

# UMA ESTRATÉGIA DE USO COMBINADO DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA O ENSINO DE TEORIA CINÉTICA DOS GASES

## OF AGREED COMPUTATIONAL SIMULATION AND A STRATEGY USE PRACTICAL EXPERIMENTAL FOR THE EDUCATION OF KINETIC THEORY OF GASES

**Danusa Ariete Kroetz<sup>1</sup>**  
**Agostinho Serrano<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>LTECIM – PPGECIM – ULBRA, [kdanusa@yahoo.com.br](mailto:kdanusa@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> LTECIM – PPGECIM – ULBRA, [asandrade@brturbo.com.br](mailto:asandrade@brturbo.com.br)

### Resumo

Este artigo apresenta um estudo piloto sobre o uso combinado de simulações computacionais e práticas experimentais em Teoria Cinética dos Gases, na disciplina de física, no ensino médio. Utilizamos como instrumentos um pré teste, constituído de questões abertas e uma questão objetiva, um guia de simulação, confeccionado na estratégia POE (Predizer – Observar – Explicar), acompanhado pela simulação computacional, para os níveis microscópico e simbólico, e práticas experimentais, para o nível macroscópico (sensório), um pós teste e entrevistas individuais semi estruturadas. Inicialmente analisamos as concepções dos estudantes indicadas pela literatura no conteúdo em foco, bem sua capacidade representacional nos níveis macroscópico, microscópico e simbólico, tanto antes como após a aplicação das simulações. Objetivamos analisar a evolução conceitual dos estudantes. Os resultados indicam que nos três níveis representacionais pode se observar uma substancial melhora em direção a concepções científicas após a utilização combinada da simulação computacional e das práticas experimentais.

**Palavras-chave:** Teoria Cinética dos Gases – Concepções alternativas – Mudança conceitual – Simulações computacionais – Práticas experimentais

### Abstract

This article presents a pilot study on the combined use of computer simulations and experimental practices in Kinetic Theory of the Gases, in physics, in the high school. We used as instruments a pre test, constituted of open questions and a objective question, a simulation guide – made with the P.O.E. technique (Predict - Observe - Explain), accompanied by two computer simulations, for discussing the microscopic and symbolic levels; and experimental practices, for the sensory (macroscopic) level, a post test and semi-structured individual interviews. Initially we analyzed the student's conception as compared to the conceptions described in the literature, as well as their ability to correctly represent gases phenomena in the macroscopic, microscopic and symbolic levels of representation – both before and after the intervention. We aimed to analyze students' conceptual evolution. The results indicate that in the three representative levels a substantial evolution can be observed, in direction to scientific conceptions after the combined use of the computer simulation and of the experimental practices.

**Keywords:** Kinetic Theory of the Gases - Alternative Conceptions - Conceptual Change - Computer Simulations - Experimental Practices

## INTRODUÇÃO

A Teoria Cinética dos Gases é ensinado em nível médio e superior, em cursos afins, por se tratar de uma das teorias mais importantes da física, pois é aplicada na solução de vários problemas do dia a dia e comporta o conceito de que o comportamento macroscópico pode ser explicado por um modelo microscópico.

Neste trabalho, procuramos articular sistematicamente os três níveis de representação de um fenômeno físico – químico (Gabel, 1993): o nível macroscópico, caracterizado pelos aspectos sensoriais de um fenômeno, o nível simbólico, constituído pelas representações matemáticas e o nível microscópico, constituído pela representação do comportamento cinético molecular do fenômeno.

Mortimer e Miranda (1995) apud Orlandi (2004) afirmam que geralmente os estudantes utilizam apenas um dos níveis para explicar e evidenciar o fenômeno, pois eles tendem a centrar suas explicações nas mudanças perceptíveis sem fazer referência às mudanças em nível atômico molecular. A representação em nível microscópico, em particular, constitui um aspecto de grande dificuldade detectada nos estudantes (Bem-Zvi et al., 1986). Segundo Valente (1999), estes também apresentam muitas dificuldades em nível simbólico. Para facilitar a articulação dos três níveis, Barnea et al. (1996) e Kozma et al. (1996) apud Orlandi (2004) sugerem a utilização de ferramentas computacionais. Fiolhais e Trindade (2003) ressaltam a importância da simulação computacional, “pois é útil para abordar experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática por serem caras, perigosas, rápidas demais ou muito lentas”, que é o caso do fenômeno em questão em nível microscópico.

Segundo Greca e Moreira (2003), “a maior parte das investigações na área de ensino de ciências está concentrada nos estudos sobre as concepções dos estudantes”. Ausubel apud Greca e Moreira (2003) cita que “o conhecimento prévio é o fator isolado que mais influencia na aprendizagem”. Viennot apud Mortimer (1996), diz que “estudos realizados revelam que as idéias alternativas de crianças e adolescentes são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto e bastante estáveis e resistentes à mudanças”.

