

USO DE SIMULAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS MENTAIS SOBRE ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA

Andressa Silva dos SANTOS¹Gabriela Martins PIVA²Gustavo Bizarria GIBIN³

RESUMO: Neste estudo foram investigados os modelos mentais de alunos da terceira série do Ensino Médio sobre o conceito de mudanças de estados físicos da matéria, por meio do uso de TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação). O referencial teórico adotado é a teoria de modelos mentais de Johnson-Laird. Utilizou-se um simulador para visualização em nível submicroscópico e uma breve aula teórica a fim de aprimorar os modelos mentais dos alunos sobre o conceito abordado. A coleta de dados foi realizada através de um questionário que continha perguntas e instruções sobre como utilizar o simulador. Foram analisadas individualmente as interpretações dos alunos sobre o que visualizaram no simulador e sobre os conceitos abordados. Os alunos apresentaram algumas dificuldades nos conceitos apenas abordados na teoria, porém, com o uso de TICs as dificuldades foram menores. A metodologia se mostrou interessante para a investigação de modelos mentais por meio do uso de TICs.

Palavras-chave: Modelos mentais. TIC. Simuladores. Mudanças de estados físicos. Ensino de Química.

1. INTRODUÇÃO

O acesso à informação está cada vez mais fácil com o uso de tecnologias, como a internet. Há diversas áreas a serem exploradas para o aperfeiçoamento da educação. Dessa forma, professores estão cada vez mais adaptando seus conteúdos a fim de introduzir tais tecnologias na sala de aula. Com a possibilidade do uso de vídeos em salas de aula, por exemplo, foi possível ter um melhor

¹ Discente do segundo ano do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” de Presidente Prudente. andressa_ss27@hotmail.com. Bolsista do Programa de Bolsas de Graduação – Núcleo de ensino.

² Discente do segundo ano do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” de Presidente Prudente. gabipiva@outlook.com. Bolsista do Programa de Bolsas de Graduação – Núcleo de ensino.

³ Docente do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” de Presidente Prudente. Doutor em Ciências pelo programa de Pós-Graduação em Química. UFSCAR (2013). gustavogibin@fct.unesp.br. Orientador do trabalho.

entendimento das aulas teóricas. Hoje, pode-se obter como auxílio nas aulas teóricas o uso dos simuladores (Valente, 1999, p.9).

Os simuladores são programas que trazem modelos de um sistema ou processo. Além disso, são recursos pedagógicos que possibilitam incentivar o interesse dos alunos, tornando o ambiente escolar mais dinâmico, em que há mais interação dos alunos com conteúdos teóricos e práticos. (Melo e Melo, 2005, p.56).

A Ciência deve ser compreendida tanto na teoria, quanto na prática. Por isso, a metodologia tradicional causa desinteresse aos alunos pela falta da visualização e de interação sobre os conceitos abordados. A Química faz parte das Ciências Naturais, e é difícil de ser ensinada quando há falta de recursos experimentais. Portanto, o uso de simuladores no ensino de Química seria um recurso de fácil acesso para suprir tais necessidades, porém, apenas complementam os recursos já existentes como livros, vídeos, aulas teóricas, etc., e o seu uso não visa substituição dos demais recursos didáticos. Valente (1993, p. 11) comenta sobre o uso de computadores no ensino de Química:

“envolve a criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real. Estes modelos permitem a exploração de situações fictícias, de situações com risco, como manipulação de substância química ou objetos perigosos; de experimentos que são muito complicados, caros ou que levam muito tempo para se processarem”.
(VALENTE, 1993, p. 11)

Ao utilizar simuladores no ensino, o objetivo principal é proporcionar um auxílio para a construção de modelos mentais dos alunos, no qual possibilite expandir seus conhecimentos sobre conceitos químicos, resultando em modelos mais sofisticados que os modelos iniciais. (Borges, 1997, p. 207).

Segundo Johnson-Laird (1983, p.126), modelos mentais são a representação interna de informações, conceitos ou fenômenos que correspondem a determinados eventos, ou seja, como os alunos constroem imagens, com o intuito de facilitar a aprendizagem, sobre os diversos temas abordados. As principais características dos modelos mentais, segundo Norman, Gentner e Stevens (1983, p. 8) são:

incompletos - geralmente as pessoas possuem a habilidade de “executar” seus modelos mentais de forma muito limitada; instáveis - as pessoas esquecem detalhes do modelo; não têm fronteiras bem definidas - operações e conceitos semelhantes são confundidos; são “não científicos” - as pessoas mantêm padrões de comportamento “supersticiosos”, mesmo quando sabem que não são necessários, assim, os modelos mentais de uma pessoa refletem suas crenças sobre o sistema em estudo e, por fim, são econômicos - os modelos elaborados tendem a ser o mais simples possível.

Além da aula tradicional, na qual os alunos atuam apenas como ouvintes, há formas mais atrativas para auxiliar a construção do modelo mental de forma mais coerente com o modelo científico. Com o uso dos simuladores, os alunos podem ter uma atuação mais ativa nas aulas, interagindo de forma mais direta com as atividades propostas. De acordo com a autora Oblinger (1993, p.246):

“As instituições consideram a instrução multimídia mais eficiente por causa dos sentidos que são envolvidos durante o processo de aprendizagem. Se o professor fica na frente da sala e apenas fala com os alunos, eles irão reter somente cerca de 20% do que ouvem. Alunos que vêem e ouvem informações, podem reter cerca de 40% da informação que é transmitida. Mas estudantes que vêem, ouvem e que estão ativamente envolvidos no processo de aprendizagem, retêm aproximadamente 75% das informações”.(OBLINGER, 1993, p. 246)

O processo de compreensão da Química, segundo Johnstone (2000, p.35) envolve três diferentes níveis representacionais: macroscópico, submicroscópico e simbólico. Para estabelecer uma relação entre esses níveis, o uso de simuladores é apropriado, aperfeiçoando assim os modelos mentais dos alunos, tornando-os mais adequados. Segundo o autor Borges (1997, p.207), modelos mentais são usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem os sistemas físicos com os quais interagem.

O conceito químico abordado no trabalho é dos estados físicos da matéria, sendo assim, os modelos mentais dos alunos que podem ser considerados mais adequados são aqueles que mais se aproximam da teoria. Por exemplo, sólidos representados com as partículas mais próximas; o líquido é representado com as partículas com maior liberdade de movimento e mais distantes do que as partículas no estado sólido; o estado gasoso é representado com as partículas livres e mais distantes do que as partículas no estado líquido (Nóbrega, Silva e Silva, 2008, p. 32). Outro tema abordado dentro desse conceito é ponto de fusão e ponto de ebulição, no qual um modelo considerado adequado seria relacionar a temperatura como um fator para a mudança de estados físicos. (Nóbrega, Silva e Silva, 2008, p.53).

