



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CAMPUS ARARANGUÁ  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA  
NATUREZA COM HABILITAÇÃO EM FÍSICA**

**Diego de Medeiros Scarabelot**

**Calor: da Evolução epistemológica à  
(in) evolução Pedagógica**

**Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Ciências da Natureza com Habilitação em Física, do Campus Araranguá do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, como parte das exigências para obtenção do título Licenciado em Ciências da Natureza / Física.**

**Professor Orientador: Dr. Marcos Araquem Scopel**

**Coorientador: Me. Felipe Damasio**

**ARARANGUÁ, 2013**

S285c Scarabelot, Diego de Medeiros  
Calor : da evolução epistemológica à (in) evolução pedagógica  
[monografia] / Diego de Medeiros Scarabelot ; orientador Marcos  
Araquem Scopel. -- Araranguá, SC, 2013.

1v.

Monografia (Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza com  
Habilitação em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Livros didáticos – Avaliação. 2. Calor (Ensino médio) – Estudo e  
ensino. 3. Física (Ensino médio) – Estudo e ensino. I. Scopel, Marcos  
Araquem. II. Título.

CDD: 371.32

**Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC**

**Biblioteca do Câmpus Criciúma**

**Catalogado por Michelle Pinheiro – Bibliotecária CRB14/799**



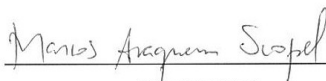
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS ARARANGUÁ  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM HABILITAÇÃO EM FÍSICA

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SANTA CATARINA**

**PARECER DE VIABILIDADE**

Ao analisar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Licenciatura em Ciências da Natureza com Habilitação em Física elaborado pelo aluno Diego de Medeiros Scarabelot, intitulado CALOR: DA EVOLUÇÃO EPISTEMOLÓGICA À (IN) EVOLUÇÃO PEDAGÓGICA constato que o mesmo atende às exigências e correções solicitados pela Banca examinadora.

Araranguá, 14 de Maio de 2013



Orientador Prof.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS ARARANGUÁ  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM HABILITAÇÃO EM FÍSICA

## ATA DE DEFESA

### Ata de defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza com Habilitação em Física

Aos oito dias do mês de março de 2013, com início às 10h e término às 11:30h, no câmpus Araranguá do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), teve lugar a sessão pública da defesa de TCC de **Diego de Medeiros Scarabelot**, matrícula 091000032-8, intitulada **Calor: da evolução epistemológica à (in)evolução pedagógica**, para a obtenção do título de graduado. A banca foi constituída pelo seguintes membros: Prof. Dr Marcos Araquem Scopel, Prof. Me Felipe Damasio e Pedagogo Esp. Idézio M. de Oliveira. O ato teve início com a apresentação da Banca pelo Proseidente, Professor Dr Marcos Araquem Scopel que, a seguir, passou a palavra ao aluno para expor o seu trabalho. Na sequência, os componentes da banca fizeram suas arguições. Que foram respondidas pelo aluno. Ao término da defesa, a banca, após deliberação sigilosa, atribuiu o seguinte conceito: A - com correções e, à vista desses resultados, o Presidente declarou encerrada a defesa, lavrando-se a presente ata que vai assinada pelos professores, membros da banca examinadora, e que será entregue à Coordenação do Curso.

Araranguá, 08 de março de 2013.

Membros da Banca

Prof.  Marcos Araquem Scopel  (presidente)

Prof.  Felipe Damasio

Prof.  Idézio M. Oliveira

**TÍTULO DO TRABALHO**

**CALOR: DA EVOLUÇÃO EPISTEMOLÓGICA À (IN)  
EVOLUÇÃO PEDAGÓGICA**

**DIEGO DE MEDEIROS SCARABELOT**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Licenciado em Física e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Licenciado em Ciências da Natureza com Habilitação em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Instituto Federal de Santa Catarina, 7, março de 2013.

**Prof. Dr. Marcos Anaquem Scopel**

**Prof. Me. Felipe Damasio**

**Esp. Idézio Machado de Oliveira**

# DEDICATÓRIA

*Aos meus pais pelo amor, dedicação,  
incentivo e exemplo.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter sido meu guia em todos os momentos difíceis.

A minha namorada Juliana pelo seu amor, paciência e por ser minha maior incentivadora.

A todos os meus amigos que me acompanharam e sempre estiveram ao meu lado.

Ao meu Orientador, professor Marcos Araquem Scopel pela dedicação, paciência e companheirismo nesta caminhada que compartilhamos juntos, tanto na construção da monografia como na minha passagem como acadêmico.

Ao meu co-orientador, professor Felipe Damasio, pelas contribuições, compreensão e pela amizade ao longo desta caminhada.

Ao especialista Idézio Machado de Oliveira por aceitar o convite para compor a banca avaliadora e por suas relevantes contribuições para o trabalho.

# RESUMO

Neste trabalho propomos investigar a linguagem utilizada por autores de livros didáticos do ensino médio na abordagem do tema calor. Mais precisamente, investigamos os livros do PNLEM (Plano Nacional do Livro didático do Ensino Médio) 2009 e 2012. Mostramos que a linguagem é caracterizada pela substancialização do conceito, por ambiguidades e pelo uso inadequado de expressões que a caracterizam como um obstáculo pedagógico, um potencializador para a aquisição de concepções alternativas e como reforço de obstáculos epistemológicos.



