

## Conceitos microscópicos como necessidade do nonhecimento macroscópico na termologia

Braga, Marcel B.P. y Kalhil, J.B.

Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Brasil; marcelbruno79@hotmail.com<sup>†</sup>, josefinabk@yahoo.com  
<sup>†</sup>autor para la correspondencia

Recibido el 1/02/09. Aprobado en versión final el 02/11/2010.

**Sumario.** Com análise nas dificuldades de aprendizagem dos conceitos da termologia, nas escolas públicas do ensino médio de Manaus (Brasil), este trabalho visa expor diagnósticos que contribuam a inibir essas dificuldades e melhore o processo de ensino-aprendizagem através da elaboração de modelos físicos. O fato é que os conceitos da termologia são expostos muitas vezes de forma que não há uma correlação significativa entre causa e efeito dos fenômenos térmicos, por estarem em perspectivas diferentes, entretanto, é necessária uma exposição conceitual dialética e científica entre os dois pontos de vista, pois são complementares para uma aprendizagem significativa. A hipótese é de que os conceitos de termologia são absorvidos pelos alunos de forma superficial, sem critérios científicos das causas naturais, sustentada pela primeira experiência dos sentidos, ou seja, pelo senso comum. A proposta metodológica baseia-se em modelos físicos demonstrados na prática utilizando materiais alternativos, com isso, buscar expor a fragilidade de sustentar conceitos científicos da termologia baseados nos sentidos, ressaltando a sua contribuição no processo de assimilação, utilizar os fundamentos e princípios da racionalidade e logicidade, e proporcionar as condições favoráveis para a manifestação da intuição heurística ou criativa.

**Abstract.** Considering the difficulties in learning termology concepts in the Public High Schools of Manaus (Brazil), this study's purpose is to show diagnostic experiences with the intent of minimize those learning difficulties and improve the teaching-learning process through the elaboration of physical models. Termology concepts are taught frequently in a way in which the relationship between cause and effect of the thermal phenomena are not pointed out, presumably because they are based on different perspectives. Thus, it is necessary a conceptual and dialectical review of the different perspectives, given that they complement each other and are necessary for meaningful learning. We hypothesize that termology concepts are understood by the students in a superficial way, without scientific criteria of natural causes, and supported by their first experience of the senses, that is, by common sense. The methodological proposal is based on the use of physical models that incorporate alternative materials. In this way, we are looking to expose the fragility of using the senses as a way to understand termology concepts by showing their contribution in the process of assimilation; using the principles of logic and rationality; and providing favorable conditions for the manifestation of intuitive heuristics and creativity.

**Palavras chaves:** teaching methods, 01.40.gb, teacher training, 01.40.J-

### 1 Introdução

Este artigo busca justificar a necessidade e relevância de elaborar modelos físicos que representem os aspectos microscópicos de modo que facilite o processo de ensino-aprendizagem da termologia no contexto amazônico. Diante da hipótese de prévios obstáculos epistemológi-

cos na compreensão dos conceitos básicos da termologia por 10 alunos, são realizados questionários como instrumento para obtenção de dados, antes e depois da realização de cinco experimentos. É voltado para professores e pesquisadores que buscam justificar e elaborar recursos pedagógicos apropriados que representem o comportamento das moléculas, e assim que facilitar o ensino da

termologia, da eletricidade e outras áreas dentro do ensino de ciências.

O que justifica o processo de ensino da termofísica é a necessidade de conhecimentos científicos, relativamente concretos, que sejam válidos e satisfatórios na compreensão dos fenômenos relacionados com a temperatura e calor, por parte do aprendiz. Deve-se investigar as dificuldades de aprendizagem desses conceitos na essência, saber quais os fatores psicológicos que desviam o conhecimento científico e filosófico da realidade para um conhecimento vulgar e aparentemente aceitável, porém sem sustentação teórica, fraco, insatisfatório, parcialmente consistente, capaz de sucumbir nos primeiros critérios científicos de validação. É necessário repensar que, por mais claro que se ensine, ainda assim, podem surgir dúvidas, dificuldades no meio de comunicação, o sujeito educador pode acreditar que suas estratégias e metodologias são eficazes, no entanto as formas de como se estruturam os conhecimentos e a logicidade são fatores subjetivos de cada ser, e devem ser levados em consideração. Segundo Bachelard (1996), a esse respeito ele diz: “acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda” [1].

