

## SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE QUÍMICA: ESTUDANDO AS MICROONDAS

*Computer simulations in chemistry: Studying microwaves*

**Lilian Borges Brasileiro** [lilian@coltec.ufmg.br]  
Colégio Técnico – Universidade Federal de Minas Gerais  
Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – CEP 31270-901  
**Joice Chaves Matias** [joicechaves13@gmail.com]

Recebido em: 28/08/2018

Aceito em: 06/04/2019

### Resumo

A literatura tem relatado dificuldades dos estudantes na elaboração conceitual de alguns fenômenos químicos, especialmente em função do uso de modelos e entidades submicroscópicas, como átomos e moléculas. As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) têm sido apontadas como estratégias didáticas que podem colaborar nos processos de aprendizagem de ciências e, nesse sentido, o presente trabalho apresenta a experiência de utilização de uma simulação computacional em aulas de Química com estudantes do ensino médio. Foi elaborada uma atividade para discutir as interações entre radiações eletromagnéticas e matéria, a partir de um problema cotidiano: como um alimento é aquecido no forno de microondas? O uso da simulação mostrou-se efetivo na melhoria da compreensão dos estudantes a respeito do fenômeno discutido e a maioria avaliou o recurso favoravelmente.

**Palavras-chave:** Ensino de Química, Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), Simulação computacional, Microondas.

### Abstract

Literature reports that students usually demonstrate difficulties in the conceptual elaboration of some chemical phenomena, especially those that use submicroscopic models and entities, such as atoms and molecules. Information and Communication Technologies (ICT) are being successfully used as didactic strategies in science learning processes. This work presents an experience of using a computational simulation in high school chemistry classes. It was developed an activity to discuss about the interaction between electromagnetic radiation and matter, using a daily problem: how can a microwave oven heat food? The employed simulation was effective in improving students' understanding the phenomenon discussed and most of them evaluated this educational resource favorably.

**Key words:** Chemistry teaching, Information and Communication Technologies (ICT), Computer simulation, Microwaves.

## INTRODUÇÃO

A Química é uma ciência que muitas vezes se vale do uso de entidades do mundo submicroscópico para explicar fenômenos do mundo real, entretanto para muitos estudantes essa transposição é uma etapa complexa da elaboração conceitual (Quadros, 2011). Muitos recursos têm sido usados para o ensino de conceitos químicos: experimentos, vídeos, modelos moleculares. Porém, nem sempre esses recursos são suficientes para que o estudante consiga compreender adequadamente conceitos mais abstratos.

O estudo das radiações eletromagnéticas e sua interação com os meios materiais constitui conteúdo proposto nos PCNEM (Brasil, 2006) e PCN+ (Brasil, 2002):

A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico. (Brasil, 2002).

Esse conteúdo, no entanto, pode ser de difícil compreensão sem o uso de recursos que possibilitem a visualização do modelo da interação entre radiação e matéria. Sendo assim, foi elaborada uma proposta de atividade, utilizando um software computacional, para o estudo da interação da radiação microondas com moléculas de água. A motivação para escolha dessa radiação foi o fato de muitos alunos já terem tido a oportunidade de manusear um forno de microondas doméstico, embora poucos entendam como ocorre o aquecimento dos alimentos nesse tipo de equipamento. A questão central proposta na atividade foi “Do ponto de vista químico, como um alimento é aquecido no forno de microondas?”

A radiação de microondas é um tipo de energia eletromagnética de frequência na faixa de  $10^3$  a  $10^4$  MHz. Devido à interação da onda eletromagnética com o dipolo elétrico da molécula de água, um alimento pode ser aquecido no forno de microondas. As ondas eletromagnéticas, por definição, são ondas que têm campo elétrico e magnético que mudam de direção rapidamente. Assim, na tentativa de alinhar o dipolo elétrico da molécula polar com o componente elétrico da onda, a orientação das moléculas de água varia ciclicamente: em um forno de microondas doméstico, com frequência de 2450 MHz, a direção do campo elétrico varia  $2,45 \times 10^9$  vezes por segundo (Barboza, 2001). O movimento rotacional produzido nas moléculas de água faz com que haja liberação de energia na forma de calor e, conseqüentemente, aumento da temperatura do sistema e aquecimento dos alimentos dentro do forno. A simulação computacional utilizada possibilita a verificação desse processo.

Neste estudo foi feita uma proposta de utilização de uma simulação computacional, mediada pelo professor, para o estudo da interação entre a radiação eletromagnética na região das microondas com a matéria. Avaliou-se o recurso computacional quanto às possibilidades de representação do fenômeno proposto e efetividade na apropriação dos conceitos pelos estudantes.

## USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE QUÍMICA

O acesso a computadores e o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nas escolas tem se intensificado nos últimos anos. Esses recursos têm sido apontados como facilitadores na elaboração conceitual e no desenvolvimento da capacidade dos estudantes em representar fenômenos e variáveis relacionados a sistemas químicos (Machado, 2016), além de promover o protagonismo nas atividades de ensino e aprendizagem das ciências (Paula, 2015). Nesse sentido, as simulações computacionais e os laboratórios virtuais são uma ferramenta útil, pois possibilitam não

somente a reprodução de fenômenos difíceis de realizar em sala de aula, mas também a visualização de fenômenos em escala submicroscópica, que demandam um elevado grau de abstração. Além disso, podem contribuir para complementar experimentos convencionais (Gabini, 2007) e, de uma forma geral, são bem aceitas pelos estudantes que as veem como algo novo, diferente e que tornam as aulas mais atrativas e interessantes.

Segundo Paula (2015), as simulações – objeto deste trabalho – são recursos computacionais que apresentam certo grau de interatividade entre o estudante e o aplicativo, sendo que quanto maior o número de variáveis, e da interação entre elas, maior será o grau de interatividade da simulação. Esse autor também explicita que as simulações costumam apresentar dados quantitativos, o que não é uma regra geral, e que nelas predomina a representação de entidades e processos baseados em modelos científicos.

Em um artigo de revisão, Ribeiro e Greca (2003) buscaram identificar estratégias didáticas de utilização de simulações computacionais e ferramentas de modelização no ensino de Química. Esses autores perceberam que, apesar do desenvolvimento acelerado da tecnologia, até o início dos anos 2000 era restrito o número de relatos sobre o uso efetivo dessas ferramentas em sala de aula, o que julgaram estar associado à falta de formação adequada para os professores. Em investigação mais recente, Rolando (2015) identificou que boa parte dos professores de Química utiliza ferramentas disponíveis na internet para se comunicar (redes sociais) e para estudar e pesquisar materiais (*download*) para preparação de suas aulas. Percebe-se, porém, que ainda é restrito o uso de recursos computacionais para o ensino de Química e uma forma de mudar esta situação é incluir o estudo das TIC na formação inicial ou continuada dos professores (Macêdo, 2014; Moreno, 2017).

Há uma forte demanda pelo uso de tecnologias na sala de aula e há muitas simulações disponíveis na internet, especialmente em repositórios de recursos educacionais. Algumas simulações podem ser baixadas previamente nos computadores e não necessitam de conexão com a internet para funcionar. Para as escolas que possuem sala de informática a simulação pode ser manuseada individualmente pelos alunos, mas onde isso não é possível, projetar a simulação para que todos acompanhem juntos é uma opção.

As simulações, assim como qualquer outro recurso tecnológico, por si só, não são capazes de promover o aprendizado ou garantir a compreensão conceitual de diferentes fenômenos (Ribeiro, 2003). É fundamental a mediação do professor que, ao propor o uso do recurso tecnológico, precisa ter clareza de quais são os objetivos a serem atingidos e qual a melhor forma de inseri-lo em uma sequência didática. Percebe-se, portanto, a necessidade de estimular e incrementar o uso de ferramentas tecnológicas como facilitadoras dos processos de ensino e aprendizagem.

No sentido de contribuir para a ampliação do uso de simulações computacionais no ensino de Química, este trabalho apresenta uma proposta de atividade para estudo da interação da radiação de microondas com a matéria (Matias, 2017). Foi escolhida a simulação MICROONDAS do projeto PhET – Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder<sup>1</sup>. Este portal disponibiliza gratuitamente simulações para o ensino de Biologia, Física, Química, Ciências da Terra e Matemática. As simulações possuem traduções em muitos idiomas e podem ser abertas em um navegador na internet ou baixadas para um computador, que necessita ter a linguagem Java instalada. As simulações estão sendo aos poucos reescritas na linguagem HTML5, que permite que elas sejam executadas também em dispositivos como celulares e *tablets*. As simulações e laboratórios virtuais disponíveis no portal PhET são desenvolvidas a partir de pesquisas e apresentam conceitos científicos corretos, embora, com algumas limitações. As simulações disponíveis no PhET apresentam, em sua maioria, características operacionais e possibilitam aos

---

<sup>1</sup> Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/microwaves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/microwaves)>. Acesso em 24/02/2018.

estudantes a compreensão das ciências a partir da investigação e conexões com o mundo real (Vasconcelos, 2015).