# ABSTRACT

In this work we investigate the language used by authors of high school textbooks in addressing the heat issue. More precisely, we investigate the books of PNLEM (National Plan for High School Textbooks) from 2009 and 2012. We show that language is characterized by the substantiation of the concept, by ambiguities and the inappropriate use of expressions that turns them into a pedagogical obstacle, a potentiator for the acquisition of alternative conceptions and epistemological obstacles reinforcement.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 TEORIA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Os obstáculos epistemológicos e pedagógicos.....</b>	<b>6</b>
<b>3 CONCEITOS DE CALOR NA LINHA DO TEMPO.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Revisão histórica do conceito de calor.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 Experiência de Joule.....</b>	<b>14</b>
<b>4 ANÁLISE DA LINGUAGEM DOS LIVROS DIDÁTICOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Linguagens usadas nos livros do PNLEM 2009.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Linguagens usadas nos livros do PNLEM DE 2012.....</b>	<b>22</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>26</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>
<b>8 ANEXOS.....</b>	<b>38</b>

# 1 Introdução

O Brasil coloca-se como aspirante a grande nação do século XXI, com projeções que o indicam como uma das cinco maiores economias em menos de 20 anos. Este avanço na economia pode ou não ser acompanhado de um avanço científico. Um fator decisivo nesse sentido é o ensino de ciências na Educação Básica, que atualmente está longe de ser considerado razoável. O nosso desempenho em testes internacionais corrobora que o ensino de ciência em nosso país não tem avançado como desejado. Em exames realizados no ano 2006 com 57 países o Brasil ocupou os últimos lugares nos resultados relativos ao ensino de Ciências, na frente apenas da Colômbia, Tunísia, Azerbaijão, Qatar e Quirguistão [1].

Uma política de Estado que procura dar condições de melhoria do ensino, não só de ciências, é a distribuição de livros didáticos em escolas públicas através do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio – PNLEM. O Programa foi criado pela Resolução 26 do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). O Fundo é subordinado a Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação e prevê a distribuição de livros didáticos para os alunos do ensino médio da rede pública de todo o País.

O Ministério da Educação promoveu uma análise criteriosa para que um livro didático fosse comprado e distribuído nas escolas públicas, o que representa um avanço na qualidade das publicações

didáticas no país. Principalmente pelo fato de que esta atitude obrigou as editoras e autores a uma revisão apuradas das obras [2].

A adoção de apostilas ou notas de aula como material didático é uma prática comum em escolas de Educação Básica. Com o PNLEM espera-se que a prática do uso de livros-textos seja viabilizada nas escolas públicas e que o exemplo seja seguido nas escolas particulares. No entanto, mesmo os bons livros brasileiros trazem falta de precisão em alguns conceitos apresentados [3]. Os Parâmetros Curriculares Nacionais de 1997 orientam o professor a utilizar, além dos livros didáticos, materiais diversificados como revistas e computadores, como fonte de informação a fim de ampliar e manter atualizado seus conhecimentos [4]. Porém, os livros didáticos, muitas vezes, são a única fonte de consulta do professor da Educação Básica na preparação de suas atividades pedagógicas [5]. É no sentido de analisar a falta de rigor de alguns livros ao se definirem alguns conceitos de Física que este trabalho é justificado. Sua contribuição está no sentido de alertar o professor da Educação Básica que o referido problema pode vir a se tornar uma barreira pedagógica.

Nossa primeira análise é restrita à Física Térmica e aos livros pertencentes ao PNLEM dos anos 2009 e 2012.

Nosso enfoque irá ancorar-se na seguinte questão: A linguagem usada nos livros didáticos contribui para essa mudança gradual dos conceitos de física térmica ou é um obstáculo?

Outros autores já realizaram trabalhos semelhantes em áreas como a própria física térmica, como pode ser verificado nas referênci-

as [6, 7 e 8], na área de astronomia [9] e em física moderna, mais precisamente abordando o tema relatividade restrita [10].

Para o avanço científico deve existir uma ruptura entre o conhecimento comum e o científico – eles são descontínuos. Os obstáculos epistemológicos funcionam como antirruptura, pontos de resistência ao conhecimento científico [11].

A escolha do mesmo deu-se a partir dos conteúdos que os livros didáticos da rede pública abordam sobre o tema calor. Visto que estes conceitos muitas vezes são considerados inadequados e vagos para a aprendizagem do estudo de física. A partir daí, destaca-se o problema: Como o educador poderá se basear em um livro didático de física se o mesmo não oferece informações relevantes para o educador e para o educando?

Nesse mesmo sentido, Mazzotti e Oliveira [12] afirmam:

*[...] o livro didático “põe sob olhos” os conhecimentos considerados válidos, ocultando as polêmicas que os geraram e geram, dando a impressão de que se está frente a algo definitivo e inquestionável. No ensino das ciências esta atitude é extremamente prejudicial, pois afasta, de imediato, o exercício da razão, uma vez que não se pode pôr em questão os conhecimentos compendiados. O saber escolarizado torna-se, assim, uma expressão de lições fechadas ou dogmas, no sentido moderno, o posto da atitude*

*científica.*

O obstáculo epistemológico levantado neste trabalho reside no seguinte questionamento:

“Como pode um sistema físico CEDER algo que não POSSUI? “Como se pode dizer que calor é a energia cedida (ou recebida) por um corpo se é correto dizer que um corpo não possui calor?”

Para os autores citados logo acima:

*“[...] a crítica das metáforas impróprias é uma das tarefas de toda e qualquer argumentação filosóficas e científicas. Esta tarefa não pode ser deixada de lado quando se trata da educação escolar.”*

## 2 Os obstáculos epistemológicos e pedagógicos

O professor de Física espera que ao final de sua instrução ele, seu aluno e o material instrucional compartilhem significados. De acordo com Ausubel (1980) o fator isolado que mais influência nessa aprendizagem é o conhecimento prévio do aluno. Comumente esse tipo de conhecimento está em desacordo com o que é aceito cientificamente. Essa “modalidade” de conhecimento é chamada de concepção alternativa, a exemplo: a crença de que a luz sai dos objetos, que as estações do ano dependem da distância Terra-Sol entre outras [13].

A grande questão a partir da década 1980 foi como os alunos poderiam trocar as concepções alternativas pelas cientificamente aceitas [14]. Tantas foram as pesquisas neste sentido que o referido período é conhecido como a “década da mudança conceitual” [15].

O modelo mais influente para a mudança conceitual foi o proposto por Posner et al. [16], e está baseado na epistemologia de Thomas Kuhn. Este modelo concorda com outros modelos baseados em Karl Popper e Jean Piaget de que deve haver confronto em situações em que as concepções alternativas não são compatíveis. Nos anos seguintes à proposta de mudança conceitual de Posner e col. um grande número de pesquisas foi feitas na busca da mudança conceitual tendo como base o modelo de Posner. Os resultados foram desanimadores, as concepções alternativas não eram

abandonadas e os estudantes continuavam usando-as no cotidiano [17]. Os próprios autores e outros pesquisadores fizeram críticas ao modelo de Posner et al. [14].