“A visão construtivista de aprendizagem apresenta como modelo de ensino para lidar com as concepções dos estudantes e transformá-las em conceitos científicos, o modelo de mudança conceitual” (MORTIMER, 1996).

Conforme Duit (2003), defensor da idéia de mudança conceitual, “as estruturas conceituais pré-intuitivas dos estudantes têm que fundamentalmente ser reestruturadas. A mudança conceitual denota caminhos de aprendizagem das concepções pré-intuitivas dos estudantes para os conceitos de ciência a serem aprendidos”. A visão defendida por Duit foi duramente criticada, e alternativas foram apresentadas:

*Um modelo alternativo para compreender as concepções dos estudantes: a noção de perfil conceitual permite entender a evolução das idéias dos estudantes em sala não como uma substituição das idéias alternativas por idéias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que as novas idéias adquiridas no processo de ensino e aprendizagem passam a conviver com as idéias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente (MORTIMER, 1996).*

Para Greca e Moreira (2003) ocorre apenas uma evolução conceitual, isto é, “uma agregação de novos significados às concepções já existentes. A concepção torna-se mais elaborada, mais rica em termos de significados a ela agregados, ela evolui sem perder sua identidade”.

O modelo de mudança conceitual é analisado neste artigo segundo evolução conceitual, quando referimo-nos a articulação dos três níveis representacionais analisados no estudo da Teoria Cinética dos Gases e, para a maioria dos casos estudados. Posteriormente analisamos esta mudança segundo a noção de perfil conceitual de Mortimer (1995, 2000) e as zonas do perfil do conceito de átomo, por ele apresentadas, para alguns casos distintos, os quais classificamos como “casos particulares”.

Consideramos que o uso combinado de práticas experimentais e simulação computacional, como instrumento didático pedagógico para o estudo da Teoria Cinética dos Gases, pode facilitar o ensino e auxiliar a evolução conceitual através da interiorização dos conceitos científicos. Ora, se as idéias prévias dos estudantes acerca do comportamento de gases advém da sua interação com as propriedades sensíveis dos gases, a utilização de práticas experimentais resgata estas experiências, ao mesmo tempo em que a utilização de simulações, para a articulação com os níveis simbólicos e microscópico pode tornar mais factível o aprendizado de conceitos dentro destes níveis de forma integrada.

## METODOLOGIA

Este estudo piloto foi realizado com estudantes do 3º ano do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Médio Vera Cruz, no município de Vera Cruz – RS. Iniciaram este estudo, no turno oposto ao das aulas, dez (10) estudantes, sendo que somente oito (08) o concluíram e destes, um estudante não realizou a simulação computacional nem as práticas experimentais. Os estudantes possuíam idades entre 16 e 18 anos, sendo um do sexo masculino e sete do sexo feminino. O estudo dividiu-se em quatro etapas, desde maio de 2005 até junho do mesmo ano.

Etapa 01: Aplicação do pré teste constituído de 11 questões abertas e uma questão objetiva, sendo resolvido em aproximadamente 1 hora e 10 minutos.

Etapa 02: Simulação computacional com práticas experimentais acompanhada pela resolução de um guia de simulação confeccionado no modelo POE, *predizer – observar – comparar* (Tao e Gunstone, 1999). Na etapa de *predição* os estudantes devem predizer o que acontece em uma determinada situação problema. Na *observação* o estudante, seguindo o seu guia, simula no computador ou realiza a experiência prática, da questão correspondente a predição e realiza as anotações. Nesta fase, pode ocorrer um almejado conflito cognitivo entre a predição e a resposta observada (Hameed et al., 1993). Na etapa da *explicação* o estudante deve explicar discrepâncias entre sua predição e a observação. Dessa forma é de fundamental importância que o estudante siga a sequência dos três itens. Esta parte do estudo foi realizada três semanas após a realização do pré teste e teve duração média de 2 horas e 15 minutos. As práticas experimentais foram incluídas, para se ter acesso ao nível sensorio conforme os estudantes tem em suas experiências prévias.

Etapa 03: Uma semana após foi resolvido um pós teste constituído das mesmas questões do pré teste, o que possibilita uma análise das concepções dos estudantes no pré teste para uma posterior comparação com suas novas concepções, e análise sobre influência da simulação computacional e das práticas experimentais nessas novas concepções.

Etapa 04: Para triangular dados em nossas análises, realizamos, uma semana após a aplicação do pós teste, entrevistas individuais semi estruturadas com todos os estudantes com o objetivo de testar a estabilidade de nossos dados. Nessas entrevistas, dúvidas de interpretação foram sanadas, dúvidas conceituais foram discutidas, idéias de reformulação dos instrumentos de coleta de dados surgiram, erros conceituais foram reconhecidos enquanto outros permaneceram, demonstrando assim grande resistência a mudanças, elogios à metodologia utilizada, entre outros.