## **METODOLOGIA**

Foi elaborada uma atividade para estudo da interação da radiação de microondas com a matéria. A atividade foi desenvolvida com 28 estudantes do 2º e 3º anos do ensino médio de uma escola da rede privada da região metropolitana de Belo Horizonte. Nessas séries, os estudantes já têm conhecimentos sobre modelos atômicos, ligações químicas, energia cinética, e outros conteúdos que representam pré-requisitos para o uso da atividade. Alguns livros didáticos costumam trazer o estudo das radiações eletromagnéticas juntamente com o estudo dos modelos atômicos, que geralmente é ensinado no primeiro ano do ensino médio.

A atividade proposta inclui um roteiro para orientar os estudantes no uso do recurso computacional e questões relacionando os fenômenos observados na simulação – interação das microondas com moléculas de água – com situações do cotidiano, como o aquecimento de alimentos em um forno de microondas. A intenção foi estudar as relações estabelecidas pelos estudantes entre o fenômeno simulado, seus conhecimentos prévios e aplicações práticas do fenômeno.

### **A simulação MICROONDAS**

A simulação MICROONDAS pode ser acessada diretamente no portal Phet. O Quadro 1 apresenta a descrição desse objeto educacional (OE), disponível no Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE)<sup>2</sup>. A simulação é composta por quatro abas (Figura 1) que mostram uma tela onde estão representadas moléculas de água e uma linha verde, que representa a onda eletromagnética. Comandos como frequência e amplitude da radiação, além da forma de visualização do campo eletromagnético podem ser controlados diretamente pelo usuário. A temperatura do sistema pode ser avaliada qualitativamente por meio de um termômetro ao lado da tela.

As simulações são baseadas em modelos de situações reais, porém são recursos limitados, embora não necessariamente incorretos. No caso da simulação MICROONDAS, utilizada neste trabalho, podem ser apontadas algumas limitações, por exemplo, o termômetro não apresenta escala numérica, portanto possibilita apenas uma análise qualitativa da temperatura; o tamanho das moléculas de água é desproporcional ao dos demais objetos disponíveis na tela. Essas limitações não invalidam o uso do recurso, porém é fundamental que o professor esteja atento a esses aspectos, explicitando-os aos estudantes a fim de evitar interpretações equivocadas do recurso e concepções alternativas sobre o fenômeno estudado.

### **Coleta e tratamento de dados**

A coleta de dados foi realizada por meio de questionários. Inicialmente aplicou-se um questionário do tipo pré-teste com perguntas relacionando as radiações e suas energias/frequências e a interação entre radiação e matéria no cotidiano. Em seguida, foi realizada a atividade com a simulação, orientada por um roteiro operacional elaborado conforme os objetivos propostos neste trabalho. Posteriormente, foi aplicado um pós-teste contendo perguntas semelhantes àquelas do pré-teste e, ainda, uma avaliação do recurso utilizado. A escola onde a atividade foi desenvolvida não dispunha de sala de informática para que os alunos utilizassem a simulação individualmente ou em pequenos grupos. Assim, a simulação foi projetada pelo professor, que executou os comandos

---

<sup>2</sup> Repositório de recursos digitais criado e mantido pelo MEC. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/2926>>. Acesso em 24/02/2018.

propostos no roteiro operacional, sem interferir nas observações ou respostas dos estudantes. Após a realização do pós-teste, foi feita uma discussão da atividade.

Foi realizado um tratamento qualitativo das respostas aos questionários, buscando avaliar as contribuições e as limitações do uso desta simulação.