Um modelo de mudança gradual dos conceitos foi proposto por Stephen Toulmin. Ele introduz o conceito de *ecologia conceitual*, em que as idéias constituem populações em desenvolvimento, tanto no plano coletivo como no individual. Nesta proposta, não há revolução como no modelo proposto baseado na epistemologia de Kuhn, e sim uma evolução conceitual. A evolução conceitual seria baseada na competição de um conjunto de conceitos em relação aos que melhores se saem em determinados contextos, em um modelo análogo ao de Darwin para a evolução das espécies [18]. Um indicativo de que não exista mudança conceitual drástica e sim evolução conceitual é a existência de concepções mistas, nas quais os alunos permanecem com suas antigas concepções e incorporam aos poucos as cientificamente aceitas [19].

Neste trabalho abordamos, principalmente, a não existência de mudança conceitual em física térmica e sim uma evolução conceitual. Nosso enfoque ancora-se na seguinte questão: A linguagem usada nos livros didáticos contribui para essa mudança gradual dos conceitos de física térmica ou é um obstáculo?

Para Gaston Bachelard [20] o conhecimento científico é um permanente questionar. Onde o erro tem papel importante, sendo que o conhecimento científico se desenvolve através da retificação de erros [21].



Lopes introduz o conceito de *obstáculo epistemológico*, como aquilo que impede o avanço do conhecimento científico, sendo que o conhecimento comum se constitui em um obstáculo epistemológico. O primeiro obstáculo epistemológico a ser superado é a opinião. Não podemos ter opiniões formadas sobre questões que desconhecemos. A pergunta deve ser formulada e uma pesquisa traçada para se encontrar sua solução, pois os obstáculos epistemológicos estão no conhecimento não formulado [22].

Outro conceito importante introduzido por Bachelard é o de *obstáculo pedagógico*. Este tipo de obstáculo limita o espírito científico através da simplificação inexata dos conceitos para o ensino com a justificativa de que assim a aprendizagem se torna mais fácil [21].

As rupturas não ocorrem apenas entre o conhecimento comum e o científico, mas também dentro do desenvolvimento científico. Como exemplo pode-se citar a física relativística rompendo com a newtoniana. Porém, a teoria anterior não é completamente abandonada, ela permanece válida sob certos limites [11]. Bachelard (2002) acredita no progresso evolutivo do conhecimento científico através da ordem: (i) realismo ingênuo, (ii) positivismo-empirismo, (iii) racionalismo, (iv) racionalismo completo e (v) racionalismo dialético. Ele acredita que esta ordem se aplica a todos os conceitos do conhecimento científico, apesar de o obstáculo epistemológico entre cada estágio ser diferente para diferentes conceitos. O conhecimento posterior vai contra o conhecimento anterior, corrigindo seus erros

[21].

Em sua obra *A filosofia do não* Bachelard [22], traça a evolução do conceito de massa: (i) conceito animista, (ii) quantidade de matéria, (iii) razão entre força e aceleração, (iv) massa relativística, depende da velocidade e (v) massa positiva e massa negativa.

É preciso ressaltar que a negação a que se refere Bachelard não é a mesma que Kuhn propôs como revolução científica e que fundamentou o modelo de Posner e col. No modelo kuhniano existem longos períodos de predomínio de uma teoria intercalados com revoluções. Já para Bachelard, estas rupturas são constantes, estamos a todo momento nos apossando de conhecimentos que irão contrapor-se a um conhecimento anterior, e este rompimento deve superar os obstáculos epistemológicos [11].

No que se refere à Física Térmica, não se espera que um aluno do Ensino Básico tenha conceitos como o de calor evoluindo nos 5 estágios propostos por Bachelard. A análise que faremos a seguir mostra que a linguagem usada nos livros didáticos se coloca como um obstáculo pedagógico para que o aluno saia do primeiro estágio e comece a avançar no processo de evolução dos conceitos de física térmica. Ela funciona como um obstáculo epistemológico que tende a evitar a ruptura do conhecimento comum (as concepções alternativas) para o científico, ainda em seus primeiros estágios. A linguagem usada nos livros de Física também merece ser analisada para verificar se ela está simplificando demais os conceitos e

tornando-se inexata. Caso isso ocorra, ela se constituirá em obstáculo pedagógico.

Ainda segundo Luciano Gomes [23] “[...] o linguajar utilizado pelos autores dos livros didáticos reforçam o desenvolvimento de concepções alternativas dos alunos. Haja vista a semelhança entre o que está escrito nos livros e o que os alunos dizem”.

# 3 Os conceitos de calor na linha do tempo

## 3.1 Revisão histórica do conceito de calor

As primeiras ideias a serem abordadas sobre o calor, surgiram em meados do século XVII. Dentre os principais estudiosos que iniciaram seus estudos sobre o tema, podemos citar Roger Bacon, Francis Bacon, Joannes Kepler e Boyle. Todos influenciados pelas ideias de Platão e Aristóteles, e que afirmavam ser “*o calor uma forma de “movimento”*”.

Outra visão sobre o calor nesse mesmo tempo foi dada por Isaac Newton, que afirmava que o *calor estava relacionado a possíveis vibrações do éter*. Já Galileu Galilei, apontava o *calor como um fluido*, e Gassendi (1592-1655) admitia duas espécies de matéria térmica, onde uma produzia o calor, e a outra produzia o frio.

Havia ainda naquela época estudiosos que associavam o *calor ao flogístico*, que era determinada como uma substância hipotética que estaria contida nos corpos que pegam fogo. Essa teoria foi aceita por muito tempo e apesar de parecer verdadeira, poucas experiências quantitativas sobre a combustão haviam sido realizadas até então. Essa idéia foi questionada por Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), que se utilizando da química, provou a inexistência do flogístico. Ele conseguiu comprovar que o ar era uma

composição de elementos, entre eles, o oxigênio, o qual além de conter massa, participava das combustões, possibilitando-lhe, a partir disso, a realização de novas experiências de combustão [24].