## 2 Fundamentação teórica

Há uma dificuldade de definir alguns conceitos como temperatura e pressão exercida por um gás, geralmente a pressão dos gases são medidos a partir do equilíbrio dessa pressão com a pressão exercida por sólidos e líquidos em amostras de gases confinados [6]. Com o objetivo de saber como é um gás e como se comportam as moléculas, foi elaborado a Teoria Cinética dos Gases, e assim, um conjunto de hipóteses tenta explicar as propriedades e as leis dos gases com base nas leis da mecânica de Newton. Esse modelo dá uma idéia bem razoável do que é um gás e torna possível exprimir em termos matemáticos o valor de sua pressão e de sua temperatura. A observação direta do comportamento dessas moléculas é inviável, com isso, a Termologia se divide em dois aspectos de análise: o macroscópico e o microscópico. O estudo macroscópico só se preocupa com aspectos globais do sistema: o volume que ocupa sua temperatura e outras propriedades que podemos perceber pelos nossos sentidos. Em geral do ponto de vista Macroscópico, analisando as propriedades globais do corpo: energia, posição, velocidade etc.

Porém muitas vezes, para uma compreensão mais profunda do fenômeno, adotamos o ponto de vista microscópico, onde são consideradas grandezas indiretamente medidas, não sugeridas pelos nossos sentidos. Nos fenômenos térmicos, Microscopicamente consideramos a energia

Porém muitas vezes, para uma compreensão mais profunda do fenômeno, adotamos o ponto de vista microscópico, onde são consideradas grandezas indiretamente medidas, não sugeridas pelos nossos sentidos. Nos fe-

nômenos térmicos, Microscopicamente consideramos a energia das moléculas, suas velocidades, interações etc. Entretanto, os resultados obtidos microscopicamente devem ser compatíveis com o estudo feito por meio de grandezas macroscópicas.

Os dois pontos de vista se completam na Termologia, fornecendo de um mesmo fenômeno uma compreensão mais profunda. Por exemplo, a noção de temperatura a partir da sensação de quente e frio sugerida pelos nossos sentidos (ponto de vista macroscópico) se aprofunda quando consideramos o movimento molecular e entendemos a temperatura a partir desse movimento (ponto de vista macroscópico). Outro exemplo é o conceito de energia térmica de um sistema analisada pela sensação térmica, nada mais é do que a soma da energia cinética de todas as moléculas no aspecto microscópico. Esse entrelaçamento de métodos é característico do estudo atual da física, portanto, os conceitos microscópicos são relevantes na investigação das causas dos fenômenos térmicos, pois devem corresponder com a percepção no aspecto macroscópico, e essa aproximação fatalmente contribuirá no processo de ensino-aprendizagem dentro da termologia.

Um modelo é uma representação ou interpretação simplificada da realidade, ou uma interpretação de um fragmento de um sistema segundo uma estrutura de conceitos. Um modelo apresenta apenas uma visão ou cenário de um fragmento do todo. Normalmente, para estudar um determinado fenômeno complexo, criam-se vários modelos.

É necessário partir do pressuposto que os alunos já tragam um conhecimento empírico sobre a termofísica, baseados na sensação térmica, noções de frio e calor. É frequente frases no dia-a-dia como: “estou com calor” ou “hoje o clima está frio”, apesar de transpassar uma “idéia” aceitável do seu significado popular, estão conceitualmente equivocadas, e assim, os conhecimentos se instalam de forma desconexa em forma de emaranhado, tornando-se posteriormente dificuldades na aprendizagem, bloqueando o pensamento do conhecimento científico. Idéias, opiniões, conhecimentos gerais, ideologias, baseados em experiências empíricas são fatalmente conhecimentos vagos e devem ser trabalhados no processo de mudança conceitual, na reconstrução dos conhecimentos. Segundo Bachelard (1996), estes são alguns dos muitos obstáculos epistemológicos, e significam estagnação ou regresso da cognoscibilidade do mundo no processo de aquisição do conhecimento.