O estudo da Teoria Cinética dos Gases envolve três variáveis de estado para um gás:

pressão, volume e temperatura. Para um gás sofrer uma transformação de estado, a qual ocorre dentro da própria massa gasosa, é necessário que se modifiquem pelo menos duas dessas variáveis e esta combinação de variáveis duas a duas deu origem as categorias de estudo analisadas neste artigo.

a) *Kinetic Molecular Theory of Gases*

b) *The 2 – Dimensional Ideal Gas Simulator*



**FIGURA 1 – Ilustração das simulações utilizadas. A primeira, *Kinetic Molecular Theory of Gases* possui uma interface mais simples onde se é possível um uso preliminar de simulações com uma interface simbólico não completamente adequada. A segunda, *The 2-dimensional Ideal Gás Simulator* apresenta uma interface adequada, porém é mais difícil de se utilizar. Estão disponíveis em <http://michele.usc.edu/java/gas/gassim.html> e [www.chm.davidson.edu/ChemistryApplets/KineticMolecularTheory/PV.html](http://www.chm.davidson.edu/ChemistryApplets/KineticMolecularTheory/PV.html)**

Os instrumentos foram elaborados e posteriormente validados visando articular os **níveis de representação macroscópico, microscópico e simbólico** em cada uma das **categorias no estudo da Teoria Cinética dos Gases**: pressão versus temperatura (**PxT**), pressão versus volume (**PxV**) e volume versus temperatura (**VxT**). Portanto, para cada categoria temos uma análise quantitativa – qualitativa nos três níveis de representação e, para que tal análise fosse possível utilizamos uma classificação por **nível de compreensão** (Jimoyiannis and Komis, 2001):

**1 – Nenhuma compreensão:** Pobre descrição do fenômeno.

**2 – Alguma compreensão:** Marcadamente com o uso de concepções alternativas, que prejudicam a compreensão da situação problema.

**3 – Compreensão com elementos errôneos:** Possui marcadamente um perfil científico, mas com o aparecimento de concepções alternativas.

**4 – Compreensão total:** As respostas demonstram entendimento conceitual claro, sem concepções alternativas e perfil científico.

Os resultados da análise dos instrumentos que seguem foram realizados separadamente por dois professores de física e pesquisadores na área de ciências, corroborando dessa forma para a robustez dos resultados desta análise quantitativa e qualitativa. O estudante que não realizou a simulação computacional e as práticas experimentais será excluído da amostra nesta análise.

## ANÁLISE DAS CATEGORIAS

### 1. Pressão versus Temperatura (PxT)

Em todos os instrumentos de coleta de dados abordamos duas questões no nível representacional macroscópico, duas no nível microscópico e uma questão em nível simbólico. A

tabela abaixo apresenta os dados obtidos no pré teste e no pós teste relacionando o número de alunos por nível de compreensão em cada uma das questões analisadas nesta categoria.

Nível Representacional	Macroscópico 01		Macroscópico 02		Microscópico 01		Microscópico 02		Simbólico	
	Pré Teste	Pós Teste	Pré Teste	Pós Teste	Pré Teste	Pós Teste	Pré Teste	Pós Teste	Pré Teste	Pós Teste
4	5	7	3	6	2	3	0	0	1	4
3	2	0	1	1	0	0	0	3	4	3
2	0	0	1	0	5	4	4	3	1	0
1	0	0	2	0	0	0	3	1	1	0

**Tabela 1 – Número de estudantes classificados em nível de compreensão, tanto no pré como no pós-teste, para cada questão analisada, sendo aqui exposta em termos de que nível representacional avalia. Estes dados referem-se à uma transformação isovolumétrica.**

Em nível macroscópico questionamos os alunos sobre o que aconteceria com a pressão de um gás, dentro de um recipiente hermeticamente fechado, quando aumentássemos e diminuíssemos a temperatura do recipiente. Para esta questão predominaram as respostas com nível de compreensão total (4), tanto no pré teste como no pós teste. Nesta questão o estudante C: “Ao aumentar a temperatura a pressão irá subir, e quando a temperatura diminuir a pressão diminuirá.”

Analisando o nível macroscópico em outra questão perguntamos como o estudante sentiria a dureza de um recipiente com gás, apalpando-o, quando aumentássemos e diminuíssemos a temperatura do recipiente. No pré teste não houve uma significativa diferença entre os níveis de compreensão apresentados, porém no pós teste os estudantes apresentaram grande evolução conceitual atingindo na sua grande maioria nível de compreensão total (4). O estudante E no pré teste: “A temperatura influencia bastante na pressão, e conforme o movimento das moléculas podemos perceber a pressão. Maior ou menor pressão interna.” O mesmo estudante no pós teste: “Quando aumentamos a temperatura as moléculas iriam se mexer mais rápidas e assim nós iríamos perceber com maior facilidade a dureza.”