Para afirmar a inexistência do flogístico, Lavoisier construiu um experimento utilizando dois recipientes, mercúrio, campânula e fogo, como ilustra figura a seguir,

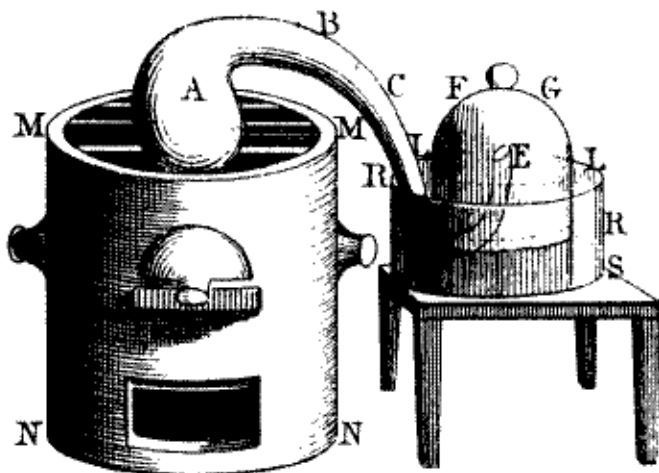


Fig. 1 Experimento de Lavoisier. Ilustração de autoria de Madame Lavoisier, do livro de seu marido Antoine Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie* (Tratado elementar de química), de 1780 [24].

Descrição do experimento e conclusões de Lavoisier extraído da referência [25]

*“...para realizar essa experiência Lavoisier curvou o recipiente ABCDE, nele colocou um pouco de mercúrio e o pôs a ferver durante 12 dias no forno*

*MMNN. O vapor produzido saiu pela abertura E no interior da campânula FG que continha mercúrio até o nível LL. Se o flogístico existisse, ele sairia com o vapor e teria se misturado ao ar aprisionando na campânula. Mas Lavoisier verificou que nesse ar foi impossível acender fogo ou manter vivo qualquer animal. Em contrapartida, boiando no mercúrio que restou da fervura, formaram-se finas placas vermelhas que, ao serem aquecidas em um retorta, tornaram-se extremamente brilhantes até desaparecerem completamente em poucos minutos; o ar nesse recipiente, ao contrário daquele proveniente do mercúrio fervido, favorecia extraordinariamente a combustão e “era tão respirável como o ar mais puro da atmosfera”.*

*Lavoisier, que já sabia da descoberta, na Inglaterra, de um gás que favorecia a combustão, percebeu ter obtido também esse gás, que mais tarde chamou de oxigênio -- e concluiu, por fim, que o fogo não vem do flogístico, substância inexistente, mas se “alimenta” do oxigênio contido no ar [24].*

Excluindo o flogístico da teoria, Lavoisier no final do século XVIII propôs que o calor era uma forma de matéria específica, sendo um fluido eminentemente elástico que o produz, dando o nome a esta teoria de calórico, um fluido invisível e elástico (que podia penetrar

todas as substâncias) e imponderável (que não podia ser criado e nem destruído. Essa ideia iria perdurar por muito tempo, até o início do século XIX, talvez dado o seu grande prestígio científico à época.

Na busca por provas experimentais para a conservação do calórico ao engenheiro americano Benjamin Thompson (1753-1814), conhecido também como Conde de Rumford observou que o aquecimento de um cano de canhão perfurado por uma broca se dava à limalha solta durante a perfuração, que liberaria o calórico. Porém, o cano de canhão voltava a se aquecer mesmo quando se utilizava uma broca cega que agora não mais perfurava o cano nem mesmo liberava limalhas.

*“...Em 1798 Rumford fez um experimento em praça pública utilizando uma ferramenta cega que girava sobre uma superfície metálica lisa durante horas seguidas sem produzir partícula alguma de metal. O calor produzido era tanto que a água utilizada para resfriar o sistema atingia o ponto de ebulição e se transformava em vapor. Essa e outras experiências levaram a um abandono da teoria do calórico\* [25]. (para melhor compreensão do calórico, consultar o anexo A).*

Ao pensar sobre o assunto, Rumford considerou:

*“...que a fonte de calor gerado pelo atrito, nessas*

*experiências, era visivelmente inexaurível.... parecia ser extremamente difícil se não impossível, formar uma idéia definida de alguma coisa capaz de ser excitada e transmitida da maneira pela qual o calor era excitado e transmitido nessas experiências, a menos que essa coisa fosse movimento” [25].*

Apesar de muitos autores de livros didáticos afirmarem que os argumentos de Rumford foram suficientes para o abandono da teoria do calórico, Gomes [23] afirma que essa idéia tão amplamente divulgada nos textos está equivocada. Luciano enfatiza que os experimentos realizados por Rumford não teriam desempenhado um papel tão relevante ao ponto de se abandonar tal teoria e que o declínio do calórico se deu realmente com o advento da conservação da energia e com o cálculo do equivalente mecânico do calor realizado por Mayer e Joule.

## 3.2 O experimento de Joule

Somente no ano de 1840, e partir de seus experimentos, James Prescott Joule provou que o calor não era um fluido e sim uma forma de energia. Seu objetivo era:

*“.....que a medida que a energia mecânica de um sistema diminui, seria gerada certa quantidade de calor e que essa quantidade de calor era sempre a*

