

## **Distorções Conceituais em Imagens de Livros Textos: O Caso do Experimento de Joule com o Calorímetro de Pás**

Luiz Augusto Carmo

(Universidade Federal Rural de Pernambuco - CODAI - Rua D. Manoel de Medeiros S/N - Dois Irmãos - Recife - Pernambuco - e-mail: laugusto@hotmail.com.br)

Alexandre Medeiros

(Universidade Federal Rural de Pernambuco - PPGEC - e-mail: med@hotmail.com.br)

Cleide Farias de Medeiros

(Universidade Federal Rural de Pernambuco - PPGEC - e-mail: cfmed@hotmail.com.br)

### **Resumo**

O presente trabalho investiga as distorções conceituais, presentes nos livros textos de física, a respeito do célebre experimento do calorímetro de pás, realizado por Joule no século XIX. Procurando traçar um breve quadro histórico que confere sentido ao problema, são analisados certos detalhes essenciais que demonstram a complexidade daquele experimento e conferem um significado especial ao mesmo. Um detalhamento visual dos procedimentos experimentais de Joule é exibido, no sentido de contrastá-lo com as representações visuais fornecidas pelos livros textos analisados. Um quadro das principais categorias de simplificações identificadas nos textos é mostrado, em conjunto com uma sequência de exemplos de tais imagens. Ao final, comentários, apoiados nos dados desta pesquisa, são feitos com o objetivo de repensar o papel das representações visuais nos livros textos de física.

### **Introdução**

Muitos estudos têm apontado para as distorções introduzidas pelos livros textos de ciências e em especial de física (Kuhn, 1970; Siegel, 1979). As pesquisas têm evidenciado a presença, em tais textos, de várias distorções, tanto do ponto de vista histórico quanto filosófico e conceitual (Medeiros, 1992; Tehhart, 1988, Strubbe, 1988). Os livros didáticos têm dedicado quase todo o espaço impresso, à apresentação dos conceitos e princípios da ciência, dando pouca atenção à natureza do conhecimento científico ou como tenha ele sido desenvolvido (Gallagher, 1991). Parcela relevante dessas pesquisas, no entanto, tem centrado suas análises, mais nos aspectos discursivos dos textos investigados, deixando de lado os sentidos incorporados nas imagens utilizadas nos livros textos. A análise dos sentidos atribuídos às representações visuais parece, entretanto, ser de grande importância, pois estas podem comunicar idéias de forma tão influente quanto o próprio texto escrito. A importância das representações visuais não se deve apenas à possibilidade de comunicação das idéias, mas também porque a compreensão de certos conceitos, em alguns casos, depende de suas visualizações. Um exemplo desta dependência pode ser percebido na tentativa de explicação do conceito de amplitude sem recorrer-se à representação de uma onda senoidal (Martins, 1997).

Vários têm sido os trabalhos desenvolvidos nas duas últimas décadas no campo da psicologia ou mesmo no campo da educação nas ciências relacionados à comunicação visual e à utilização de imagens visuais enquanto recursos didáticos. Reid (1990) apresenta uma considerável quantidade de estudos psicológicos desenvolvidos nas décadas de 80 e 90 incluindo outros trabalhos relativos também ao campo da educação em ciências. Neste estudo, o autor aponta que o “*uso de gravuras para ilustrar os textos em ciência não é usualmente considerado ser problemático. Entretanto, o ‘efeito da superioridade da gravura (PSE - picture superiority effect)’, fenômeno pelo qual, sob certas circunstâncias, a aprendizagem é intensificada na presença de gravuras, isto é, onde as gravuras são consideradas intensificarem a aprendizagem a partir do texto, tem sido examinado sistematicamente ao longo da última década e tem sido encontrado ser mais duvidoso do que até agora acreditava-se*” (p. 161).