As dificuldades do conhecimento prévio sobre os conceitos básicos da termologia estão relacionados com uma suposta desconexão entre os fenômenos observáveis e as causas em escala microscópica, obstáculo esse que deve ser superado com uma sustentação teórica plausível e com construções de modelos físicos que representem uma aproximação do comportamento das partículas, e assim fazer com que facilite a compreensão do fenômeno que se observa. Há uma limitação humana de caráter fisiológico com relação à observação da realidade, nossa visão e nossos sentidos são incapazes perceber

as interações infinitesimais das moléculas, apenas nos traz uma informação subjetiva do que provavelmente esteja acontecendo. Atualmente o homem é capaz de observar imagens de átomos e moléculas através do *microscópio de tunelamento*, no entanto é inviável financeiramente para adquirir com fins educacionais, se assim fosse, contribuiria significativamente no avanço do espírito científico das massas empiristas predominantes. A investigação no processo de ensino-aprendizagem deve concentrar nos critérios de se validar as teorias da termologia em práticas, comprovando experimentalmente de forma dialética, tendo em vista que a verdade é histórica e dinâmica, ou seja, esta interdependente das condições e limitações do andamento da produção moderna.

### 3 Proposta metodológica

A metodologia da abordagem experimental será fundamentada na *aprendizagem significativa de Ausubel*, onde é caracterizada pela interação entre componentes de nossa estrutura cognitiva e a novas informações (Ausubel, 1978). Nesse contexto, a aprendizagem não é somente a indução de novos conhecimentos, mas é principalmente a remodelação daquilo que já estava presente na estrutura cognitiva que será reprocessado pela associação e interação com a nova proposição ancorada em uma estrutura de conhecimento específica (subsunçor), modificando todo o conhecimento que o aprendente possui (Ausubel, 1968). No entanto, é viável processar a aprendizagem significativa na ausência de subsunçores com a utilização de organizadores prévios que atuarão como elo entre o que o aprendente precisa saber, e o que ele já sabe, apresentados antes do conteúdo a ser trabalhado, constituídos em um nível mais alto de abstração e inclusividade que atuam como metodologia diferenciada a manipular a estrutura cognitiva e servindo de ancora para o novo conteúdo [4]. A pesquisa científica foi realizada com os dados obtidos de um pré-teste aplicados em 10 alunos, onde foram identificadas suas preconcepções sobre a termologia, contribuindo na elaboração de organizadores prévios de ensino. Em seguida, foram realizados 5 experimentos de termologia, de forma ordenada e sistematizada, com o objetivo de confronto do senso comum com o conhecimento científico, acrescentando gradativamente subsunçores, visando a reconstrução dos conhecimentos e uma mudança conceitual fundamentada cientificamente. De acordo com os dados levantados na considerado apenas uma pequena amostra de um contexto, porém significativo. Constatou-se que todos os alunos acreditam na existência dos átomos de forma irrefutável, no entanto, alguns demonstraram que se sustentam no *critério da autoridade* [3], isso é um fator subjetivo negativo que deve ser levado em consideração. Apesar de acreditarem na existência dos átomos, surgiram alguns dados interessantes. Quanto ao conceito de calor, foi levantado um questionamento com relação à sensação térmica ao adentrar em um ambiente quente, tipo um porão abafado, a maioria foi capaz de compreender que