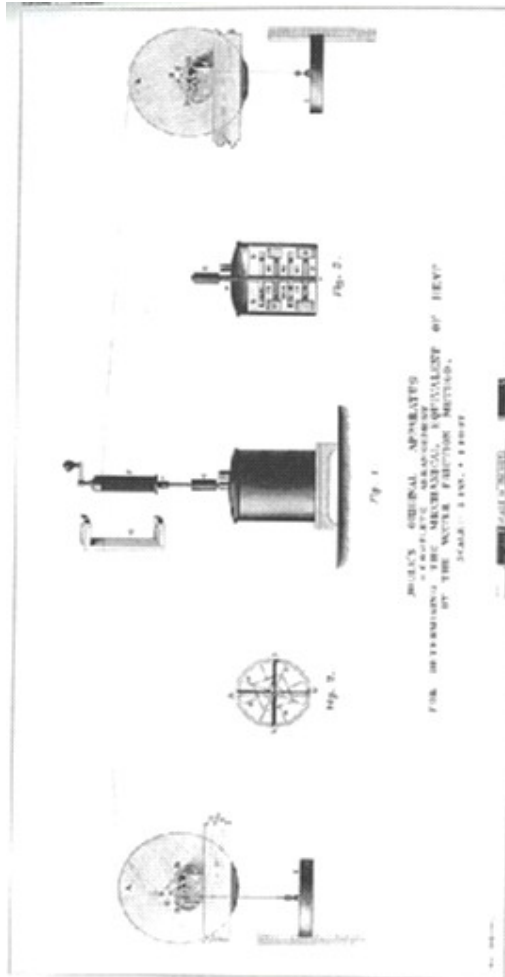


*mesma para a mesma quantidade de energia mecânica perdida” [24].*

Ele desenvolveu um gerador elétrico que funcionava através de queda de pesos, descendo lentamente, fazendo com que girasse uma roda com várias palhetas dentro de água de um calorímetro, produzindo o aquecimento desta, assim repetindo várias vezes e aperfeiçoando seu experimento. Uma ilustração do aparato de Joule é mostrada na figura 2 na página seguinte.

As conclusões relatadas por Joule foi publicadas em 1849, onde afirmava que a quantidade de calor produzida pelo atrito entre as pás e a água, líquidos ou sólidos, sendo sempre proporcional a quantia de energia gastada. Outro relato foi onde a quantidade de calor capaz de elevar 1°F, requer o consumo de energia mecânica igual a queda de um corpo de 772 libras de altura de 1 pé [24] .

Através destes relatos pode perceber que o calor não poderia ser um fluido, como afirmava a teoria do calórico, pois dessa forma o calor seria inesgotável, o que seria impossível.



2. Experimento de Joule. Desenho do aparato original de Joule produzido pelo museu da ciência e indústria de Manchester, Inglaterra, onde esta em exposição [24].

Com o intuito de facilitar a compreensão da evolução da história dos conceitos de calor, desenvolvemos um mapa conceitual que traz os principais pensadores da teoria do calor, suas idéias e a época em que se desenvolveram:



Fig. 3 Mapa conceitual sobre a evolução dos conceitos de calor.

## 4. Análise da linguagem dos livros didáticos

O obstáculo epistemológico levantado neste trabalho reside no seguinte questionamento: Como pode um sistema físico CEDER algo que não POSSUI? Este questionamento surge em virtude da abordagem utilizada em muitos livros do ensino médio ao versar sobre o conceito de **calor**. Nas obras pesquisadas, verifica-se que os autores se referem de maneira correta ao conceito de calor como energia **transferida de um corpo para o outro** em virtude de uma diferença de temperatura entre ambos. Do mesmo modo, enunciam de alguma ou outra forma que **Não é correto dizer que um corpo possui calor!** Diante do exposto é razoável pensar-se: “Se Calor é energia transferida de um corpo para outro, como pode ser correto dizer que um corpo não possui calor? Afinal, se ele não tem calor, como pode transferir calor?”

### 4.1 Linguagens usadas nos livros do PNLEM 2009

Escolheu-se analisar 6 livros textos do PNLEM 2009 utilizados no ensino médio da rede pública de ensino brasileiro. Para cada uma dessas obras apresentou-se um excerto do texto original e ao final de todos os excertos fizeram-se comentários sobre todos.

Abaixo se transcreveram os excertos extraídos das respectivas obras:

Livro 1 [26]

Autores: SAMPAIO e CALÇADA

Excerto extraído da pág. 148

**Calor** é a energia que passa de um corpo a outro (enquanto não é atingido o equilíbrio térmico) devido ao fato de um corpo estar mais quente que o outro. Essa energia só pode ser chamada de calor **enquanto está sendo transferida**. Depois que essa energia é absorvida por um corpo, ela é chamada de energia interna (cinética ou potencial). Portanto é **errado** falar em “calor contido num corpo”.

Pelo fato de o calor ser uma energia que está sendo transferida, ele é chamado de **energia em trânsito**.

Livro 2 [27]

Autores: PENTEADO e TORRES

Excertos extraídos da pág. 54

“Calor é energia térmica que se transfere entre corpos a diferentes temperaturas.”

“Daí não ter sentido falar-se em “calor contido em um corpo”...”.

Livro 3 [28]

Autores: DA LUZ e ALVARENGA

Excertos extraídos da pág. 106

“Calor é a energia transferida de um corpo para outro em virtude, unicamente, de uma diferença de temperatura entre eles.”

“Não se pode, portanto, dizer que um corpo possui calor...”

Na realidade o que um corpo possui é energia interna e quanto maior for a sua temperatura, maior será esta energia interna. Naturalmente, se um corpo está a uma temperatura mais elevada do que outro, ele pode transferir parte e sua energia interna para este outro. “Essa energia transferida é o calor que está passando de um corpo para o outro.”

Livro 4 [29]

Autor: SAMPAIO e CALÇADA

Excerto extraído da pág. 167

Atualmente dizemos que o calor é uma forma de energia que se transmite de um corpo a outro em razão da **diferença de temperatura**. Essa energia só é chamada calor enquanto está sendo transferida (energia **em trânsito**). Depois que ela é absorvida pelo corpo não pode ser chamada de calor. Não é correto falar em *calor*

*contido num corpo.*

Livro 5 [30]

Autor: ALBERTO GASPAR

Excertos extraídos da pág. 352

Para entender como essas alterações ocorrem é preciso medir o calor cedido ou absorvido por um corpo e avaliar as diferentes capacidades que certas substâncias têm de ceder ou absorver calor e como se processam as trocas de calor entre os corpos.

(...) parte da energia interna de A foi transferida para B. Essa energia que se transfere de um corpo para outro por causa apenas da diferença de temperatura entre eles é chamada de **calor** ou **energia térmica**.

