, G. S. **A Abordagem do Modelo Atômico de Bohr Através de Atividades Experimentais e de Modelagem**. 2013. 217f. Tese (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. Interlocuções possíveis entre linguagem e apropriação de conceitos científicos na perspectiva de uma estratégia de modelagem para a energia envolvida nas transformações químicas, **Revista Ensaio**, v. 13, n. 02, p.31-46, mai-ago 2011.

WARTHA E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de peirce. **Investigações em Ensino de Ciências** – V16(2), pp. 275-290, 2011.