É válido ressaltar que não há um modelo mental padrão que deve ser obedecido completamente, levando-se em consideração que são modelos internos, construído na mente de alguém e que, dificilmente, é capaz avaliá-lo sem considerar a individualidade (Gibin, Ferreira, 2012, p.10). Na verdade, segundo Johnson-Laird (1983, p. 126), existem inúmeros modelos mentais de um mesmo conceito que possa ser considerado adequado, mesmo que diferentes. Por isso, é importante que eles sejam avaliados individualmente em sala de aula.

Portanto, o uso de TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação), por meio dos simuladores no ensino de Química para o Ensino Médio tem o potencial de tornar a disciplina mais atrativa e compreensível, contribuindo para a formação de modelos mentais mais adequados dos alunos. (Silveira, Nunes e Soares, 2013, p.11).

2. Questão De Pesquisa

Quais são os modelos mentais dos alunos do Ensino Médio, construídos a partir de aulas teóricas e do uso de simuladores sobre mudanças de estados físicos?

3. Objetivo

Aprimorar e analisar os modelos mentais de alunos da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública de Presidente Prudente - SP sobre mudanças de estados físicos através aplicação de simuladores, de um resumo teórico e de um questionário.

4. Metodologia

Realizou-se uma atividade com uso de simuladores sobre o conceito de mudanças de estados físicos com quatro turmas de terceira série do Ensino Médio, da Escola Estadual Fernando Costa, do município de Presidente Prudente – SP. Inicialmente uma breve aula teórica foi aplicada para as turmas. A atividade foi realizada na sala de informática. A aula teórica teve uma duração de aproximadamente 15 minutos, na qual os alunos acompanhavam a discussão com um resumo do conteúdo impresso. Após essa introdução foi entregue um questionário com instruções e perguntas sobre o simulador. Os estudantes realizaram as atividades propostas no simulador Estados Físicos da Matéria, desenvolvido pelo grupo PhET da University of Colorado-Boulder. Todos os alunos puderam tirar dúvidas sobre a utilização dos simuladores.

4.1. Resumo Teórico

Iniciou-se a intervenção didática com a distribuição de um resumo teórico para cada aluno. O resumo estava dividido em quatro tópicos. O primeiro explicava e exemplificava a diferença entre fenômenos físicos e fenômenos químicos. O segundo definia os estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso) e especificava as mudanças de estado (fusão, solidificação, vaporização, liquefação (condensação) e sublimação) com auxílio de figuras com representações em nível submicroscópico. O terceiro tópico definia os fatores temperatura e pressão. Por fim, o quarto explicava de forma breve o significado de átomos e de moléculas.

4.2. Simulador

A simulação, nomeada Estados da Matéria em sua versão em português, é de fácil acesso a professores e alunos. Desenvolvida pelo grupo PhET da University of Colorado-Boulder, pode ser baixada gratuitamente através do site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Essa simulação traz os modelos de algumas substâncias nos estados físicos sólido, líquido e gasoso, permitindo a interação do usuário para as mudanças desses estados. Sua interface está representada na figura 1.

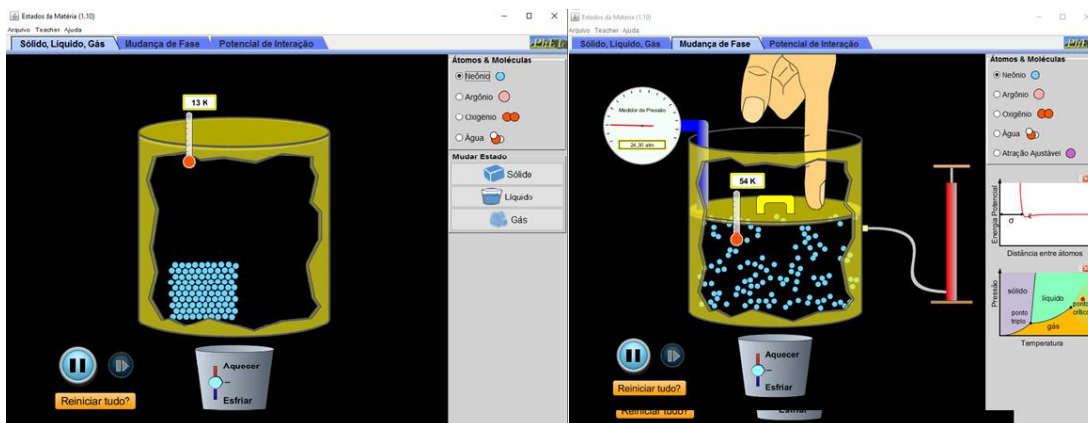


Figura 1 – Interface do simulador Estados da Matéria.

Na aba ao lado direito, o usuário pode selecionar a substância a ser trabalhada (neônio, argônio, oxigênio e água) e o estado físico em que se encontra. Também é possível observar, junto com a mudança de estado, a relação com a temperatura e pressão. O próprio usuário pode controlar ambos os fatores; a temperatura é diretamente modificada através do aquecimento/resfriamento e a pressão é diretamente modificada através da “tampa” do recipiente e do aumento da quantidade de substância através da bomba ao lado direito.

4.3. Questionário

Para a coleta de dados foi aplicado um questionário com instruções sobre o uso do simulador e com perguntas sobre os conceitos abordados na aula teórica e sobre o que foi observado. O questionário foi organizado para a posterior análise em cinco tópicos, apresentados a seguir:

4.3.1. Parte I - Observar como os átomos e as moléculas se comportam nos três estados físicos da matéria.

Os alunos deveriam seguir as instruções de como utilizar o simulador, observar e desenhar o comportamento de cada substância (neônio, argônio, oxigênio e água) em seus estados físicos (sólido, líquido e gasoso), com o preenchimento da tabela no espaço adequado.

4.3.2. Parte II - Relembrando alguns conceitos importantes.

Os alunos deveriam definir os conceitos solicitados, que foram abordados tanto na aula teórica quanto no resumo teórico: (A) ponto de fusão e ponto de ebulição; (B) fusão, solidificação, vaporização, liquefação (condensação) e sublimação; (C) pressão e temperatura.

4.3.3. Parte III - Fator pressão e a sua influência na mudança de fase das substâncias.

Os alunos deveriam seguir as instruções de como utilizar o simulador, observando qual era o comportamento da temperatura quando a pressão era aumentada e, também, a mudança de estado físico que ocorria devido a essa variação e explicar o fenômeno observado.