**Quadro 1** – Descrição da simulação MICROONDAS no BIOE.

Título:	Micro-ondas
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	Demonstrar como a radiação na faixa do micro-ondas interage com as moléculas de água
Descrição do recurso:	Demonstra como as micro-ondas interagem com as moléculas de água, acarretando, do ponto de vista macroscópico, um aumento de temperatura. A atividade permite ajustar a frequência e a amplitude da radiação, assim como visualizar o movimento de rotação das moléculas e as representações vetoriais das variações do campo eletromagnético
Observância:	Colaborador(es): Wendy Adams (Entrevistador). Para visualizar este recurso é necessário fazer o download do Java. Disponível em: < <a href="http://www.java.com/pt_BR/download/index.jsp">http://www.java.com/pt_BR/download/index.jsp</a> >
Componente Curricular:	Ensino Médio::Física
Tema:	Educação Básica::Ensino Médio::Física::Calor, ambiente e usos de energia
Autor(es):	Adams, Wendy; LeMaster, Ron; Perkins, Kathy; Wieman, Carl
Idioma:	Português (pt)
País:	Estados Unidos da América (us)
Fonte do recurso:	University of Colorado at Boulder, Physics Education Technology (PhET)
Descrição:	Conceitos básicos que caracterizam os movimentos oscilatórios, como frequência e amplitude
Endereço eletrônico:	<a href="http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/microwaves">http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/microwaves</a>
Data de publicação:	2008
Detentor do direito autoral:	University of Colorado at Boulder. Physics Education Technology (PhET)
Licença:	All PhET software is Copyright (c) The University of Colorado, under the GNU General Public License (GPL). Anyone can have access to the source code and make changes in it. According to the GPL, the source code for any changes someone makes to the software must, in turn, be made publicly available by the party that makes the changes. This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details
Submetido por:	Universidade de Brasília (UnB)
URI:	<a href="http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/2926">http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/2926</a>
Disponível em:	Ensino Médio: Física: Animações/Simulações

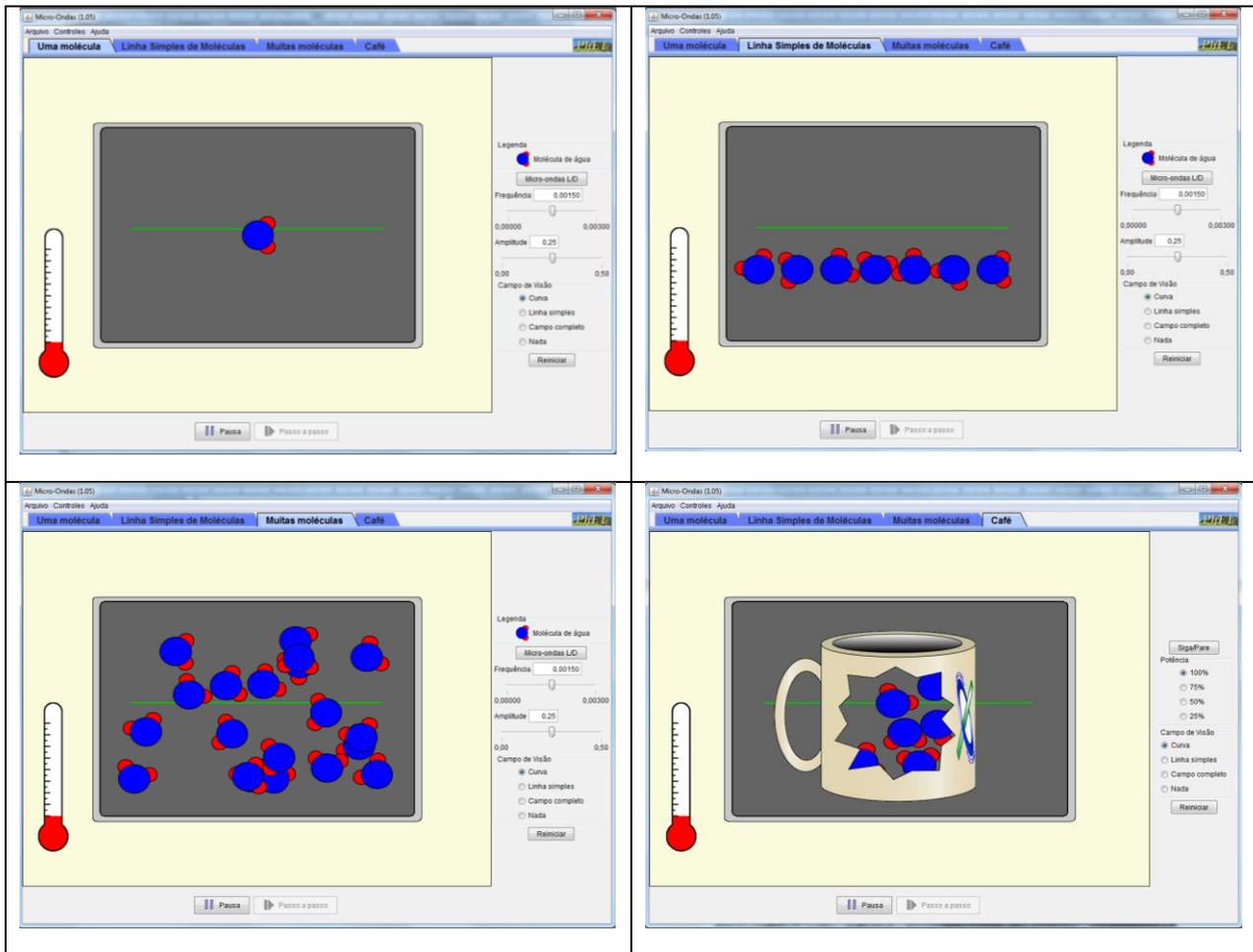


Figura 1 – Imagens das telas disponíveis na simulação.