Livro 6 [31]

Autores: FILHO e TOSCANO

Excertos extraídos da pág. 141

**Calor** é a transferência de energia de um objeto ou sistema para outro, devido, exclusivamente, à diferença de temperatura entre eles

É comum uma pessoa dizer que está com calor. Fisicamente, entretanto, o calor não está nas pessoas, objetos ou sistemas. Ele representa um modo de transferir energia de um sistema para outro, por causa da diferença de temperatura entre eles. A energia total que as moléculas de um objeto possuem é considerada sua **energia interna**, e não seu calor. A frase “Estou com calor” não tem sentido para a física.

## 4.2 Linguagens usadas nos livros do PNLEM DE 2012

Livro 7 [24]

Autor: ALBERTO GASPAR

Excertos extraídos da pág. 334

A lei da termodinâmica garante que, com o decorrer do tempo, a temperatura do bloco A diminui enquanto a temperatura do bloco B aumenta, até que ambos atinjam a mesma temperatura no equilíbrio térmico. Como o sistema é isolado, pode-se explicar esse fenômeno admitindo-se que a parte da energia interna do bloco A foi transferida para o bloco B. A essa energia que se transfere de um corpo a outro, devida apenas à diferença de temperatura entre eles, chamamos *calor* ou *energia térmica*.



Livro 8 [32]

Autores: DA LUZ E ALVARENGA

Excertos extraídos da pág. 73

Modernamente, considera-se que, quando a temperatura de um corpo é aumentada, a energia que ele possui em seu interior, denominada energia interna, também aumenta. Se este corpo é colocado em contato com outro, de temperatura mais baixa, haverá transferência de energia do primeiro para o segundo, energia esta que é denominada calor.

“calor é a energia transferida de um corpo para outro em virtude, unicamente, de uma diferença de temperatura entre eles”.

Não se pode, portanto, dizer que “um corpo possui calor” ou que “a temperatura é uma medida do calor no corpo”. Na realidade, o que um corpo possui é energia interna e quanto maior for sua temperatura, maior será esta energia interna.

Livro 9 [33]

Autores: YAMAMOTO E FUKU

Excertos extraídos da pág. 38

O calor é a energia térmica em trânsito devido a diferença de temperatura existente, fluindo espontaneamente do sistema de maior para o de menor temperatura.

Livro 10 [34]

Autores: OLIVEIRA et al.

Excertos extraídos da pág. 167

Calor é a energia na forma térmica que se transfere de um corpo para outro, ou, em outras palavras, a energia térmica em trânsito.

Livro 11 [35]

Autores: BÔAS e col.

Excertos extraídos da pág. 95

Ao colocarmos dois corpos de temperaturas diferentes em contato térmico, notamos que eles buscam uma situação em que suas temperaturas se tornam iguais. Quando isso ocorre, dizemos que os corpos atingiram o equilíbrio térmico.

Para que isso aconteça, o corpo de maior temperatura fornece certa quantidade de energia térmica ao de menor

temperatura. Isso provoca uma diminuição em sua temperatura e um aumento na temperatura do corpo inicialmente mais frio, até que se estabeleça o equilíbrio térmico.

Essa energia térmica, quando e apenas enquanto está em trânsito, é denominada **calor**.

“**Calor** é a energia térmica em transito de um corpo para outro ou de uma parte para outra de um mesmo corpo, trânsito esse provocado por uma diferença de temperatura”.

Livro 12 [36]

Autores: SILVA e FILHO

Excertos extraídos da pág. 352

Quando misturados, a temperatura do café começará a diminuir e a do leite irá aumentar, até chegarem a uma temperatura comum. Assim, dizemos que houve uma transferência de energia térmica do café para o leite. A essa transferência de energia térmica damos o nome de *calor*.

“Calor é a energia térmica em trânsito”.

## 5 Resultados e discussões

Com o intuito de facilitar a análise dos resultados, mostramos logo abaixo uma tabela com um resumo das expressões encontradas nos livros didáticos mencionados acima no texto.

<b>Obras</b>	<b>Expressões utilizadas nos livros didáticos</b>
1	<b>Calor é:</b> a energia que passa de um corpo para outro.
2	a energia térmica que se transfere entre corpos.
3	a energia transferida de um corpo para outro.
4	uma forma de energia que se transmite de um corpo a outro.
5	energia que se transfere de um corpo para outro por causa apenas da diferença de temperatura.
6	a transferência de energia de um objeto ou sistema para outro.
7	energia que se transfere de um corpo a outro, devida à diferença de temperatura entre eles.
8	a energia transferida de um corpo para outro.
9	a energia térmica em trânsito devido a diferença de temperatura existente.
10	a energia na forma térmica que se transfere de um corpo para outro.
11	a energia térmica em trânsito de um corpo para outro.
12	a transferência de energia térmica

Tabela 1. Expressões retiradas dos livros do PNLEM 2009 e 2012, sobre calor.

Pode-se verificar por inspeção na tabela abaixo que na maioria das obras a definição de calor é a de energia que passa de um corpo para outro. As exceções são as obras 9, 11 e 12 que entendemos mostrar calor como um processo de transferência de energia. Ou seja, nas obras de 1 a 8, e 10 as definições apresentadas reforçam a concepção alternativa de que um corpo possui calor. Pois se um corpo transfere algo, ou alguma coisa, é porque esse corpo possui algo ou alguma coisa que pudesse ser transportado de um lugar para outro.