4.3.4. Parte IV - Fator temperatura e a sua influência na mudança de fase das substâncias.

Os alunos deveriam seguir as instruções de como utilizar o simulador, observando qual era o comportamento das substâncias (neônio, oxigênio e água) quando havia variação da temperatura e indicar o estado físico em que se encontrava em cada caso.

4.3.5. Parte V: Conclusão

Para finalizar a atividade os alunos deveriam explicar se o que foi observado no simulador era um fenômeno físico ou um fenômeno químico

5. DESENVOLVIMENTO

5.1. Simulador

O simulador de Estados da Matéria é de fácil manuseio, não houve problemas por parte dos alunos em sua utilização. As abas contêm títulos de fácil entendimento e a interação com o simulador é bastante intuitiva, sendo todos os itens operados com apenas o *mouse*.

5.2. Questionário

Os questionários foram respondidos pelos alunos, individualmente, permitindo que seus modelos mentais fossem expressos. A atividade teve a participação de um total de 111 alunos, com a análise dividida em cinco tópicos, como descrita anteriormente.

5.2.1. Parte I: Observar como os átomos e as moléculas se comportam nos três estados físicos da matéria

Na parte I foram analisados como elementos dos modelos mentais a distância entre átomos e moléculas e a energia cinética. Como um complemento da resposta, os alunos poderiam representar as diferenças entre raio atômico e moléculas monoatômicas, diatômicas ou triatômicas das substâncias utilizadas. Os dados analisados estão quantificados na tabela 1.

Parte I			
Categoria	Modelo adequado(%)	Modelo parcialmente adequado (%)	Total de alunos que atenderam o modelo parcialmente adequado e/ou totalmente adequado (%)
Distância entre átomo/molécula	100,00	0,00	100,00
Energia cinética	10,71	10,71	21,43
Raio atômico	14,29	42,86	57,14
Monoatômica, diatômica e triatômica	85,71	10,71	96,43
Modelo completamente adequado	0,00	0,00	0,00

Tabela 1 – Elementos analisados sobre ilustração de estados físicos da atividade.

O raio atômico foi um item não citado na aula teórica, porém estava presente no simulador, uma vez que 17,12% dos alunos conseguiram notar essa diferença de

tamanho entre os átomos adequadamente. Porém 43,24% representou somente o raio atômico na molécula da água ou entre o argônio e neônio, e assim não foi considerado um modelo completamente adequado por estar incompleto. As diferenças entre moléculas monoatômicas, diatômicas e triatômicas foram notadas de modo satisfatório pelos alunos, pois 94,59% atenderam completamente o modelo adequado, e foi um assunto abordado na aula teórica e visto no simulador.

A maior dificuldade dos alunos foi representar a energia cinética, visto que apenas 11,71% consideraram esse item. Já em relação à distância entre átomo/molécula o resultado foi satisfatório, pois 98,20% dos alunos desenvolveram modelos adequados.

Um exemplo de resposta categorizado como “modelo completamente adequado”, representando 0,9% dos alunos, é apresentada na figura 2.




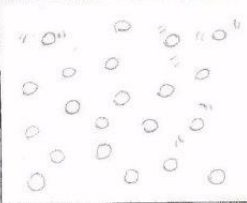

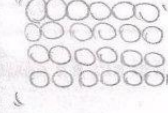

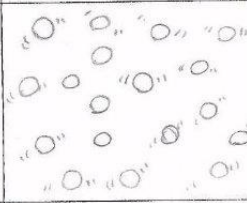


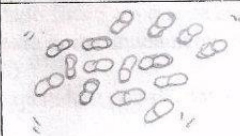




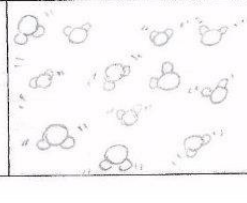
Estado físico	Sólido	Líquido	Gasoso
Substância			
Neônio 			
Argônio 			
Oxigênio 			
Água 			

Figura 2 – Resposta considerada como modelo adequado sobre ilustração de estados físicos.

É possível notar que a energia cinética foi representada de maneira bem simples, com traços ao redor dos átomos, indicando sua movimentação. A distância

entre os átomos ou moléculas também foi representada de forma adequada, com o aumento das distâncias entre espécies representadas no estado sólido para as moléculas no estado gasoso. O raio atômico também foi diferenciado entre o neônio e o argônio e entre o oxigênio e o hidrogênio na molécula de água. As representações monoatômicas, diatômicas e triatômicas das moléculas foram respeitadas.

Sobre o raio atômico, os modelos foram avaliados como “modelo adequado” e “modelo parcialmente adequado”. Por exemplo, na figura 3, o aluno representou a diferença de raio atômico entre oxigênio e hidrogênio na molécula de água, no entanto, na mesma categoria, não foi respeitado entre neônio e argônio. É válido ressaltar que a distância entre as moléculas nos diferentes estados físicos foi considerada adequada.



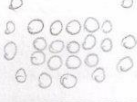




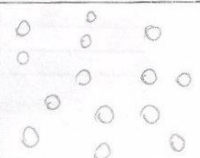






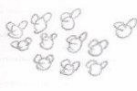

Estado físico Substância	Sólido	Líquido	Gasoso
Neônio 			
Argônio 			
Oxigênio 			
Água 			

Figura 3 – Resposta considerada “parcialmente adequada” da categoria “raio atômico” sobre a representação dos estados físicos.

Em outro exemplo, representado na figura 4, o aluno não ilustrou adequadamente a categoria “monoatômica, diatômica e triatômica” como indicado nos círculos vermelhos. Porém, em certas partes da ilustração essa categoria está

representada adequadamente, ou seja, essa resposta foi considerada como “parcialmente adequada” por estar incompleta. É válido ressaltar que a distância entre as moléculas nos diferentes estados físicos foi considerada adequada.


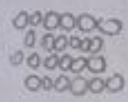

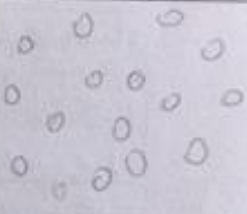

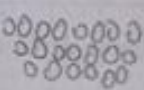
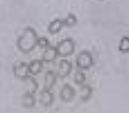
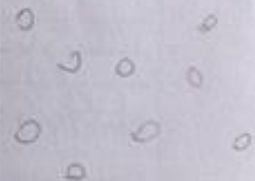

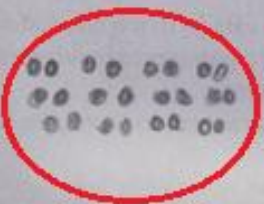





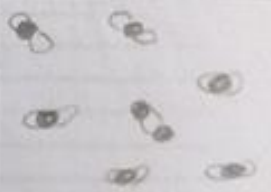
Substância	Sólido	Líquido	Gasoso
Neônio 			
Argônio 			
Oxigênio 			
Água 			

Figura 4 – Resposta considerada “parcialmente adequada” da categoria “monoatômica, diatômica e triatômica” sobre os estados físicos da matéria.