Em nível microscópico apresentamos inicialmente uma questão objetiva sobre qual descrição microscópica representaria corretamente o comportamento das moléculas de gás numa transformação isométrica ao aumentarmos a temperatura do recipiente. Dentre as alternativas tínhamos uma correta e três concepções alternativas muito difundidas na literatura. Analisando os testes percebe-se que não houve significativa evolução dos estudantes, predominando as respostas com concepções alternativas no pré teste e no pós teste.

Concluindo o nível microscópico nesta categoria solicitamos que os estudantes fizessem uma descrição do comportamento microscópico do gás num recipiente com temperatura alta e em outro com temperatura baixa. No pré teste surgiram respostas a nível (1) nenhuma compreensão e nível (2) alguma compreensão. Analisando o pós teste constata-se uma evolução mediana no nível de compreensão com predomínio das concepções alternativas, nível (2).

No nível simbólico solicitamos a construção de um gráfico P x T. Predominaram respostas a nível de compreensão com elementos errôneos (3), no pré teste, e no pós teste predominaram as respostas com compreensão total, nível (4), portanto os estudantes obtiveram uma evolução conceitual mediana.

Comparando o nível de compreensão dos estudantes no pré e no pós teste analisamos a evolução conceitual destes e percebemos que em quase todos os níveis de representação desta categoria houve evolução conceitual, sendo que em alguns níveis os estudantes evoluíram mais e em outros menos. A exceção é o nível microscópico. É notório, contudo, que a compreensão do

efeito da temperatura na pressão, ao contrário do volume (discutido mais adiante) demanda noções estatísticas e alguma noção de quantidade de movimento, em nível microscópico. Sendo assim, é fácil perceber que os estudantes tenderiam a não ser capazes de apresentar, desde já, uma boa conceitualização – e, portanto, representação – do fenômeno neste nível em particular.

Na articulação dos três níveis representacionais vemos que quatro estudantes articulam bem os níveis de representação macroscópico e simbólico, porém apresentam concepções alternativas em nível microscópico. Como exemplo temos as palavras do estudante F quando explica seu raciocínio ao desenhar o gráfico (simbólico) e utiliza a compreensão em nível macroscópico: “Para desenhar eu pensei que quanto maior a temperatura maior a pressão e quanto menor a temperatura menor a pressão”, e o mesmo estudante referindo-se a sua representação microscópica ao diminuir a temperatura do recipiente com gás: “As moléculas vão se acalmar e vão tender a se juntar no centro do recipiente”.

Três estudantes articulam bem todos os níveis de representação apresentando dessa forma compreensão total ou com elementos errôneos, níveis (4) e (3). Como mostra o estudante G ao fazer referência a sua representação microscópica e simbólica: “Aqui as moléculas estão ocupando tudo só que eu não enchi de bolinhas para ficar mais fácil de ver que elas estão se mexendo. Aqui elas tão se mexendo bastante porque a temperatura aumentou e a pressão aumentou e elas estão se agitando bastante. Aqui a temperatura baixou, elas tão se movimentando devagarzinho e a pressão diminuiu. E o gráfico quanto menor a pressão menor a temperatura e maior pressão maior temperatura. Aí mostra que tá crescente”. Estes casos demonstram que os estudantes, de maneira geral, ainda não concebem o efeito microscópico causador da variação da pressão.

## 2. Pressão versus Volume (PxV)

Esta categoria divide-se em duas questões em nível representacional macroscópico, uma questão em nível representacional microscópico e outra em nível simbólico. A tabela abaixo apresenta os dados obtidos no pré teste e no pós teste relacionando o número de alunos por nível de compreensão em cada uma das questões analisadas nesta categoria.

Nível Representacional	Macroscópico 01		Macroscópico 02		Microscópico		Simbólico	
	Pré Teste	Pós Teste	Pré Teste	Pós Teste	Pré Teste	Pós Teste	Pré Teste	Pós Teste
4	5	7	2	7	1	6	0	0
3	2	0	2	0	0	0	5	7
2	0	0	0	0	2	0	2	0
1	0	0	3	0	4	1	0	0

**Tabela 2 – Número de estudantes classificados em nível de compreensão, tanto no pré como no pós-teste, para cada questão analisada, sendo aqui exposta em termos de que nível representacional avalia. Estes dados referem-se ao caso de uma transformação isotérmica.**

Primeiramente questionamos em nível representacional macroscópico, o que aconteceria com a pressão de um gás dentro de um recipiente, numa transformação isotérmica, quando aumentássemos ou diminuíssemos o volume do recipiente. No pré teste percebemos predomínio de respostas como do estudante D: “Ao aumentar o volume do recipiente, a pressão diminui e ao diminuir o volume do recipiente a pressão irá aumentar” compreensão total do fenômeno neste nível, o que se confirmou ainda mais analisando o pós teste. Desta forma conclui-se que houve evolução conceitual.