## ENERGIA DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS

A primeira questão do pré-teste (Quadro 2) foi elaborada para investigar a ideia dos estudantes sobre as relações entre radiações eletromagnéticas e energia. Esperava-se que os estudantes respondessem que quanto maior a frequência maior a energia da radiação eletromagnética. Apesar de a maioria dos estudantes (61%) ter interpretado corretamente a figura e o enunciado da questão, um número significativo deles (39%) não apresentou resposta satisfatória. Acredita-se que houve dificuldade na interpretação da questão, mas a esse respeito não foi feita investigação mais aprofundada. As demais questões do pré-teste são discutidas adiante.

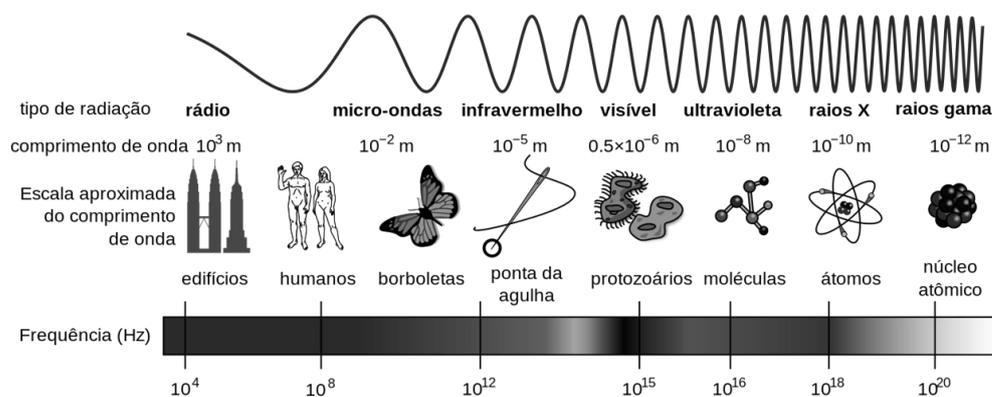
## TRABALHANDO COM A SIMULAÇÃO

O roteiro operacional (Quadro 3) incluiu instruções para uso da simulação e questões para os estudantes responderem à medida que as variáveis frequência, amplitude e número de moléculas fossem manipuladas. Nesta etapa – Passos 1 a 3 do roteiro – utilizou-se a primeira aba da simulação, “Uma Molécula”, e foi selecionada uma frequência relativamente baixa da radiação eletromagnética, que faz com que o movimento da molécula de água seja mais lento, e amplitude máxima, para destacar a indicação das setas que representam a orientação do campo elétrico. A maioria dos estudantes indicou, como esperado, que a molécula de água gira na presença do campo

(89% das respostas ao item “a”) e que quando a molécula de água é submetida à radiação microondas, os átomos de oxigênio orientam-se na mesma direção do campo elétrico (86% das respostas ao item “b”). Esse resultado sugeriu que a simulação foi eficiente em mostrar o efeito da radiação sobre a molécula de água. Dois dos estudantes que fizeram associações coerentes levaram em consideração, nas suas respostas, a carga elétrica e a eletronegatividade dos átomos, numa tentativa e justificar a orientação espacial da molécula frente ao campo. Alguns estudantes também relacionaram a agitação da molécula de água com a temperatura do sistema, embora esta questão não tivesse sido posta naquele momento. As respostas dos estudantes que não responderam conforme esperado sugeriram dificuldades em expressar o que estava sendo observado.

**Quadro 2** – Questionário pré-teste.

1. As radiações eletromagnéticas são dispostas em uma escala chamada espectro eletromagnético. Neste espectro as radiações são organizadas de acordo com o seu comprimento de onda e sua frequência, iniciando pelas ondas de rádio que tem menor energia até os raios gama que tem a maior energia como pode ser visto abaixo:



Qual a relação entre a frequência da radiação e sua energia?