Um exemplo de “modelo parcialmente adequado” na categoria “energia cinética” encontra-se na figura 5, na qual o aluno representou a movimentação com setas em apenas dois quadros, ignorando-a nos demais. É válido ressaltar que a distância entre as moléculas nos diferentes estados físicos e a categoria “monoatômica, diatômica e triatômica” foi considerada adequada.

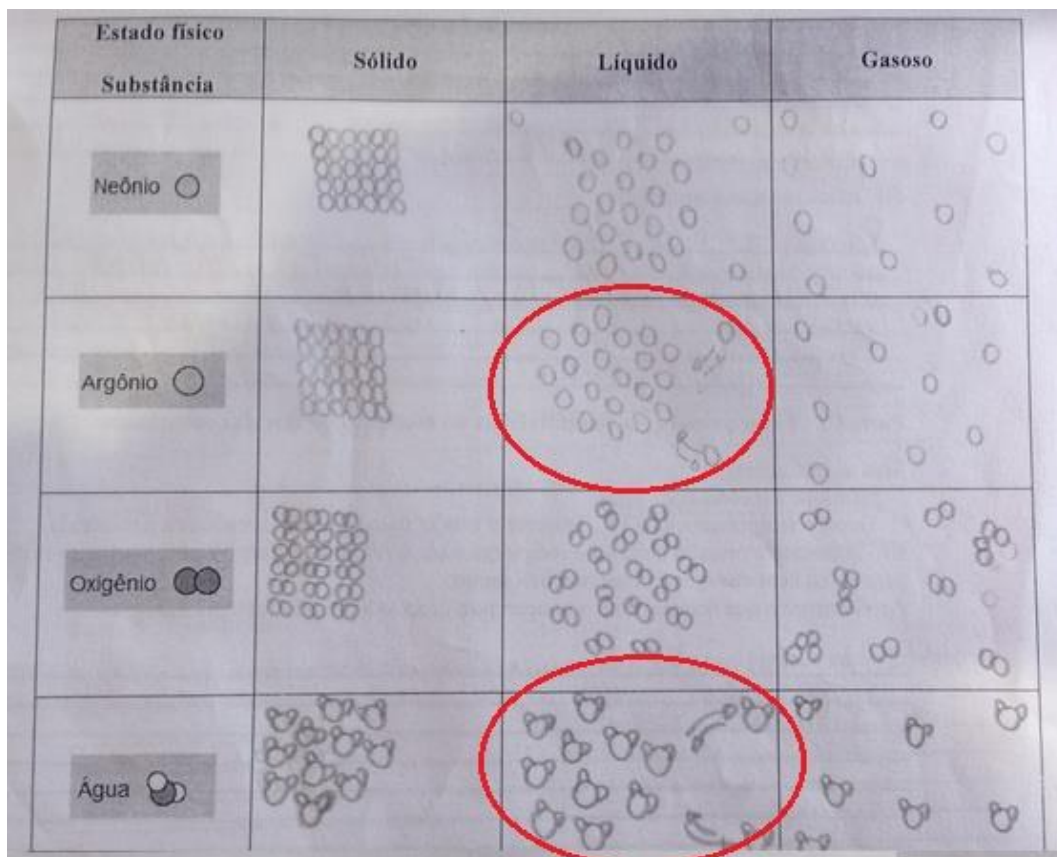


Figura 5 – Resposta considerada “parcialmente adequada” da categoria “energia cinética”.

5.2.2. Parte II - Relembrando alguns conceitos importantes.

Na parte II os alunos responderam sobre o ponto de fusão e de ebulição, com o auxílio do resumo e da aula teórica. Os dados analisados estão quantificados na tabela 2.

Parte II – A	
Categoria	Alunos que atenderam o modelo (%)
Definiu SOMENTE ponto de ebulição	2,70
Definiu SOMENTE ponto de fusão	2,70
Errou ambas as definições	52,25
Acertou ambas as definições	42,34

Tabela 2 – Elementos analisados sobre ponto de fusão e ponto de ebulição da atividade.

Na questão A, foi solicitado para os estudantes definirem “ponto de fusão” e “ponto de ebulição” de acordo com o que foi abordado em aula e com o conteúdo do resumo teórico. Nota-se que os alunos tiveram grandes dificuldades ao definir esses conceitos, pois a maioria (52,25%) não conseguiu relacionar a passagem de temperatura como um fator importante. Um exemplo dessa dificuldade está representado na figura 6.

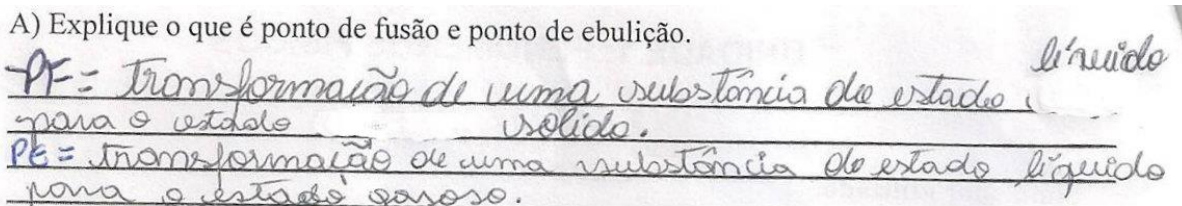


Figura 6 – Resposta considerada como “modelo inadequado” sobre ponto de fusão e ponto de ebulição.

Nota-se que o aluno definiu “ponto de fusão” e “ponto de ebulição” como a mudança de estado, sem relacionar com a temperatura no qual ocorre o fenômeno físico.

Entretanto, 42,34% dos alunos acertaram ambas as definições, considerado assim um “modelo adequado”. Um exemplo de uma resposta completa está na figura 7.