Na área do ensino de ciências é comum haver uma supervalorização das ilustrações no momento da escolha dos livros didáticos por professores os quais expressam opiniões tais como: “*... este é um bom livro porque tem muitas ilustrações...*” ou “*quanto mais ilustrado o livro, melhor para os alunos aprenderem*” como se a simples observação de uma imagem pudesse garantir a compreensão dos conceitos” (Carneiro, 1997, p. 367) e princípios envolvidos. As imagens visuais ou ilustrações são os diagramas, fotografias, esquemas, gráficos, mapas, desenhos à mão livre, etc. Na verdade, a “*proliferação de imagens também pode conduzir à passividade, se estas não se apresentarem ao pensamento como uma proposta de reflexão; (...) em relação às imagens transmitidas pela Ciência, estas deverão permitir ao aluno o desenvolvimento do sentido crítico e da criatividade. O ensino das ciências limita-se, muitas vezes, à transmissão de teorias através de imagens, não permitindo uma discussão entre a adequação da figura selecionada ao conteúdo teórico; nem, por outro lado, motivando o desenvolvimento da imaginação dos alunos através do incentivo à criação de novas imagens*” (Amador, 1998, pp. 13-14).

Seguindo uma tal preocupação investigativa sobre a adequação de figuras em relação ao conteúdo teórico, o presente trabalho é o resultado de uma pesquisa desenvolvida com o intuito de analisar as distorções introduzidas comumente por livros textos de física ao abordarem o experimento do calorímetro de pás, realizado por Joule no século XIX. O escopo completo da referida pesquisa abrangeu o papel atribuído pelos livros textos ao referido experimento, assim como o detalhamento das explicações oferecidas ao leitor. Um grande número de distorções foi observado nos discursos de tais textos, desde a atribuição de um papel crucial ao citado experimento, ignorando assim a continuidade da polêmica travada sobre a natureza do calor por

mais de vinte anos, até equívocos comuns como o de reduzir o papel do referido experimento ao mero cálculo do valor numérico do equivalente mecânico do calor.

A análise de tais discursos requereu uma pesquisa histórica sobre o tema em foco que se iniciou na consulta de fontes secundárias de qualidade, no sentido de delinear um panorama geral do assunto e evoluiu para o estudo de fontes primárias, como os originais de Rumford, Carnot e Joule e outros importantes personagens.

## Metodologia

No intuito de proceder a um estudo metucioso, tentamos comparar as afirmações dos livros textos, relacionadas ao tema em questão, com o nosso referencial teórico construído a partir das bases históricas do desenvolvimento da equivalência calor-energia. Neste procedimento ativemo-nos não apenas às mensagens veiculadas nos textos escritos, mas igualmente aos significados comunicados pelas ilustrações utilizadas em tais livros, no tocante às explicações do célebre experimento do calorímetro de pás realizado por Joule.

Enquanto a análise dos textos escritos buscou uma hermenêutica dos significados contidos, a investigação dos significados impressos nas figuras utilizadas buscou as simplificações incorporadas nas mesmas em relação ao experimento original, tentando avaliar, assim, seu grau de representatividade do fenômeno em estudo: o experimento de Joule. Tentou-se, desta forma, avaliar até que ponto a imagem fornecida pelos livros analisados correspondia, ou não, aos detalhes da complexidade do experimento em causa. Um tal procedimento metodológico acrescentou, certamente, uma dimensão semiótica ao estudo educacional desenvolvido, dada à busca dos limites de representatividade entre uma certa figura, tomada em seu caráter simbólico, e o experimento original, tomado como seu referente.

A semiótica ocupa-se do “*estudo comparativo de sinais, desde os sistemas mais simples de sinalização até às linguagens formalizadas da ciência*” (Rosental & Iudin, 1972, p. 66). Dentre as funções básicas de um sistema de sinais, está “*a transmissão de uma comunicação ou a expressão de um sentido (significado e sentido)*” (id, ibid). A semiótica pode colocar-nos em alerta sobre coisas que tomamos como dados seguros ao representarmos o mundo, lembrando-nos que estamos sempre lidando com signos, não com uma realidade objetiva não mediada, e que sistemas de signos estão sempre envolvidos na construção dos sentidos atribuídos às coisas. Enquanto o 'senso comum' insiste em que a realidade é independente dos signos que se referem a ela, a semiótica enfatiza o papel dos sistemas de signos na construção da realidade (Thwaites et al, 1994).