este fato esta relacionado à agitação térmica das moléculas que permeiam o meio externo em contato com as moléculas do nosso corpo, menos agitadas em comparação. No entanto, houve uma pequena parcela que acreditaram que essa sensação está no fato de que, as moléculas estão em repouso, e a causa está no atrito entre moléculas do corpo e do meio que possuem tamanhos diferentes. Em outra situação semelhante, as idéias sobre o calor ficaram divididas entre duas concepções antagônicas, a de condição adquirida pelo ambiente e a de energia térmica em movimento onde um ganha e outro perde quando postos em contato. Segundo os alunos, a temperatura é uma sensação térmica, ou seja, um conhecimento formulado pelo tato, através do contato físico entre os corpos. Observa-se que esse conhecimento é construído com fundamentos empíricos, pois é natural buscar explicações dos fenômenos de forma imediata pelos sentidos. Alguns tentaram fugir da pergunta, enquanto outros conceberam uma idéia semelhante a do *flogístico* [2], ou seja, de que a temperatura é uma espécie de fluido, invisível, impalpável, porém detectável, considerado uma propriedade dos corpos, podendo transpassar de um corpo para outro.

A última pergunta estava relacionada com o aquecimento causado por aparelhos elétricos do dia-a-dia como o ferro elétrico, chuveiro elétrico, forno de microondas, estufa de pães etc. Confirma-se o desconhecimento sobre as causas do aquecimento, a grande maioria confirma a existência de partículas em movimento, porém não associa esse movimento ao calor percebido. Alguns afirmaram corretamente as causas científicas, outros apresentaram um conflito dialético negando a existência dos átomos confirmados anteriormente.

Diante dos pré-conceitos identificados, o teste experimental tem como objetivo submetê-los aos critérios teóricos e práticos de validação para a ciência, e assim possibilitar vias de uma aprendizagem significativa, e ainda, constatar a necessidade de elaborar modelos físicos mais apropriados na possível presença de resíduos de incompreensão, considerando os obstáculos epistemológicos (dificuldades de aprendizagem) como parâmetros direcionadores nessa elaboração.

Na experiência dos três baldes de Locke [2], os alunos buscaram tentar explicar o aparente paradoxo das sensações térmicas quando colocadas em um único balde. Constatou-se que a idéia de temperatura é aquela baseada na experiência primeira [1] através do tato, seja colocando a mão na testa de uma criança para verificar se ela esta febril, ou tocando ligeiramente a ponta do dedo no ferro de passar para conferir se ele esta aquecendo, ou ainda verificando se a garrafa de água na geladeira já está gelada. Após a realização do experimento, todos conceberam a existência das moléculas, porém distinguiu-se sobre seu comportamento, uns afirmaram que estavam sempre agitadas, mas outros acreditavam que algumas delas estavam “paradas”, contrariando o modelo cinético das moléculas. Quanto ao paradoxo das sensações térmicas dentro do balde com água morna, na mão aquecida o frio foi associado a “alívio”, enquanto outros defendiam

que “as sensações térmicas são diferentes devido a existência de dois tipos de temperatura na água morna”, uma contradição dialética de conceitos entre si, afinal, quando se diz água morna, acreditasse que esta possui “uma” determinada temperatura e não duas temperaturas. Após algumas explicações sobre a teoria cinética molecular, as respostas começaram a seguir para um outro rumo, com mais clareza, aderindo aos critérios de racionalidade do conhecimento científico, assim, começaram a refutar sobre suas concepções prévias por contradizerem com a lógica da realidade física. Na observação de uma bexiga sendo inflada ao ser aquecida por água fervente e murchada com água solidificante, constatou-se as seguintes afirmações: “enche por causa da agitação das moléculas e murcha pela diminuição dessa agitação”; outras mais vagas, “enche porque muda de temperatura”, no entanto, através do confronto cognitivo, observa-se uma gradual mudança conceitual na medida em que afirmam que a causa está nas diferentes agitações térmicas do ar existente no interior da bexiga.