2. Quando se coloca uma xícara de porcelana ou de plástico com leite para aquecer no forno de micro-ondas notamos que o leite esquenta, porém a alça da xícara não esquenta. Porque isso ocorre?
3. “Por que as folhas das árvores são verdes, e as flores apresentam um leque de cores tão variado de dia, mas de noite, na falta da luz do sol, não percebemos essas cores? Por que, ainda sob efeito da luz do sol, a maior parte dos materiais, incluindo a nossa pele, sofre aquecimento, podendo inclusive apresentar queimaduras, enquanto de noite esse efeito não se pronuncia?”

Oliveira, L. F. C. Espectroscopia Molecular.

**Química Nova na Escola**, n. 4, maio de 2001.

As observações feitas pelo autor acima se explicam pela interação da radiação com a matéria. As radiações eletromagnéticas podem interagir com a matéria de diversas formas.

Diante do exposto, proponha uma explicação de como um alimento é aquecido no forno de micro-ondas. Você pode responder com palavras e/ou desenhos.

**Quadro 3** – Roteiro operacional para uso da simulação.

**Passo 1:** Na aba, “Uma molécula” ajuste a frequência para próximo de 0,00030.

**Passo 2:** Ainda nesta aba ajuste a amplitude para o máximo.

**Passo 3:** Inicie a simulação clicando em “Micro-ondas L/D”, e observe o movimento da molécula de água.

- a) O que acontece com a molécula de água quando submetida à radiação de micro-ondas?
- b) Há alguma regularidade entre o movimento da molécula e as setas que representam o campo magnético? Qual?

**Passo 4:** Na aba “Linha Simples de Moléculas” ajuste a frequência da radiação para próximo de 0,00030, acione o botão Micro-ondas L/D”. Observe as “moléculas” de água e o termômetro por aproximadamente 30 segundos.

**Passo 5:** Ainda nesta aba ajuste a frequência para seu valor máximo e observe as “moléculas” e o termômetro por aproximadamente 30 segundos.

- c) Descreva o observado no passo 4.
- d) Descreva o observado no passo 5.
- e) Existe alguma relação entre o movimento da molécula e a temperatura? Qual?

**Passo 6:** Na aba “Uma molécula” clique no botão “Reiniciar” e em seguida no botão “Micro-ondas L/D”.

**Passo 7:** Na aba “Linha Simples de Moléculas” clique no botão “Reiniciar” e em seguida no botão “Micro-ondas L/D”.

**Passo 8:** Na aba “Muitas moléculas” clique no botão “Micro-ondas L/D”

Alterne entre as três abas da simulação repetidas vezes observando o que ocorre com as moléculas e com a temperatura do sistema em cada caso.

- f) Descreva em detalhes o observado.

Seguindo o roteiro operacional, utilizou-se a segunda aba da simulação, “Linha Simples de Moléculas”, selecionando inicialmente uma baixa frequência para as microondas e, em seguida, alta frequência – Passos 4 e 5. Todos os estudantes perceberam que em baixas frequências a agitação das moléculas de água é menor e a temperatura do sistema é inferior àquela do sistema submetido às microondas de maior frequência. Dessa forma, todos responderam adequadamente que a temperatura do sistema apresenta relação direta com a agitação das moléculas que o constituem. Apesar da associação correta, algumas respostas dos estudantes pareceram indicar que a temperatura é entendida como um fator independente da energia das moléculas. Cerca de 43% dos estudantes usou termos científicos em suas respostas: *energia*, *calor*, *frequência*. Um número muito reduzido (7%) utilizou o termo *energia cinética*. Considerando que são estudantes de 2º e 3º ano do ensino médio, essa observação sugere que parte dos estudantes não havia se apropriado

anteriormente do conceito de “energia cinética” associado ao movimento das partículas. O uso da simulação possibilitou rediscutir esse conceito.

Submetendo os sistemas apresentados nas três primeiras abas da simulação (“Uma Molécula”, “Linha Simples de Moléculas” e “Muitas Moléculas”) à mesma frequência, foi proposta a verificação da influência do número de moléculas sobre a temperatura do sistema – Passos 6 a 8. Quanto maior o número de moléculas de água submetidas à radiação de microondas, maior é o atrito entre elas, resultando na liberação de energia na forma de calor e aumentando a temperatura do sistema (Fortuny, 2008). A porcentagem dos estudantes que associaram o número de moléculas à elevação da temperatura foi bastante alta (75%). Dentre os alunos que não conseguiram relacionar dessa forma, alguns citaram o aumento de temperatura, porém não consideraram o fato do número de moléculas ser maior em algumas situações. Outros não perceberam que a frequência era a mesma em todos os sistemas e relataram que quanto maior a frequência maior a temperatura.