Com o intuito, portanto, de captar em maior profundidade a visão exposta pelos livros analisados, sobre o tema em questão, tentamos ir um pouco além da simples análise dos textos escritos. Neste sentido, buscamos analisar igualmente os significados contidos nas figuras representativas do célebre experimento de Joule, do calorímetro de pás. Para isso coletamos todas as imagens a ele relacionadas, presentes nos livros investigados, procedendo a uma identificação das simplificações em relação ao experimento original. Como termos de comparação, em uma tal análise, foram tomados os textos, desenhos e esquemas originais de Joule, assim como fotos do seu calorímetro de pás (disponíveis no museu de ciência de Londres), assim como outras fontes históricas complementares, mencionadas na bibliografia deste trabalho.

## Resgate Histórico e Detalhamento do Experimento de Joule: O Calorímetro de Pás

Dentre os vários experimentos realizados por Joule, sobre a relação trabalho-calor, o mais célebre deles envolvia um calorímetro de pás. Tal calorímetro constituía-se de um recipiente feito de cobre contendo em seu interior um conjunto de pás móveis e outro de pás fixas. As pás móveis eram conectadas a um eixo que girava a partir da queda de dois corpos de mesma massa. As pás fixas eram, por sua vez, conectadas às paredes do calorímetro. Os corpos eram suspensos por fios que, após passarem por um sistema de roldanas, eram enrolados no eixo das pás móveis.

No interior do calorímetro era colocada água, que era então agitada pela rotação das pás. Grande parte da energia de queda dos corpos era transformada em calor dentro do calorímetro. Um termômetro, colocado no recipiente, permitia a medida da elevação da temperatura da água. A partir daí, era possível, determinar a relação existente entre a parcela da energia mecânica resultante da queda dos corpos, convertida em calor, e o valor deste calor produzido no interior do vaso colorimétrico. O problema, no entanto, era fazer uma estimativa precisa do valor da parcela da energia mecânica que efetivamente era convertida em calor. Diante das múltiplas perdas no sistema, abaixo descritas, restavam a Joule dois possíveis caminhos. O primeiro, de execução extremamente difícil, seria conseguir calcular todas aquelas perdas. Diante da dificuldade prática de um tal cálculo, Joule optou por uma segunda alternativa, qual seja a de sem poder calcular as perdas com uma boa precisão, minimizá-las ao máximo. Assim procedendo, Joule foi levado a aperfeiçoar seu aparelho no intuito de tentar reduzir aquelas perdas. Entretanto, diversas considerações devem ser feitas a respeito dos artifícios utilizados por Joule para reduzir tais perdas, assim como sobre as dificuldades encontradas por ele para interpretar os resultados das suas medidas (Cardwell, 1989; Cardwell, 1995; Joule, 1965; Joule, 1987a. Joule, 1987b; Sibum, 1995; Smith, 1995).

Para começar, a energia potencial era determinada conhecendo-se os pesos dos corpos e a altura de queda. Nesta queda, porém, as massas adquiriam velocidade e, por conseguinte energia cinética. Para que essa energia cinética pudesse ser medida, a velocidade adquirida deveria ser constante. Este problema foi minimizado por Joule com a utilização das pás fixas. A sua introdução causava um aumento no atrito com a água, reduzindo assim, mais rapidamente, a velocidade de queda dos corpos. Tal velocidade, que era inicialmente variável, atingia, deste modo, mais rapidamente um valor limite constante que possibilitava o cálculo da energia cinética adquirida, na queda, pelos corpos. Essa energia deveria ser subtraída da energia potencial inicial daqueles mesmos corpos, no intuito de calcular a parcela que seria transformada em calor. No entanto, não havia perdas de energia apenas com o ganho de energia cinética. Era preciso considerar também as demais perdas, para, na impossibilidade de calculá-las, poder, ao menos, minimizá-las ao máximo. Além dessa finalidade, as pás fixas serviam para reduzir a energia cinética de rotação adquirida pelo líquido no interior do vaso calorimétrico. Além disso, o aumento do atrito

ocasionado pelas pás fixas fazia com que a agitação turbulenta da água aumentasse, aumentando com isso a elevação da temperatura da água. Uma tal forma de pensar parece ter guiado os aperfeiçoamentos operados por Joule em seu dispositivo, o que indica o quão suas observações e seus experimentos estavam carregados da teoria dinâmica do calor, ao menos já naquele estágio do seu pensamento, visto que, segundo alguns autores (Mason, 1966), o próprio Joule era de início um calorista, tendo transformado-se posteriormente num adepto convicto da teoria dinâmica do calor. Perdas eram inevitáveis e precisavam ser reduzidas ao máximo no intuito de otimizar o experimento. A utilização de duas massas, por outro lado, dispostas simetricamente, era fundamental para a estabilidade do eixo. Caso esta precaução não fosse tomada, acarretaria o aparecimento de um torque no referido eixo, puxando-o lateralmente e aumentando, assim, consideravelmente o atrito nos mancais entre o referido eixo e o corpo do calorímetro, fazendo com que a perda de energia nos mancais fosse ainda maior.