Ao realizar o experimento Anel de Gravezande, foi indagado aos alunos o porquê da ocorrência da dilatação térmica, as respostas foram diversas, entre elas: “a causa está no fato de que o aquecimento faz desprender as moléculas”, outro; “pelo aumento de temperatura”. Tem-se a idéia de que quando aquecido um corpo ele se dilata, possivelmente é mencionado por intuição, e todos acreditam que a causa está relacionada com a temperatura. Segundo Morin (1999), a elaboração da percepção realiza-se por analogia de identificação das formas percebidas a modelos, *patterns*, esquemas que nos permitem reconhecer. O exame de uma situação relaciona as mais diversas semelhanças entre objetos, seres, fenômenos percebidos e de nossa memória, interroga-as, busca uma mensagem, e o espírito, nas suas estratégias de elucidção, pratica estimulações a partir de analogias, porém, a lógica quebra a analogia ou submete-a para os fins do raciocínio [5]. Assim, quando perguntado aos alunos o que aconteceria se ao invés de aquecer a esfera, resfriar o anel colocando-o no congelador durante certo tempo, e depois tentar passar a esfera pelo anel, alguns responderam da seguinte forma: “as moléculas do anel se concentrariam”, ou; “iria se contrair”, ou ainda; “ele se comprime”. As respostas foram idealizadas e sustentadas na razão do inverso da sensação térmica, tipo, o inverso do quente é o frio, então, o inverso da dilatação é a contração.

Na experiência em que se coloca um canudo de papel em um orifício de uma garrafa *pet* (garrafa de plástico de 2 L), a fumaça do lado externo sobe por empuxo devido leveza provocado pelo aquecimento, e no lado oposto do canudo a fumaça desce por ser mais fria e pesada. No entanto, as respostas sobre a compreensão desse fenômeno voltam a negar a agitação térmica, afirmando o movimento molecular em um caso e negando em outra observação, fato esse preocupante, evidenciando que o experimento por si só ainda causa equívocos, necessitando de subsunções norteadores para a compreensão.

Na última experiência, sopra-se uma bexiga no interior de uma garrafa *pet*, ora enche e ora não enche, fato esse explicado pela comunicação do meio externo com o interno da garrafa por um pequeno orifício. Pareceu evidente entre os alunos que a causa estava na pressão, no entanto, o conceito de pressão estava confuso, associado com a compressão do ar, e novamente com relação ao comportamento das moléculas, alguns afirmaram que estariam paradas, e assim explicavam o porquê da bexiga não encher. Com isso, reforça a necessidade de elaborar novos modelos físicos que representem o aspecto microscópico do comportamento molecular, e assim, auxiliar no processo de ensino e aprendizagem.

## 4 Considerações finais

Os estudos dos fenômenos da terminologia baseado apenas em modelos teóricos, torna-se limitado e demasiado no processo de ensino-aprendizagem. A metodologia na abordagem de conceitos complexos realizados em aulas expositivas já chegou a exaustão, apesar de ser satisfatório e válidos cientificamente, não é capaz de estimular o interesse pelo aprendizado. Tornam-se necessárias abordagens mais criativas, aproximando a percepção sensorial, simbólica e teórica de uma abordagem mais próxima da realidade do conhecimento, com isso, elaboração de modelos físicos como recurso pedagógico facilitador na aprendizagem torna-se uma alternativa apropriada. Deve ser considerado que os aspectos macroscópicos e microscópicos pertencem a concepções epistemológicas distintas, ou seja, seus domínios estão em campos diferentes da física, no entanto, se completam numa unidade dialética dos conceitos. O abismo epistemológico que bloqueia a compreensão está no processo entre o sujeito cognoscente e o objeto a ser conhecido na sua essência, com isso, as investigações para uma melhoria na estratégia didática é necessária.

## Agradecimentos

A universidade do Estado do Amazonas, UEA e a FAPEAM

## Referências

- 1 G. Bachelard, “A formação do espírito científico”, Ed. Delta, (1996).
- 2 A. Zylbersztajn, N. Arden & Studart, , “Coleção explorando o ensino: Física; volume 7”, Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, (2006).
- 3 J. Bazarian, “O problema da verdade”, Ed. Alfa e Omega, (1994).
- 4 E. Ghedin, e outros. “Perspectivas teóricas da aprendizagem no ensino de ciências”, UEA edições, (2008).
- 5 E. Morin, . “O método 3: o conhecimento do conhecimento”, Ed. Sulina, (2005).
- 6 A. Gaspar “Física: Volume único”, Ed. Ática, SP, (2008).