## EVOLUÇÃO DAS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES

A fim de comparar as concepções iniciais dos estudantes com as suas ideias após a utilização da simulação, foi perguntado no pré-teste (Quadro 2, questão 2) e no pós-teste (Quadro 4, questão 1) porque ao colocar uma xícara com leite para aquecer em um forno de microondas, o leite se aquece, mas a alça da xícara não. As respostas a esta pergunta no pré-teste mostraram que poucos estudantes (apenas três, 11% do total) já tinham o conhecimento de que são as moléculas de água contidas nos alimentos que interagem com a radiação de microondas, produzindo o aquecimento. Outros estudantes justificaram valendo-se das propriedades das substâncias como calor específico, densidade e modelo cinético molecular.

A intenção da simulação era de que os alunos buscassem as explicações dos fenômenos macroscópicos (aquecimento do leite e não da alça da xícara) no “mundo submicroscópico”. Na resposta ao pós-teste, percebeu-se melhoria nas associações dos estudantes, de 11% para 25%. O número de estudantes com dificuldades em explicar o fenômeno estudado ainda é elevado, mas considera-se que houve melhora em suas concepções. Algumas respostas, embora coerentes, não foram computadas por não demonstrarem uma percepção clara da interação da radiação com as moléculas de água presentes no leite.

### Quadro 4 – Questionário pós-teste

1. Quando se coloca uma xícara de porcelana ou de plástico com leite para aquecer no forno de micro-ondas notamos que o leite esquenta, porém a alça da xícara não esquenta. Por que isso ocorre?
2. A quantidade de água em um alimento influencia em seu aquecimento? Explique.
3. Explique através de palavras e/ou desenhos o funcionamento de um forno de micro-ondas explicitando a interação dessa radiação com a molécula de água.
4. Em sua opinião, a simulação computacional contribuiu para a sua aprendizagem sobre micro-ondas? Por que?
5. Você identifica algum conteúdo escolar que seria melhor entendido com a utilização de uma simulação computacional? Qual?

No pós-teste também foi solicitado que os estudantes explicassem se a quantidade de água presente em um alimento influenciaria ou não no seu aquecimento (Quadro 4, questão 2). A maior

parte dos estudantes (75%) respondeu coerentemente a esta questão. Acredita-se que para responder, esses estudantes consideraram o comportamento dos sistemas mostrados na simulação (“Uma Molécula”, “Linha Simples de Moléculas” e “Muitas Moléculas”), em que o número de moléculas apresentava implicação direta no aumento de temperatura daqueles sistemas. Acredita-se que se alguns estudantes que responderam adequadamente a esta pergunta, teriam elementos para responder à questão anterior (o leite se aquece, mas a alça da xícara não), porém, por alguma razão não reavaliaram respostas anteriores.

No pré-teste foi solicitado aos estudantes que tentassem explicar como um alimento é aquecido no forno de microondas (Quadro 2, questão 3). Essa questão foi novamente apresentada no pós-teste (Quadro 4, questão 3), dessa vez, explicitando a interação da radiação com a molécula de água. Parte dos estudantes optou por responder a essa questão com desenhos. Alguns desenhos sugeriram que as moléculas de água responsáveis pelo aquecimento são aquelas presentes dentro do forno e não aquelas contidas nos próprios alimentos. Nas respostas escritas também não houve explicitação de que são as moléculas de água contidas nos alimentos que se agitam em virtude da interação com a radiação de microondas, promovendo o aquecimento. Esse aspecto foi abordado com os estudantes durante as discussões da atividade.

## **IMPRESSÕES DOS ESTUDANTES SOBRE A SIMULAÇÃO**

Questionados sobre a contribuição do uso da simulação para a aprendizagem do tema (Quadro 4, questão 4), 89% dos estudantes avaliaram positivamente a atividade, justificando que o recurso mostra um fenômeno que seria mais difícil compreender quando apenas imaginado e que a simulação mostra o que não conseguimos ver a olho nu. Um estudante mencionou que “acreditava que as moléculas se chocavam por causa da elevação da temperatura e não o contrário”. Percebe-se nesse relato que a interação entre as concepções prévias do estudante e a experiência de uso da simulação possibilitou uma evolução em suas concepções (Mortimer, 1996). Isso demonstra um resultado importante alcançado com o uso da simulação, que possibilitou a compreensão do fenômeno colaborando para o processo de ensino-aprendizagem.