A turbulência ocasionada na água, por sua vez, impunha a necessidade de um eixo metálico bastante resistente. O metal, apesar de resistente, era um bom condutor o que ocasionava perdas adicionais de calor do recipiente para o meio exterior. Objetivando reduzir tais perdas, sem abdicar da resistência conferida por um eixo metálico, Joule decidiu seccionar o referido eixo colocando uma espécie de luva resistente, de um material isolante, que impedisse esta perda de calor e ligasse as duas partes seccionadas do eixo.

O atrito no eixo das roldanas constituía-se num outro fator que auxiliaria nas perdas indesejáveis. Este problema foi reduzido por Joule substituindo uma única roldana por um arranjo no qual o eixo da roldana principal era apoiado em duas outras roldanas auxiliares. Esse arranjo experimental é visto nas figuras originais do mecanismo externo.

O experimento, contudo, produzia pequenas variações de temperatura, o que acarretava ganhos menores de calor pelo recipiente. Reduzindo-se o tempo de realização do experimento, a troca de calor com o meio exterior poderia ser também reduzida. Por outro lado, no entanto, reduzindo-se o tempo do experimento introduzia-se uma dificuldade maior na leitura das pequenas variações da temperatura.

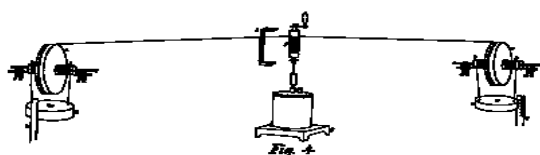
A necessidade de medidas acuradas de temperatura, levou Joule, por sua vez, à utilização de um termômetro longo, dotado de um grande número de subdivisões da escala. Um tal termômetro deveria ter, contudo, uma espessura muito pequena para fazer com que a dilatação volumétrica da sua substância termométrica fosse apreciável. Desta forma, as leituras seriam mais fáceis e precisas. No entanto, apesar de precisar de um termômetro longo, Joule não desejava usar um termômetro muito massivo, pois isto ocasionaria novas perdas para o corpo do termômetro, influenciando na medida.

Pode-se depreender, de tudo isso, as enormes dificuldades experimentais que Joule teve de tentar, astuciosamente, contornar com rara habilidade experimental. As precauções tomadas por Joule, fizeram-no, por exemplo, proteger o termômetro com um anteparo vazado, no sentido de evitar que a sua própria respiração viesse a interferir na medida.

Um outro fator importante para Joule era a questão das dimensões do calorímetro. Aumentando as dimensões lineares do vaso calorimétrico o volume da água contida era aumentado ao cubo, em relação ao aumento das dimensões lineares originais. Deste modo, a quantidade de calor desenvolvida pelo funcionamento do dispositivo, que era proporcional a massa de água, e assim sendo do seu volume, aumentava nas mesmas proporções. A perda, no entanto, de calor para o meio ambiente dava-se através das paredes do calorímetro e, assim sendo, dependia da área da superfície do mesmo, que aumentava apenas com o quadrado do aumento das dimensões lineares. Deste modo, ao aumentar as dimensões do calorímetro, diminuía-se proporcionalmente as perdas. Atente-se, porém para o detalhe de que a questão não era apenas a de aumentar as dimensões do calorímetro, pois se por um lado tal aumento diminuía proporcionalmente as perdas de calor, como acima explicado, por outro lado, fazia com que o maior volume de água necessitasse uma maior quantidade de calor para que fossem registradas elevações sensíveis na temperatura. Com isso, o tempo de realização do experimento tenderia a aumentar, o que, como acima discutido, seria indesejável. A otimização do arranjo experimental era, portanto, de uma alta complexidade, pois quando certos fatores eram minimizados, outros tendiam a crescerem. A melhor situação possível mostrou-se uma questão a ser resolvida com um grande número de tentativas, na ausência de um equacionamento do referido problema de otimização. As duas massas caíam várias vezes para que o aumento de temperatura fosse observado. Para isso, essas massas eram erguidas através de uma manivela e desconectadas do eixo das pás móveis, retirando-se um pino. Esta desconexão era estritamente necessária, caso contrário a energia gasta para elevar os pesos teria que ser considerada. Com esse arranjo experimental, extremamente engenhoso e cuidadosamente construído, Joule conseguiu determinar o equivalente mecânico do calor, tomado como base para uma das rotas que conduziram à idéia de conservação da energia.