A segunda questão no nível macroscópico indagava sobre o que o estudante esperaria sentir, em termos de dureza, ao empurrar o êmbolo de uma seringa. No pré teste foram comuns respostas que não indicavam compreensão sobre o fenômeno (nível 1), como do estudante E: “Uma força interna como se outra força atuasse também.” Analisando as respostas do pós teste vemos que ocorreu boa evolução conceitual, e todos os estudantes apresentaram compreensão total do fenômeno.

Em seguida solicitamos aos estudantes que fizessem uma descrição do comportamento microscópico do gás, numa transformação isotérmica, num recipiente de volume grande e num recipiente de volume pequeno. No pré teste predominaram respostas sem nenhuma compreensão sobre o fenômeno, nível (1), como a do estudante G: “A quantidade de pressão vai variar de acordo com o volume”. No pós teste percebe-se grande melhora no nível de compreensão conceitual dos estudantes, sendo que a maioria apresentou nível (4), compreensão total do fenômeno.

Finalizando o estudo desta categoria, solicitamos que os estudantes desenhasssem um gráfico  $P \times V$ , nível simbólico. Analisando os testes concluímos que tanto na pré como no pós houve predomínio da compreensão com elementos errôneos, nível (3), apresentando fraca evolução conceitual.

Na articulação dos níveis observamos que 6 estudantes articulam bem todos os níveis representacionais, como percebe-se na fala do estudante G: “Quanto menos a gente fazia pressão as moléculas se agitavam menos. Quando o volume era pequeno tinha mais pressão elas se debatiam mais fazendo mais pressão e elas ocupavam todo espaço. Quanto maior o volume menor a pressão e quanto maior o espaço menor a agitação das moléculas. Quanto menor o espaço maior a agitação elas se debatiam bastante maior a pressão e ficava mais duro. O gráfico comprova maior volume menor pressão ou menor volume maior pressão”.

O estudante H possui dificuldade de articulação em nível microscópico, porém compreende bem o fenômeno em nível macroscópico e simbólico. O estudante explicando seu pré teste na entrevista: “Eu nunca tinha ouvido falar de comportamento microscópico nas aulas nem nada, daí eu não sabia o que era”. Este estudante justificando-se por não ter desenhado o comportamento microscópico das moléculas no pós teste: “No guia estava escrito comportamento das moléculas daí a gente logo pensou que precisava desenhar”.

### 3. Volume versus Temperatura ( $V \times T$ )

Nesta categoria enfocamos duas questões em nível representacional macroscópico, uma em nível representacional microscópico e uma em nível simbólico. A tabela abaixo apresenta os dados obtidos no pré teste e no pós teste relacionando o número de alunos por nível de compreensão em cada uma das questões analisadas nesta categoria.

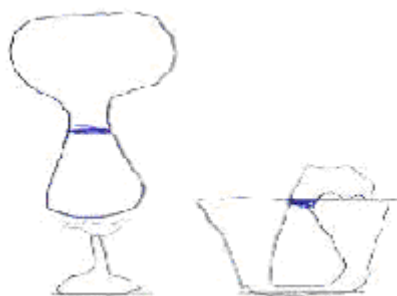
Nível Representacional	Macroscópico 01		Macroscópico 02		Microscópico		Simbólico	
	Pré Teste	Pós Teste	Pré Teste	Pós Teste	Pré Teste	Pós Teste	Pré Teste	Pós Teste
4	4	7	6	7	0	4	2	4
3	1	0	0	0	0	1	2	3
2	1	0	1	0	2	1	0	0
1	1	0	0	0	5	1	3	0

**Tabela 3 – Número de estudantes classificados em nível de compreensão, tanto no pré como no pós-teste, para cada questão analisada, sendo aqui exposta em termos de que nível representacional avalia. Estes dados referem-se ao caso de uma transformação isobárica.**

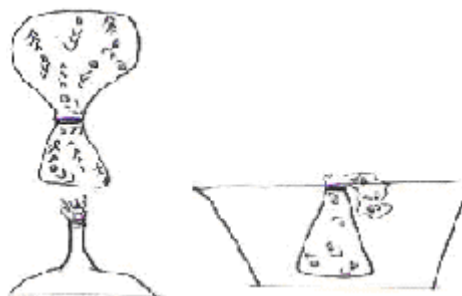
Inicialmente questionamos aos estudantes sobre o que aconteceria com o volume de um balão emborcado numa garrafa com gás se aquecêssemos e resfriássemos a garrafa. Nesta questão, ao analisar o pré teste, encontramos respostas em todos os níveis de compreensão porém, com predomínio do nível (4), compreensão total. No pós teste todos os estudantes apresentaram compreensão total, nível (4), indicando assim, boa evolução conceitual. Como mostra o estudante A em seu pré teste: “Ao aquecer, o volume do gás aumenta, o que deixará o balão “cheio”, “estufado”. Já ao resfriar, o volume diminuirá, sendo que o balão “murchará”.”, e no seu pós teste: “Ao aquecer o gás o volume aumenta. Ao resfriar, o volume diminui.”