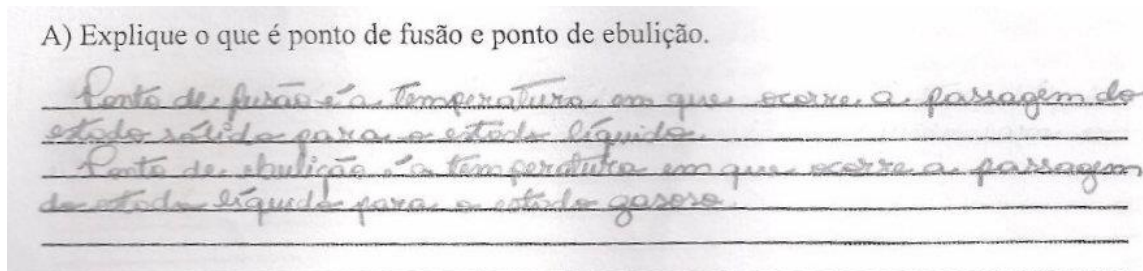


Figura 7 – Resposta considerada como “modelo adequado” sobre ponto de fusão e ponto de ebulição.

Considerando a resposta de “modelo adequado” da figura 7 como uma resposta completa para avaliação dos demais, foi analisado que 2,7% dos alunos acertaram somente a definição de ponto de ebulição e, 2,7% dos alunos acertaram somente a definição de ponto de fusão.

Na questão B foi solicitada a explicação das mudanças de estado físico abordadas na aula teórica e no resumo teórico.

Os dados analisados estão quantificados na tabela 3.

Parte II – B	
Categoria	Alunos que atenderam o modelo (%)
Definiu parcialmente as mudanças de estado	6,31
Não definiu nenhuma mudança de estado corretamente	0,00
Definiu todas as mudanças de estado corretamente	93,69

Tabela 3 – Elementos analisados sobre mudanças de estado físico.

A participação dos alunos nessa questão foi considerada satisfatória, já que 93,69% dos alunos responderam adequadamente e não houve nenhum modelo considerado inadequado.

Um modelo de resposta que atendeu completamente o esperado está representado na figura 8.

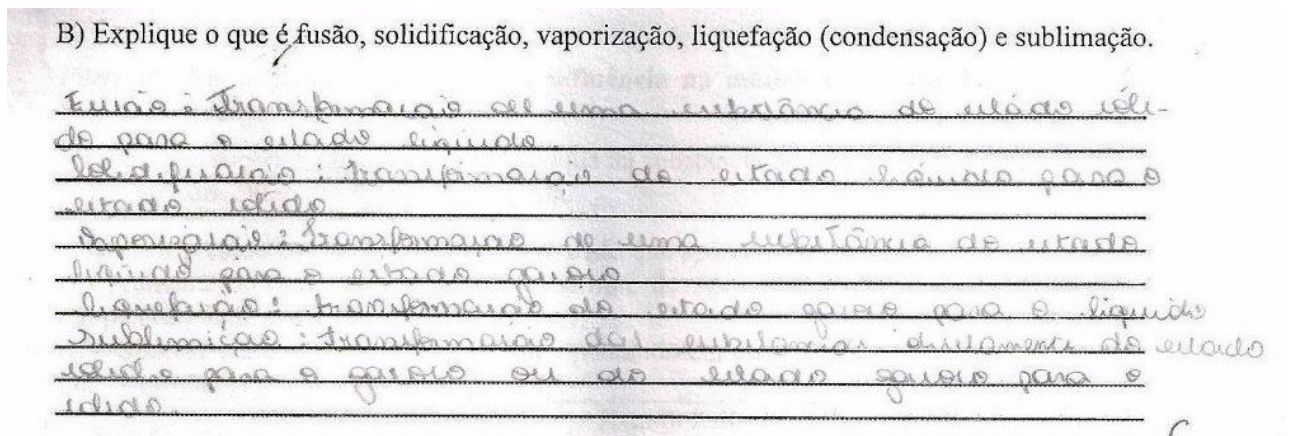


Figura 8 – Resposta considerada como “modelo adequado” sobre mudanças de estado físico.

Os casos considerados “modelos parcialmente adequados”, com 6,31% dos alunos, estão representados na figura 9. Observa-se que o aluno deixou de representar um dos itens esperados ou definiu incorretamente um dos itens.

B) Explique o que é fusão, solidificação, vaporização, liquefação (condensação) e sublimação.

- Fusão é a transformação de uma substância do estado sólido para estado líquido.
- Solidificação é a transformação de estado líquido para o sólido.
- Vaporização transformação de uma substância de estado líquido para o gasoso.
- Liquefação (condensação) transformação do estado gasoso para líquido.

Figura 9 – Resposta considerada como “modelo parcialmente adequado”.

Nessa resposta o aluno deixou de explicar a sublimação, por isso a resposta foi considerada como um “modelo parcialmente adequado”.

Na questão C foi solicitado que os alunos definissem pressão e temperatura, de acordo com a aula teórica e com o resumo teórico. Os dados analisados estão quantificados na tabela 4.

Parte II – C	
Categoria	Alunos que atenderam o modelo (%)
Definiu SOMENTE pressão	4,50
Definiu SOMENTE temperatura	4,50
Errou ambas as definições	1,80
Acertou ambas as definições	89,19

Tabela 4 – Elementos analisados sobre pressão e temperatura da atividade.

Essa questão foi considerada satisfatória, pois 89,19% dos alunos responderam adequadamente. A resposta que atendeu completamente o modelo adequado está na figura 10.

C) Defina pressão e temperatura.

Pressão é a grandeza física que expressa a força exercida sobre uma superfície por unidade de área.
Temperatura é a grandeza física que expressa a agitação das moléculas.

Figura 10 – Resposta considerada como “modelo adequado” sobre pressão e temperatura.

Considerando a resposta de “modelo adequado” da figura 10 como uma resposta completa para avaliação dos demais, foi analisado que 4,5% dos alunos acertaram somente a definição de pressão e, 4,5% dos alunos acertaram somente a definição de temperatura.

Um modelo de resposta que definiu de maneira adequada somente o conceito de temperatura está indicado na figura 11. O conceito de pressão foi definido de forma inadequada.