## Detalhamento Visual do Experimento de Joule

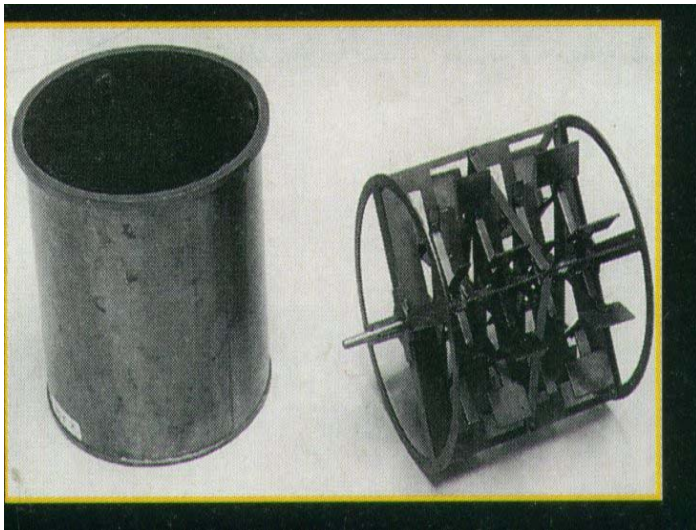
Para esclarecer melhor os detalhes do experimento de Joule, apresenta-se, a seguir, uma sequência de figuras onde o calorímetro de pás pode ser observado em seu aspecto original, seguido de um estudo visual do procedimento, coerente com o texto acima, no qual ficam evidenciadas as complexidades do referido experimento. Para tal, valemo-nos de gravuras e fotos coletadas em livros, revistas, e na Internet, principalmente no site do "Science Museum", de Londres, e no brilhante artigo de Otto Sibum (1995), intitulado: "Enquête sur les Mystères d'une Expérience".



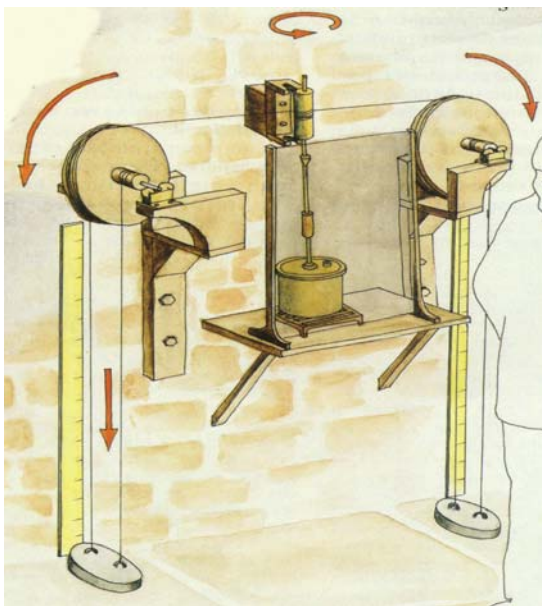
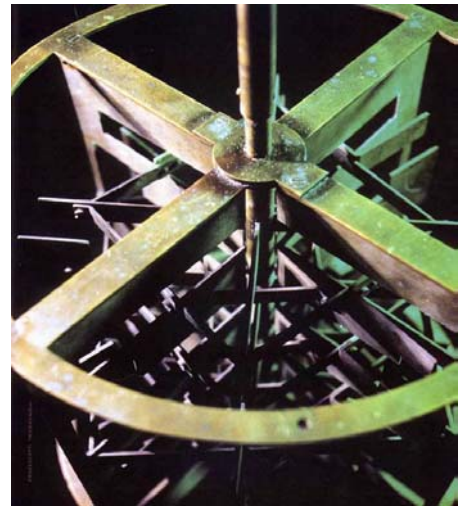
From: *Philosophical Transactions of the Royal Society, Volume 140, page 61 (1850).*