Após pedimos aos estudantes que desenhassem o volume de um balão emborcado num recipiente aquecido e num recipiente resfriado e o comportamento das moléculas de gás presentes nestes recipientes. Dessa forma enfocamos dois níveis representacionais numa única questão, o nível macroscópico e o nível microscópico. Analisando o nível macroscópico no pré teste, vemos que a grande maioria dos estudantes apresenta nível de compreensão total. O estudante G, nível 2, explica seu pensamento na entrevista: “Sempre tinha um volume inicial, não podia diminuir mais”. No pós teste houve compreensão total de todos os estudantes. O estudante G complementa seu pensamento: “Aqui já não tem mais aquele volume inicial, eu vi que podia diminuir mais”. Em nível microscópico, no pré teste, houve predomínio das respostas sem nenhuma compreensão, nível (1), já no pós teste tivemos uma significativa evolução, onde 4 estudantes apresentaram compreensão total do fenômeno. Podemos citar os teste do estudante G:

Pré teste com temperatura alta e sucessivamente a temperatura baixa



Pós teste com temperatura alta e sucessivamente a temperatura baixa



**FIGURA 2 – Ilustração do estudante “G”, que mostra sua representação microscópica de uma transformação isobárica, onde a temperatura foi variada. Observe que seu perfil contínuo da matéria o impede de conceber o “vazio”, conforme é possível se observar pela presença de um “volume mínimo” na figura do pré teste. Já no pós teste, o estudante utiliza um perfil atomístico com velocidades, para expressar a diferença de volumes. Este “volume mínimo” é corroborado pela entrevista realizada, conforme pode ser lida no texto.**

Em nível simbólico pedimos aos estudantes que desenhassem o gráfico  $V \times T$ . Houve significativa evolução nas representações gráficas. Enquanto no pré teste o nível de compreensão predominante foi (1) nenhuma compreensão, no pós teste os alunos evoluíram bem, a maioria para o nível de compreensão total.

Na articulação dos três níveis de representação temos cinco estudantes que articulam bem os três níveis representacionais, como mostra o estudante D na entrevista: “Na temperatura alta o volume aumenta porque as moléculas ficam agitadas daí elas ocupam mais espaço e aumenta o balão. Na temperatura baixa elas iam ficar mais juntinhas e diminuir o balão. As moléculas são pontinhos ( . ) (quando se refere a sua representação microscópica) porque elas estão mais lentas,

aqui elas não são pontinhos ( ^ ) porque elas se agitam e estão mais ligeiras. O gráfico é assim porque eu achava que aumentando a temperatura ia aumentar o volume no caso.”

Nesta categoria temos também dois alunos que não tiveram uma boa evolução conceitual em nível microscópico, porém evoluíram bem em nível macroscópico e simbólico.