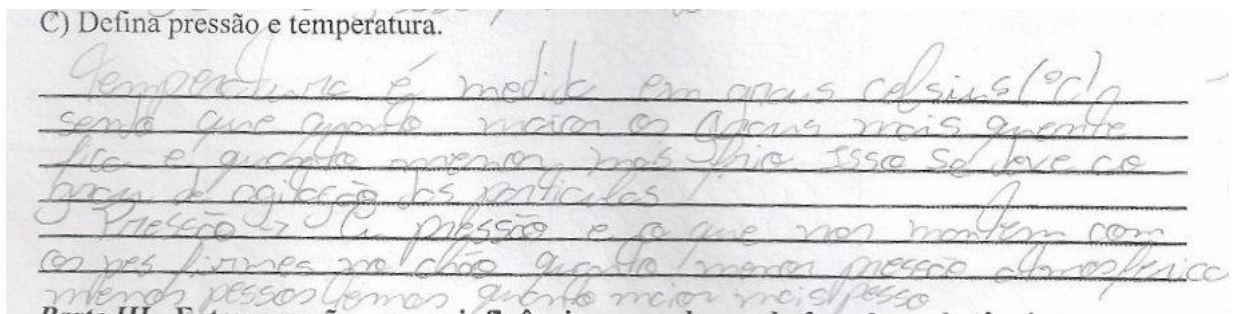


Figura 11- Definição equivocada de “pressão”.

Um modelo de resposta que definiu de maneira adequada somente pressão está indicado na figura 12.

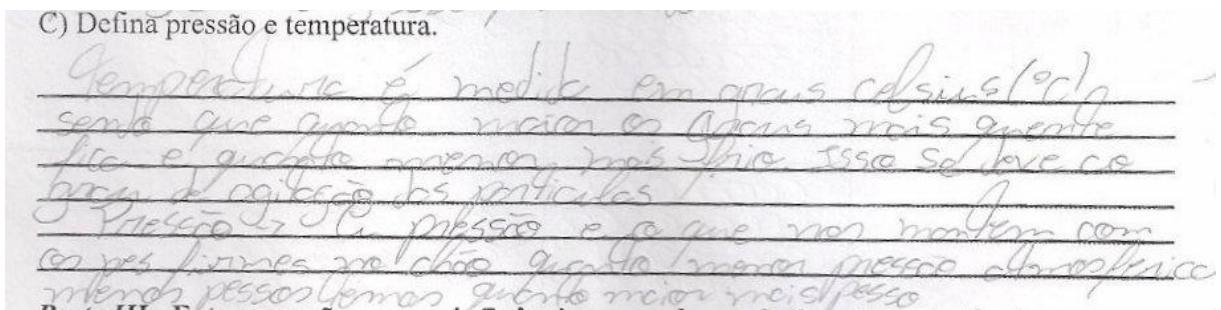


Figura 12 - Definição equivocada de “temperatura”.

No entanto, 1,80% não atenderam ao modelo adequado de ambas as definições, como indicado na figura 13.

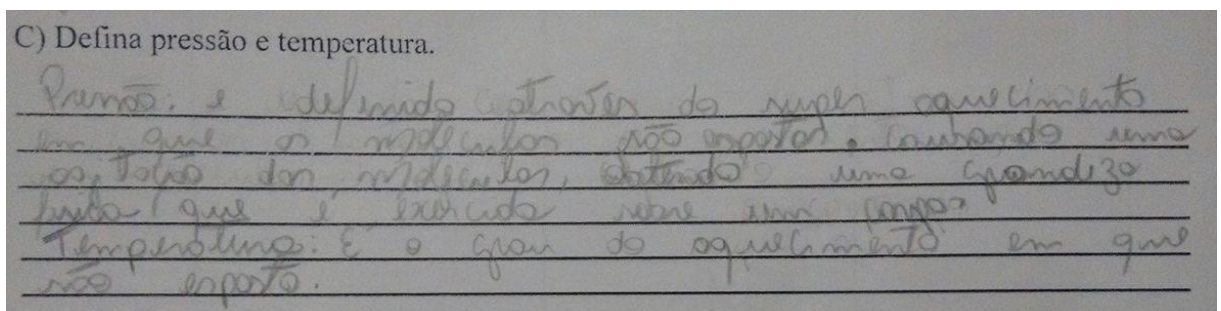


Figura 13 – Resposta considerada como “modelo inadequado” sobre pressão e temperatura.

Nota-se que os alunos confundiram-se ao expressar tais definições, apresentando modelos instáveis, incompletos e “não científicos”, como os autores Norman, Gentner e Stevens (1983, p. 8) defendem.

5.2.3. Parte III - Fator pressão e a sua influência na mudança de fase das substâncias;

Na parte III, de acordo com as instruções dadas no questionário, o aluno deveria observar as influências da pressão com a mudança de estado físico da substância e a temperatura. Os dados analisados estão quantificados na tabela 5.

Parte III – A	
Categoria	Alunos que atenderam o modelo (%)
Citar aumento da temperatura	95,50
Citar grau de agitação	34,23
Modelo completamente adequado	31,53
Não atendeu nenhum dos modelos	0,90

Tabela 5 – Elementos analisados sobre fator pressão e a influência na temperatura.

Na questão A esperava-se que os alunos notassem a proporcionalidade entre a pressão e a temperatura. Uma resposta mais adequada para essa questão encontra-se na figura 14, representando 31,53% dos alunos.

A) Comente o que ocorreu com a temperatura quando a pressão foi aumentada.

C. com o aumento da temperatura e da pressão o grau de agitação das moléculas foi muito maior.

Figura 14– Resposta considerada como “modelo adequado” sobre fator pressão e a sua influência na temperatura.

Nessa questão, 95,50% dos alunos citaram o aumento da temperatura proporcionalmente ao aumento da pressão. Porém, apenas 34,23% citou o grau de agitação das moléculas que relaciona esses dois fatores. Assim, citar a energia cinética foi considerado como um complemento para essa questão.

Essa questão foi considerada satisfatória, pois apenas 0,9% não atendeu nenhum dos modelos, ou seja, não citou o aumento da temperatura e, também, o grau de agitação das partículas.

Na questão B os alunos deveriam relacionar o aumento da pressão com a mudança de estado físico, citando qual era o estado inicial e qual o estado final e concluindo como foi observada essa mudança. Essa observação deveria ser feita através do grau de agitação das moléculas e a distância entre elas. O estado inicial era o ponto de fusão da água, porém como não foi exigido esse conhecimento considerou-se o estado inicial tanto como sólido quanto como líquido. Os dados analisados estão quantificados na tabela 6.

Parte III – B	
Categoria	Alunos que atenderam o modelo (%)
Afirmção da mudança de estado	83,78
Citar estado físico inicial e estado físico final	79,28
Relacionar com o grau de agitação	28,83
Relacionar com a distância entre moléculas	27,03
Modelo completamente adequado	2,70
Modelo inadequado	9,91
Em branco	2,70

Tabela 6 – Elementos analisados sobre fator pressão e a influência na mudança de estado.

Nota-se que nessa questão houve grandes dificuldades, apenas 2,70% dos alunos atenderam o modelo completamente adequado, como indicado na figura 15, ou seja, responderam corretamente as três perguntas presentes na questão, sem deixar em branco ou incompleto.