Na avaliação da atividade, os estudantes mencionaram que conteúdos de Física (campo elétrico, ondas, inércia), Matemática (gráficos, trigonometria), Biologia (citologia) e Química (interações intermoleculares, reações químicas) poderiam ser melhor compreendidos com o uso de simulações computacionais. Possivelmente, os conteúdos mencionados são aqueles que estavam sendo estudados no momento e, portanto, lhes vieram à memória mais facilmente.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização de simulações computacionais pode colaborar para a visualização de modelos de entidades submicroscópicas e, portanto, representa um recurso facilitador da elaboração conceitual e do desenvolvimento da capacidade de representação dos estudantes. É fundamental, porém, a mediação do professor visto que as representações contidas nas TIC são muitas vezes complexas e a transposição para a explicação de fenômenos macroscópicos nem sempre é simples. Além disso, como esses aplicativos são baseados em modelos de situações reais, é importante que esses modelos e os limites de sua validade estejam bem claros para o professor e para os estudantes.

Ao propor o uso de uma simulação, é importante ter clareza de quais são os objetivos da atividade e definir a melhor forma de inseri-la em uma sequência didática. O professor pode usar todos os recursos que a simulação oferece ou selecionar alguns aspectos que julgar mais adequados aos seus objetivos pedagógicos. O direcionamento dado nas instruções da atividade, atribuindo

maior ou menor grau de responsabilização aos estudantes, e uma postura mais questionadora do professor podem contribuir para uma atividade de caráter mais investigativo, favorecendo a construção de ideias e uma aprendizagem mais significativa.

## REFERÊNCIAS

- Barboza, A. C. R. N.; Cruz, C. M. S.; Graziani, M. B.; Lorenzetti, M. C. F.; Sabadini, E. (2001). Aquecimento em forno de microondas – Desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. *Química Nova*, 24(6), 901-904.
- Brasil. Ministério da Educação (2002). *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*, v.2. Brasília: MEC/SEMTEC.
- Brasil. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica (2006). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Orientações curriculares para o ensino médio*, v.2. Brasília: MEC/SEB.
- Fortuny, M., Ramos, A. L. D., Dariva, C., Egues, S. M. S., Santos, A. F., Nele, M., Coutinho, R. C. C. (2008). Principais aplicações das microondas na produção e refino de petróleo. *Química Nova*, 31(6), 1553-1561.
- Gabini, W.S., Diniz, R.E.S. (2007). A experiência de um grupo de professores envolvendo ensino de Química e Informática. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1), 9-20. Acesso em 29 maio, 2018, <http://www.scielo.br/pdf/epec/v9n1/1983-2117-epec-9-01-00009.pdf>
- Macêdo, J. A. de; Voelzke, M. R. (2014). As concepções prévias, os recursos tradicionais e as tecnologias digitais no ensino de astronomia. *Imagens da Educação*, 4(3), 49-61.
- Machado, A. S. (2016). Química e Sociedade: Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 38(2), 104-111.
- MATIAS, J.C. Simulações computacionais no ensino de Química: Estudando micro-ondas. 2017. 40f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- Moreno, E. L., Heidelmann, S. P. (2017). Recursos instrucionais inovadores para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 39(1), 12-18.
- Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 20-39.
- Paula, H. F. (2015). As Tecnologias de Informação e Comunicação, o ensino e a aprendizagem de Ciências Naturais. In: MATEUS, A. L. (Org.) *Ensino de Química mediado pelas TICS* (Cap.7, p.187). Belo Horizonte: Editora UFMG
- Quadros, A. L.; Silva, D. C.; Andrade, F. P.; Aleme, H. G.; Oliveira, S. R.; Silva, G.F. (2011). Ensinar e Aprender Química: A percepção dos professores do Ensino Médio. *Educar em Revista*, 40, 159-176.
- Ribeiro, A. A.; Greca, I. M. (2003). Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: Uma revisão de literatura publicada. *Química Nova*, 26(4), 542-549.

Rolando, U. G. R.; Rolando, R. F. R.; Moreno, E.L.; Salvador, D. F.; Luz, M. R. M. P. (2015). Integration between Internet and Chemistry Teaching Practice. *Revista Virtual de Química*, 7, 864-879.

Vasconcelos, F. C. G. C. (2015). *Levantamento e análise das Simulações do PhET para o ensino e aprendizagem de Química*. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – SP, Águas de Lindóia: 2015. **Anais...** Águas de Lindóia, SP. Acesso em 01 jun. 2018, <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/trabalhos.htm>