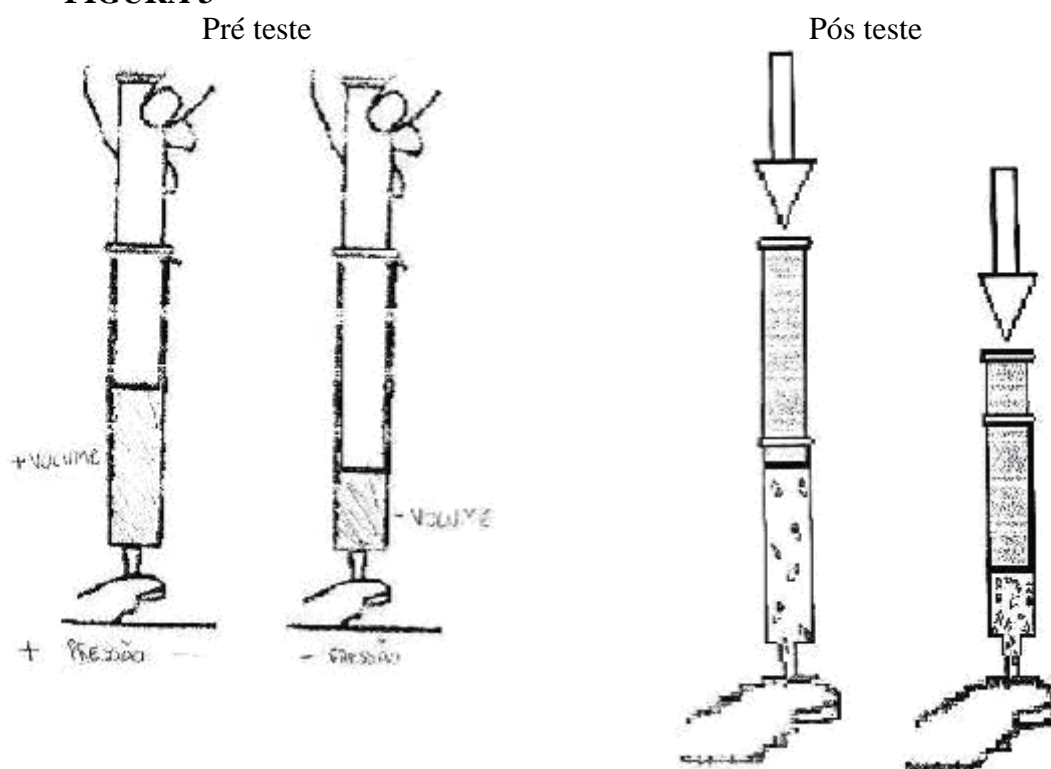
## CASOS PARTICULARES

### 1. Discutidos com a utilização do referencial de Perfil Conceitual

A primeira zona no perfil do conceito de átomo relaciona-se a uma concepção contínua da matéria, sem nenhuma referência a partículas. Como exemplo de tal perfil temos o pré teste do estudante G, anteriormente discutido, onde foi realizada uma descrição do comportamento microscópico do gás em dois recipientes com volumes diferentes, numa transformação isotérmica.

Verifica-se, com a análise do pós teste e entrevista que, com a simulação computacional e realização de práticas experimentais houve uma evolução de conceitos por parte deste estudante que agora enquadra-se na terceira zona do perfil conceitual, onde o átomo é visto como uma partícula material e as substâncias são constituídas por moléculas.

**FIGURA 3**



**FIGURA 3 – Ilustração do estudante “D”, onde mostra sua representação microscópica de uma transformação isotérmica, onde o volume foi variado. Observe seu perfil contínuo da matéria na figura do pré teste. Já no pós teste, o estudante utiliza um perfil atomístico. Gravuras originais extraídas do livro de Mortimer (2000) e adaptadas para utilização no nosso teste.**

O estudante E, ao explicar as suas representações microscópicas valeu-se de uma analogia com um refrigerante aberto, onde comparou as moléculas de gás hélio com o gás de um refrigerante, justificando assim o seu desenho com moléculas apenas na parte superior do

recipiente (erlemeyer + balão) utilizado no pré teste: “Eu pensei num refrigerante, no refrigerante o gás sobe né professora, fica aquelas bolinhas subindo assim, e por isso que eu fiz as bolinhas assim, foi por causa do refrigerante e eu fiquei imaginando que no refrigerante as bolinhas sobem, os gases sobem, então certamente não vai ficar, de repente assim todo o refrigerante ficar sem gás, é tão ruim, então eu fiquei pensando assim que os gases iam subir tudo, que não ia ficar nada dentro. Se eu não tivesse feito a experiência eu ia continuar pensando a mesma coisa, que as moléculas iam subir para cima. Eu acho que eu não ia saber.” Pela frase deste estudante podemos inferir que ele está utilizando o modelo de bolinhas para conceitualizar moléculas. Em outra parte da entrevista este mesmo estudante questiona: “Espera aí, moléculas queimam professora?”, demonstrando sua dúvida conceitual.

O estudante C, na questão “pense e responda” do guia, ao explicar o seu pensamento, onde questionamos sobre a dureza de um recipiente ao aquecê-lo numa transformação isométrica, comparou o comportamento do gás hélio com o comportamento dos sólidos ao se dilatarem: “Eu relatei até com dilatação térmica. Eu pensei que quanto mais frio menor seria o volume e mais duro seria. Eu me enganei e vi que era o contrário daquilo que eu pensei. Então a gente tem que passar por uma experiência para depois ver, e a gente se engana, né.”

Segundo a classificação do perfil do conceito de átomo de Mortimer (2000), estes estudantes analisam as transformações de estado de um gás com propriedades macroscópicas. A zona substancialista (segunda zona) apresenta como propriedade singular o uso de partículas pelos estudantes, porém tais partículas podem dilatar-se, queimar, mudar de estado físico,... Segundo Mortimer (2000) tal fato deve-se a ausência de uma visão apropriada de modelo.

Contudo, o uso das simulações computacionais que, conforme pode ser observado na figura 1, apresentam um modelo microscópico dentro da terceira zona do perfil conceitual, auxiliou os estudantes a evoluírem sua zona de perfil. Como exemplo temos as figuras 2 e 3, e as frases:

Estudante G: “Quanto menos a gente fazia pressão as moléculas se agitavam menos. Quando o volume era pequeno tinha mais pressão elas se debatiam mais fazendo mais pressão e elas ocupavam todo espaço”.

Estudante D: “Na temperatura alta o volume aumenta porque as moléculas ficam agitadas daí elas ocupam mais espaço e aumenta o balão. Na temperatura baixa elas iam ficar mais juntinhas e diminuir o balão. As moléculas são pontinhos ( . ) (quando se refere a sua representação microscópica) porque elas estão mais lentas, aqui elas não são pontinhos ( ^ ) porque elas se agitam e estão mais ligeiras”.