Calorímetro de Joule - Science Museum - Londres



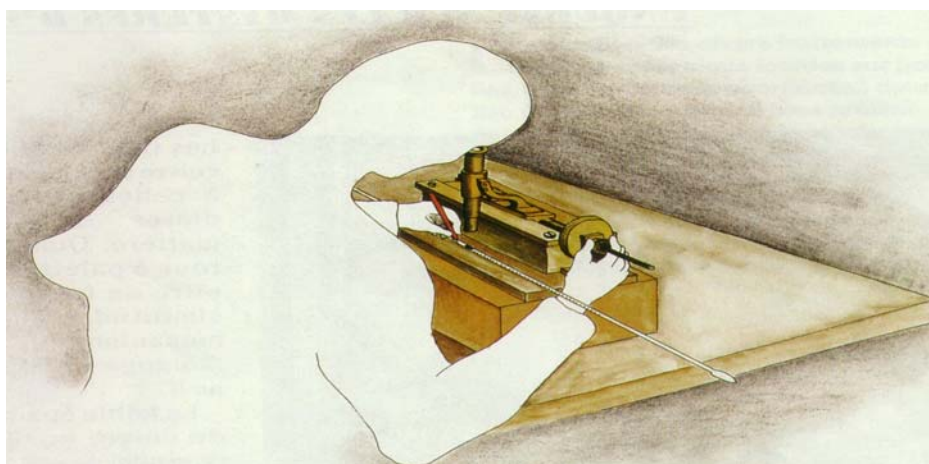
Partes interiores do calorímetro de Joule com sua estrutura de pás fixas e móveis



Visão externa do calorímetro de Joule, numa situação em que as duas massas estão em queda. Os principais aspectos relevantes são: a existência de réguas laterais para medirem a distância a partir da qual as massas atingem uma velocidade constante e o acoplamento dos eixos das roldanas às outras duas roldanas menores, para diminuir o atrito e assim reduzir as perdas externas de calor.



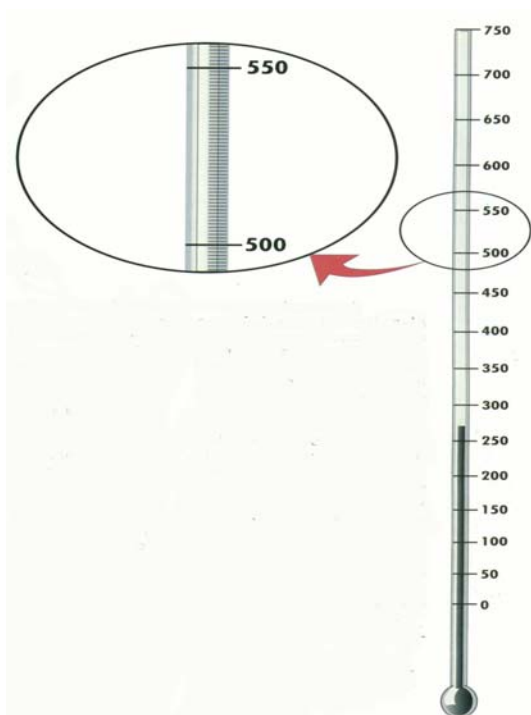
Visão externa do calorímetro de Joule, numa situação em que as duas massas estão sendo erguidas. Aspectos relevantes: a conexão de uma manivela para a elevação das massas. Note-se que o pino do eixo das pás móveis foi desconectado, evitando assim o giro das pás na elevação das massas e a consideração da energia requerida para a referida operação.



Gradação do termômetro com a utilização de um microscópio, possibilitando assim medidas mais precisas e confiáveis.



Aspecto relevante das figuras acima: colocação de um anteparo em frente ao termômetro longo para evitar que a respiração interferisse na medida da temperatura.



Esquerda: detalhes da graduação do termômetro utilizado por Joule. Observe-se o grande número de pequenas divisões. Direita: réplica do experimento de Joule, exibida em Oldenburg, na Alemanha.