Em consonância com nossa proposta a cerca do uso impróprio de expressões em livros didáticos Cindra e Teixeira [37] relatam que:

*em muitos livros, principalmente os de Química e de Física introdutória, são utilizadas expressões infelizes, referindo-se, por exemplo, as ‘calor de um corpo’ como se o calor fosse uma propriedade do corpo; ou ainda empregam termos como ‘energia térmica’, por meio de um conceito indefinido, muitas vezes obscuro e ambíguo.*

Da mesma forma Sears e col. [38] afirmam que é necessário uma considerável consideração para responder corretamente uma questão aparentemente trivial:

*“Não é correto se afirmar que um corpo tem uma certa quantidade de calor, embora o seja dizer que este corpo transferiu calor para um outro. Como é possível*

*um corpo fornecer algo que não tem?”*

Para Santos [39] sob o ponto de vista dos obstáculos epistemológicos de Bachelard [40], o obstáculo substancialista do conceito de calor tem a característica de:

*[...] assumir a substância como fundamento da realidade mesma. Este obstáculo, como diz o próprio Bachelard, é essencialmente polimorfo, vago e imersamente tolerante. A substancialização não explica como realmente age o calor. A simples presença da substância é suficiente para que o fenômeno aconteça. A substância exerce uma função que se auto-justifica. Não há necessidade de maiores explicações, pois por definição, a substância do calor tem a função de aquecer. Todo o processo é explicado pelas qualidades inerentes à substância [...].*

## 6 Conclusão

Neste trabalho propomos alertar os professores sobre as simplificações nas definições e afirmações sobre o calor. Historicamente podemos notar a utilização, por parte de muitos autores de livros didáticos, de afirmações sobre o calor que mesmo fisicamente corretas se utilizam de uma linguagem indevida, que em nosso entendimento, potencializa a assimilação de concepções alternativas. São inúmeros os trabalhos que trazem reflexões sobre o conceito de calor e que destacam o uso de definições impróprias sobre esse tema, tanto nas abordagens dos livros de ensino superior como naqueles destinados à educação básica. Conceitos incorretos e expressões inadequadas sobre calor têm ocasionado “inúmeros transtornos” a alunos, principalmente àqueles ligados a uma educação introdutória desse conceito. Como exemplo, podemos citar a análise feita por SILVA et al. [7], que expõem a ambigüidade na interpretação do conceito, ora como energia, ora como transferência de energia. Ou ainda os equívocos comuns no seu uso em explicações de fenômenos de aquecimento em que não há variação de temperatura.

Nesse mesmo sentido, afirmam os autores Sears e Zemansky [38] que “devem ser evitadas afirmações tais como: “o calor em um corpo é a energia de movimento de suas moléculas”. Ainda segundo Gomes [23] “o obstáculo substancialista do conceito de calor também dificulta a compreensão científica de outros fenômenos físicos que se originaram com o desenvolvimento da teoria do calor como um

processo.”

O próprio Einstein em 1948 manifestou-se alertando a respeito da utilização de conceitos inadequados na teoria da relatividade restrita, mais precisamente, pelo uso da expressão da massa relativística:

*“Não é bom introduzir, para um objeto móvel, o conceito de*

$$M = m \sqrt{\frac{1 - v^2}{c^2}}$$
*massa para o qual nenhuma definição clara é fornecida. É melhor não introduzir qualquer outra massa além da ‘massa de repouso’ m. Em vez de introduzir M; é melhor mencionar as expressões para o momentum e a energia de um corpo em movimento” [10].*

A principal contribuição que pretendemos deixar é a de que o professor, ao se utilizar de livros didáticos, atente para a “qualidade” da linguagem abordada sobre o conceito de calor. Da forma como alguns autores têm tratado o tema, é imprescindível a vigilância do professor em não apenas detectar falhas conceituais, mas em observar a utilização de expressões e conceitos inadequados sobre o tema. Para nós é bastante claro que a utilização de expressões como aquelas citadas na tabela 1 dificultam o entendimento do conceito de calor. E por isso mesmo, se não podemos evitá-las, pois historicamente fazem parte da literatura, temos de atentar para a necessidade de se fazer ações de intervenção que visem o



aprofundamento do conteúdo. No uso de simplificações conceituais, da substancialização do conceito, com o pretexto de tornar o conteúdo mais fácil para ser entendido, corre-se o risco de transformar o *facilitar demais em dificultar demais* o entendimento de conceitos. Não se pode deixar o aluno “a sorte” de uma linguagem inadequada, deixá-lo desassistido de ações que complementem e aprofunde sua formação. As expressões que analisamos neste trabalho, trazem “implícitas” consigo a barreira pedagógica de que um corpo possui calor, e uma *substancialização de conceitos desassistida* apenas reforça esse tipo barreira.

A despeito de todas as questões levantadas sobre o ensino do calor vemos como um desafio, qualquer tentativa de abordagem do tema. Desse modo, a fim de superar toda uma gama de obstáculos que se fazem presentes nos faz-se necessário que o professor tenha uma postura crítica frente a eles.

## 7 Referências

[1] PEREIRA, G. R.; CHINELLI, M. V. e SILVA, R. C. **Inserção dos centros e museus de ciências na educação: estudo de caso do impacto de uma atividade museal itinerante**. v.13, n.3, p.100-119, Ciência & Cognição, Rio de Janeiro, dez. 2008.

[2] CARDOSO, H. B.; FREIRE, P. T. C. e FILHO, J. M. **Arquimedes e a lei da alavanca: erros conceituais em livros didáticos**. v. 23, n. 2, p. 218-237, Cad. Bras. Ens. Fís., Florianópolis, ago. 2006.

[3] MORS, P. M. **Alguns comentários sobre a linguagem em livros de física básica**. v. 30, n. 2: p. 2101, Rev. Bras. Ens. Fís, São Paulo, jun. 2008

[4] PIMENTEL, J. R. **Livros didáticos de ciências: a física e alguns problemas**. v. 15, n. 3: p. 308-318, Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis: UFSC, , dez. 1998.

[5] LANGHI, R. e NARDI, R. **Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências**. v. 24, n.1: p. 87-111, Cad. Bras. Ens. Fís., Florianópolis: UFSC, abr. 2007.

- [6] KOHNLEIN J. F. K. e PEDUZZI S. S. **Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura.** Rev. Bras. Invest. Edu. Ciências, 2002.
- [7] SILVA, OSMAR H. M. DA.; LABURÚ, CARLOS E. e NARDI, ROBERTO. **Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula.** Cad. Bras. Ens. Fís. Florianópolis: UFSC, 2008.
- [8] ROLANDO, A. e MAGALE, E. B. **O conceito de Calor nos livros de ciências** Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis: UFSC, 1989.
- [9] LANGHI, R. e NARDI, R. **Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências.** Cad. Bras. Ens. Fís., Florianópolis, 2007.
- [10] ORSTEMANN, F. **Relatividade Restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa energia em livros didáticos.** v.21,n.1 Cad. Bras. Ens. Fís., Florianópolis: UFSC, 2004.
- [11] LOPES, A. R. C. **Bachelard: O filósofo da desilusão.** Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis, 1996.