## AVALIAÇÃO FINAL

No que tange o estudo da Teoria Cinética dos Gases vinculado ao uso de simulações computacionais e práticas experimentais, podemos concluir, após esta análise, que ocorreu uma evolução nos conceitos dos estudantes, que a atividade foi do interesse dos alunos, pois estes se mostraram motivados durante todo o tempo e não se dispersaram, sendo coletadas várias frases, nas entrevistas, como o estudante A: “As aulas deveriam ser assim, no computador e na prática, a gente ia aprender mais”.

Concluimos ainda que o relato encontrado na literatura mais uma vez se confirmou, pois em todas as categorias os estudantes ofereceram maior resistência na compreensão do nível representacional microscópico. Ainda podemos fazer uma análise das categorias, nas quais dividimos o trabalho. Os estudantes obtiveram maior nível de compreensão conceitual geral na categoria temperatura versus volume ( $V \times T$ ), seguindo pela categoria pressão versus volume ( $P \times V$ ) e encontrando nível de compreensão conceitual mais baixo na categoria pressão versus temperatura ( $P \times T$ ).

A utilização, por nós, do referencial de Perfil Conceitual para a análise de casos particulares não deve ser visto como um excessivo uso de diferentes referenciais teóricos. Primeiramente, deve-se ressaltar que este referencial não é antagônico com a leitura de evolução conceitual, segunda a aprendizagem significativa, feito por Greca & Moreira (2003). Ambos os referenciais não descartam as concepções prévias dos estudantes, mas basicamente ressaltam a crescente capacidade do estudante de eleger conceitos – ou categorias de perfis conceituais – próprios para cada situação problema, seja ela científica ou do cotidiano. Assim, parece-nos que a utilização da idéia de evolução conceitual segundo Greca & Moreira se adequa mais à análise dos casos gerais, contudo, não podemos nos furtar de identificar claramente casos que se encaixam perfeitamente na justificativa epistemológica encontrada por Mortimer para idéias dos estudantes. Com a utilização de ambos os referenciais, podemos concluir que sim – houve uma evolução para a amostra após o uso combinado das simulações computacionais e práticas experimentais.

Finalizando observamos que o uso combinado de simulação computacional e práticas experimentais no estudo da Teoria Cinética dos Gases é importante, pois contribui para uma melhor compreensão dos fenômenos em todos os níveis representacionais.

## REFERÊNCIAS

BAGNATO, V. S. et al. Verificação experimental da lei dos gases usando um balão de borracha submerso. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.17, n.1, p.104 – 106, jan.1995.

BEM-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Is an atom of copper malleable? *Journal of chemical education*. v.63, p.64 – 66, 1986.

DUIT, Reinders; TREAGUST, David F. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, v.25, n.6, p.671 – 688, 2003.

ESQUEMBRE, Francisco. Computers in physics education. *Computer Physics Communications*. v.147, p.13 – 18, ago. 2002.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.25, n.3, p.259 -271, set. 2003.

GABEL, D. Use of the particule nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, v.70, n.3, 1993.

GRECA, Ileana Maria; MOREIRA, Marco Antonio. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência e Educação*, v. 9, n.2, p. 301 – 315, 2003.

HAMEED, H., HACKLING, M. W., GARNETT, P. J. Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using a CAI strategy. *International Journal of Science Education*. v. 15, n.2, p.221 – 230, 1993.

JIMOYIANNIS, A.; KOMIS, V. Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on student's understanding of trajectory motion. *Computers & Education*. v.36, p.183 – 204, 2001.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. *Física*. São Paulo: Scipione, 1997.

MAZZOTTI, Alda Judith Alves. O debate atual sobre os paradigmas de pesquisa em educação. *Caderno de Pesquisa*, n.96, p. 15-23, fev. 1996.

MOREIRA, Marco Antônio. *Pesquisa em ensino: o vê epistemológico de Gowin*. São Paulo: EPU, 1990.

MOREIRA, Marco Antônio. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, v.4, n.3, p.265-287, 1995.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigação em ensino de ciências*. v.1, n.1, 1996. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

MORTIMER, Eduardo Fleury. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

NIAZ, Mansoor. A rational reconstruction of the kinetic molecular theory of gases based on history and philosophy of science and its implications for chemistry textbooks. *Instructional Science*, v. 28(1), p. 23 - 50, january, 2000. Disponível em: <http://www.kluweronline.com/oasis.htm/188328>

NOGUEIRA, José de Souza et al. Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v.22, n.4, p.517 – 522, dez. 2000.

ORLANDI, Cláudia Carobin. *Um estudo sobre a utilização de simulação computacionais no ensino de equilíbrio químico*. Canoas: ULBRA, 2004. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Luterana do Brasil, 2004.

SANTOS FO., José Camilo dos; SÁNCHEZ GAMBOA, Silvio (Org.). *Pesquisa educacional: quantidade – qualidade*. 5.ed. São Paulo: Cortez, 2002. 109p. (Coleção questões da nossa época, v.42).

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador. Disponível em: <http://www.proinfo.gov.br>.