B) Ocorreu uma mudança de estado físico nesse procedimento? Se sim, qual era o estado físico inicial e estado físico final? Como isso foi observado?

Sim. Estado físico inicial: sólido. Estado físico final: gasoso. Foi observado de acordo com a agitação das partículas e o espaço entre elas.

Figura 15 – Resposta considerada como “modelo adequado” sobre o fator pressão e a influência na mudança de estado.

Um exemplo considerado como “modelo inadequado”, que representa 9,91% dos alunos, está indicado na figura 16.

Figura 16 – Resposta considerada como “modelo inadequado” sobre o fator pressão e a influência na mudança de estado.

Nesse caso, além da resposta estar incompleta, não há coerência quando o aluno afirma que ocorreu uma mudança de estado do “gasoso” para o “gasoso”. Conclui-se que o aluno não entendeu o conceito de mudança de estado físico.

A explicação sobre a mudança de estado físico foi considerada satisfatória, pois 83,78% dos alunos atenderam o modelo adequado dessa categoria. A compreensão sobre a existência de um estado físico inicial e de um estado final também foi considerada satisfatória, pois a maioria (79,28%) dos alunos atendeu o modelo adequado dessa categoria. Os estudantes tiveram dificuldades de compreensão sobre o grau de agitação e a distância entre as moléculas, pois 28,83% e 27,03% dos alunos, respectivamente, não relacionaram a temperatura e a mudança de estado com essas categorias.

5.2.4. Parte IV - Fator temperatura e a sua influência na mudança de fase das substâncias

Na parte IV, seguindo as instruções do questionário, os alunos deveriam relacionar a temperatura com a mudança de estado. Os dados analisados estão quantificados na tabela 7.

Parte IV	
Resultado (11 questões)	Alunos que atenderam o modelo (%)

B) Ocorreu uma mudança de estado físico nesse procedimento? Se sim, qual era o estado físico inicial e estado físico final? Como isso foi observado?

*Alm disse que não mudou, o estado inicial
foi gasoso e o final também gasoso.*

Errou 1	32,43
Errou 2	18,02
Errou 3 ou 4	17,12
Em branco	3,60

Acertou todas
28,83

Tabela 7 – Elementos analisados sobre fator temperatura e sua influência na mudança de fase das substâncias.

Uma resposta considerada adequada, representando 28,83% dos alunos, encontra-se na figura 17.

que a substância se encontra.

Substância	Temperatura (Kelvin)	Estado físico em que a substância se encontra
Neônio (Ne)	15 K	sólido
	26 K	líquido
	92 K	gasoso
	298 K	gasoso
Gás oxigênio (O ₂)	40 K	sólido
	81 K	líquido
	150 K	gasoso
	298 K	gasoso
Água (H ₂ O)	157 K	sólido
	298 K	líquido
	1026 K	gasoso

Figura 17–Resposta considerada como “modelo adequado” sobre o fator temperatura e sua influência na mudança de fase das substâncias.

Do total de onze questões, 32,43% dos alunos erraram apenas uma; 18,02% dos alunos erraram apenas duas e 17,12% erraram entre três e quatro. Apenas 3,6% dos alunos deixaram a questão em branco.

Considerou-se uma questão satisfatória, pois não houve mais de quatro erros de onze questões. Foi possível observar que os erros eram entre estados de comportamento semelhantes na representação do simulador, por exemplo, entre o “líquido” e “gasoso”, pois ambos possuem as partículas dispersas e agitadas, mostrando assim que foi um erro por confusão e pela dificuldade de visualização e não por falta de entendimento do conceito abordado. Portanto, o simulador possui limitações em relação à visualização do estado físico em uma temperatura exata, o que pode comprometer a compreensão sobre uma correlação direta entre a temperatura e o estado físico da matéria.

5.2.5. Parte V: Conclusão

Na parte V os alunos deveriam diferenciar o fenômeno físico (observado no simulador) do fenômeno químico. Os dados analisados estão quantificados na tabela 8.

Parte V	
Categoria	Alunos que atenderam o modelo (%)
Parcialmente explicou o que foi solicitado	11,71
Não explicou o que foi solicitado	36,94
Em branco	2,70
Explicou o que foi solicitado	48,65

Tabela 8 – Elementos analisados sobre fenômenos físicos e fenômenos químicos.

Foi considerada uma questão de grande dificuldade, pois apenas 48,65% atendeu o modelo adequado, representada na figura 18, e consiste em um tema que foi abordado tanto na aula teórica quanto no resumo teórico.

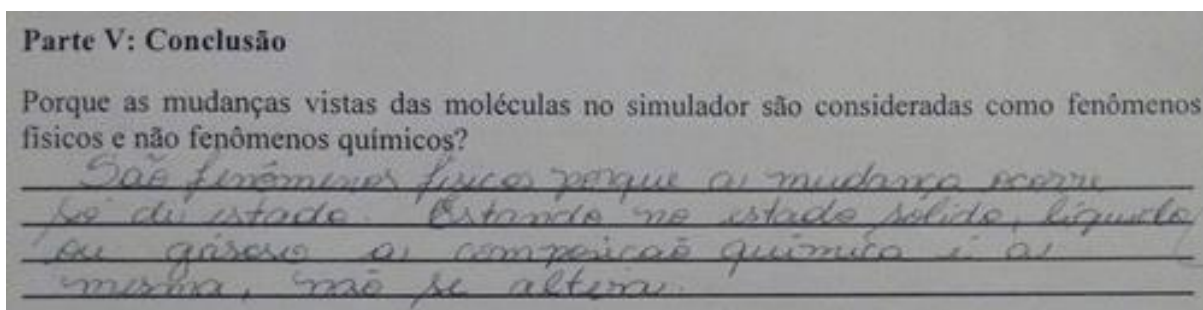


Figura 18 –Resposta considerada como “modelo adequado” sobre os fenômenos físicos e os fenômenos químicos.

Os resultados considerados como “modelos parcialmente adequados”, com 11,71% dos alunos, estão representados na figura 19. Observa-se que o aluno não definiu totalmente a questão ou utilizou algum termo incorreto.

Porque as mudanças vistas das moléculas no simulador são consideradas como fenômenos físicos e não fenômenos químicos?

Porque as substituições depois das mudanças são a mesma distância de uma reação química, mas que os reagentes não são diferentes dos produtos.

Figura 19 – Resposta considerada como “modelo parcialmente adequado” sobre os fenômenos físicos e os fenômenos químicos.