[12] MAZZOTI, T. B.; OLIVEIRA, R. J. A retórica das teorias pedagógicas: uma introdução ao estudo da argumentação. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED - GT FILOSOFIA DA EDUCAÇÃO, 22. Caxambu: ANPED, p. 01-12, 1999. In: GOMES, L. C. A ascensão e queda da teoria do calórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis: v. 29, n. 3, 2012.

[13] DAMASIO, F. e STEFFANI, M. H. **A física nas séries iniciais (2ª a 5ª) do ensino fundamental: desenvolvimento e aplicação de um programa visando a qualificação dos professores.** v.13, n.4: p.4503, Rev. Bras. de Ens. Fís.: São Paulo, dez. 2008.

[14] ARRUDA, S M. e VILLANI, A. **Mudança conceitual no ensino de ciências.** v. 11, n. 2 Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis: UFSC, 1994.

[15] MOREIRA, M. A. e GRECA, I. M. **Mudança conceitual: análise crítica e propostas a luz da teoria da aprendizagem significativa.** v.9, n.2: p.301-315, Ciência e Educação, Bauru, , jun. 2003.

[16] POSNER, G.; STRIKE, K.; HEWSON, P. e GERTZOG, W. **Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change.** Science Education, v. 66: p.211-227, 1982.

- [17] DUIT, R. **The constructivist view in science education – what is has to offer and what should not be expected from it.** v.1, n.1, p. 40-75, Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, , 1996.
- [18] ARIZA, R. P. e HARRES, J. B. S. **A epistemología evolucionista de Stephen Toulmim e o ensino de ciências.** v.19, Cad. Bras. Ens. Fís. Florianópolis: UFSC, 2002.
- [19] NUSSBAUM, J. **Classroom conceptual change: philosophical perspectives.** International Journal of Science Education, v.11, p. 530-540, 1989.
- [20] BACHELARD, G. **A formação do espírito científico.** São Paulo: Contraponto, 2002. 316p.
- [21] MASSONI, N. T. **Epistemologias do século XX.** Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 2005. 96p.
- [22] BACHELARD, G. **A filosofia do não.** Lisboa: Editorial Presença, 2009. 125p.
- [23] GOMES, L. C.; **A ascensão e queda da teoria do calórico.** v. 29 n.3 Cad. Bras. Ens. Fís. Florianópolis: UFSC, 2012.
- [24] GASPAR, A.; **Compreendendo a física.** vol. 2. 1 ed. São Paulo:

Ática, 2011.

[25] PEREIRA V. M. e CARDOZO L. F. T. **O conceito de calor nos livros didáticos de física**. Atas do V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Nº 5, 2005. In: [38]

[26] SAMPAIO, JOSÉ L. P. e CALÇADA, CAIO S. V. **Física 2**, v. 2, 2. ed, São Paulo: Saraiva, 2005.

[27] PENTEADO, P. C. M. e TORRES, C. M. A. **Física Ciência e Tecnologia**, v.2, 1. ed. São Paulo: Moderna, 2005.

[28] MÁXIMO da LUZ, A. e ALVARENGA, BEATRIZ. **Física**, v. 2, 1. ed. São Paulo: Scipione 2008.

[29] SAMPAIO, JOSÉ L. P.; CALÇADA e CAIO S. V. **Física 2**, v. único, 2. ed, São Paulo: Atual, 2005.

[30] GASPAR, ALBERTO **Física**, v. único, 1. ed. São Paulo: Ática, 2008.

[31] FILHO, AURÉLIO G. e TOSCANO, C. **Física**, v. único, 1. ed. São Paulo: Scipione, 2005.

[32] LUZ, A. M. R. e ÁLVARES, B. A.; **Curso de física**. vol. 2. 1 ed. São Paulo: Scipione, 2011.

[33] YAMAMOTO, K. e FUKE, L. F. **Física para o ensino médio**. 1

ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

[34] OLIVEIRA, M. P. P. et al. **Física em contextos** 1. ed. v. 2 São Paulo: FTD, 2010.

[35] BÔAS, V. N.; DOCA, R. H. e BISCUOLA, G. J. **Física**. vol. 2, 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

[36] SILVA, C. X. e FILHO, B. B.; **Física aula por aula**. vol. 2, 1 ed. São Paulo: FTD, 2010.

[37] CINDRA, J. L. **Discussão conceitual para o equilíbrio térmico** v. 21: p. 176-193, Cad. Bras. Ens. Fís., Florianópolis, ago. 2004]

[38] SEARS, F.; ZEMANSKY, M. W. e YONG, H. D. **Física 2 – Mecânica dos Fluidos, calor e Movimento ondulatório**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

[39] SANTOS, Z. T. S. **Ensino de entropia: um enfoque histórico e epistemológico**. 2009. 166 f. tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, UFRGN, Natal, 2009.

[40] BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

## ANEXO A

Segundo Luciano C. Gomes [23] as propriedades do calórico são:

- A) É uma substância material, um fluido elástico, constituído por partículas que se repelem fortemente;
- B) Suas partículas são atraídas pelas partículas da matéria comum com intensidade diferente para cada substancia e estado de agregação;
- C) Pode ser sensível, espalhando-se pelos espaços vazios das substancias até formar, por meio da atração que existe entre suas partículas e as da matéria ordinária, uma espécie de “atmosfera” ao redor dessas últimas. A temperatura de um corpo é diretamente proporcional à quantidade de calórico sensível que possui;
- D) Pode ser latente, combinando-se com as partículas da matéria comum de forma semelhante ao que ocorre com as combinações químicas, ao contrário da justaposição que acontece com o calórico sensível;
- E) Não pode ser criado ou destruído;
- F) Têm um peso desprezível.