Neste caso, o aluno diferencia corretamente os fenômenos, porém há um equívoco ao dizer que em uma reação química os reagentes *não são* diferentes dos produtos. Por isso a resposta foi considerada parcialmente correta.

Considerando a resposta representada na figura 18 como uma resposta completa para avaliação dos demais, foi avaliado que 36,94% dos alunos não explicaram de acordo com o que foi solicitado. Nessa questão, os alunos utilizaram termos de forma equivocada, como representado na figura 20.

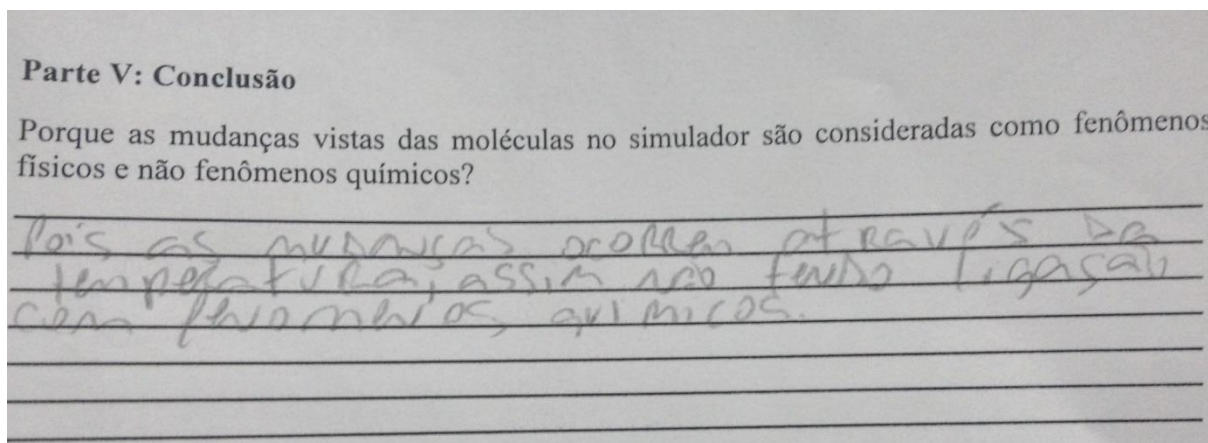


Figura 20 – Resposta considerada como “modelo inadequado” sobre os fenômenos físicos e os fenômenos químicos.

6. CONCLUSÃO

Na parte I e na parte IV da atividade foi possível notar que os modelos mentais dos alunos sobre os estados físicos são coerentes, com pequenas exceções. Eles souberam diferenciar os estados físicos em suas próprias ilustrações e identificar a partir do que foi visto no simulador.

Na parte II e V da atividade foram abordados conceitos da aula e do resumo teórico. Em ambas as partes foram identificadas uma grande dificuldade em lembrar e reescrever tais conceitos, portanto, houve uma falta de interpretação e de atenção dos alunos na leitura do resumo teórico e durante a aula teórica aplicada no início da atividade.

Na parte III foi possível notar a dificuldade dos alunos em relacionar os fatores pressão e temperatura com as mudanças de estado quando abordado na aula teórica. No entanto, com o uso do simulador, notou-se uma melhoria na compreensão desse tema, pois era possível visualizar e interagir de forma direta com ambos os fatores observando a mudança de estado da substância. Durante a atividade observou-se dificuldade de seguir as instruções propostas, muitas vezes pela falta de leitura do próprio questionário.

Portanto, segundo Norman, Gentner e Stevens (1983, p.8), os modelos são incompletos e a habilidade das pessoas em “executá-los” é muito limitada, muitas vezes os alunos deixam respostas muito vagas ou parcialmente definidas como visto nos resultados. Os modelos também são instáveis, pois se notou que eles esqueceram muitos conceitos que foram abordados na aula teórica. Os modelos não apresentam “fronteiras bem definidas”, ou seja, os alunos confundiram, principalmente, o ponto de fusão e ponto de ebulição com as mudanças físicas, colocando em ambos a mesma definição. Os modelos podem ser “não-científicos” como pode ser observado na figura 12, no qual o aluno definiu pressão de um modo equivocado. Os modelos mentais tendem a ser parcimoniosos, sendo notados através das respostas muito breves e até mesmo a falta de leitura da atividade.

A princípio houve diversas dúvidas sobre o tema proposto, mas com o uso do simulador foi possível notar que essas dúvidas foram supridas, como por exemplo, a visualização das diferentes formas físicas das substâncias, podendo observar através das ilustrações do simulador o tamanho das moléculas, o movimento, e, principalmente, a diferença de distâncias entre átomos/moléculas dos estados físicos, no qual foi compreendido por todos os alunos com o uso do simulador (resultado indicado na tabela 1). Levando em consideração esses aspectos, o uso de simuladores auxilia na construção dos modelos mentais mais semelhantes aos modelos científicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, A. T.; **Investigações em Ensino de Ciências**. 1997, Vol.2, p.207.

GIBIN, G. B. e FERREIRA, L. H.; **Estudo dos modelos mentais cinemáticos/dinâmicos sobre sistema heterogêneo por meio da produção de animações pelos estudantes**. Departamento de Química da UFSCar, São Carlos, SP, Brasil. 2012, p. 110.

JOHNSON-LAIRD, P. N.; **Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**, 1st ed., Harvard University Press: Cambridge, 1983, p. 126 – 146.

JOHNSTONE, A. H.; **University Chemistry Education**. 2000, p.35 – 37.

MELO, E. S. N. e MELO, J. R. F. ETD – Educação Temática Digital. **Softwares de simulação no ensino de Química: uma representação social na prática docente**. Campinas, v.6, n.2, p.51-63, jun. 2005.

NORMAN, D. A.; GENTNER, D.; STEVENS, A. L. **In Mental Models** orgs; Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ, 1983, p. 8 – 9.

NÓBREGA, O.; SILVA, E. R. e SILVA, R. H. **Química**. 1 ed. Vol. único. SP: Editora Ática, 2008, p. 32-53.

OBLINGER, D. G.; **Information Technology and Libraries**. 1993, p. 246.

SILVEIRA, L. F.; NUNES, P. SOARES, A. C. Revista de Educação, Ciência e Cultura. **Simulações virtuais em Química**. Canoas, v. 18, n. 2, jul./dez. 2013, p. 11.

VALENTE, J. A.. Em Aberto. **Diferentes usos do computador na educação**. p.11. Brasília, 1993.

VALENTE, J. A.. **O computador na sociedade do conhecimento**. Editora: OEA NIED UNICAMP, 1999, p.9.