### Análise das Imagens do Experimento de Joule Apresentadas pelos Livros Textos

Apresentamos abaixo um quadro dos tipos de simplificações introduzidas pelos livros textos na apresentação visual do calorímetro de Joule. Tomando o original como referência, categorizamos oito tipos principais de simplificações, aí incluindo coisas como: a ausência das duas massas pendentes, destinadas a conferirem um maior equilíbrio ao sistema, e a presença de uma única massa na figura; a ausência das pás fixas, destinadas, sobretudo, a aumentarem a turbulência e, conseqüentemente, a produção de calor; a ausência de um termômetro, sem o qual as medidas de temperatura não poderiam ser efetuadas; a presença de um termômetro muito curto, de comprimento insuficiente para garantir a precisão requerida nas leituras; a falta de uma manivela, necessária para fazer girar o conjunto das pás; a ausência de um pino de conexão no eixo de metal das pás móveis, destinado a ser sucessivamente posto e retirado, quando das operações de rebobinamento do fio; a inexistência de um

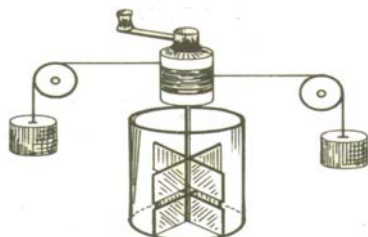
isolante no eixo das pás, necessário para reduzir a transmissão do calor; e finalmente, a negligência da complexidade do sistema de suspensão das roldanas, substituindo-o por uma única roldana sustentada por um eixo simples. Tais simplificações distorcem por completo a complexidade do experimento de Joule e são, sinteticamente, exibidas no quadro abaixo. Em seguida, é apresentada uma série de figuras retiradas dos referidos livros textos, no intuito de exemplificar os padrões das distorções encontrados.

### QUADRO DAS SIMPLIFICAÇÕES ENCONTRADAS

S1	Apenas uma massa
S2	Sem as pás fixas
S3	Sem o termômetro
S4	Termômetro curto
S5	Sem a manivela
S6	Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
S7	Sem isolante no eixo de metal das pás fixas
S8	Roldana sustentada em apenas um ponto

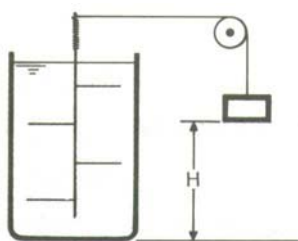
### LIVROS DE ENSINO MÉDIO

LEM1



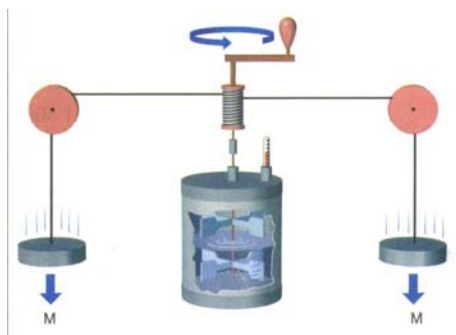
- S2 - Sem as pás fixas
- S3 - Sem o termômetro
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
- S7 - Sem isolante no eixo de metal das pás fixas
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM2



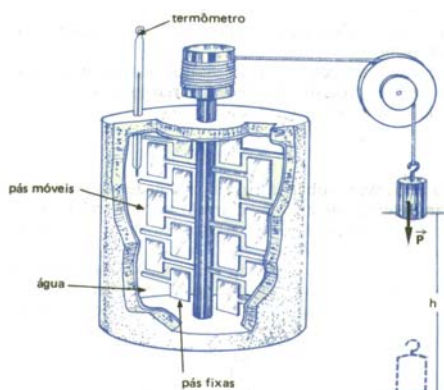
- S1 - Apenas uma massa
- S2 - Sem as pás fixas
- S3 - Sem o termômetro
- S5 - Sem a manivela
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
- S7 - Sem isolante no eixo de metal das pás fixas
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM5



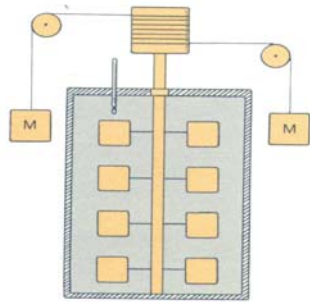
- S2 - Sem as pás fixas
- S4 - Termômetro curto
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM9



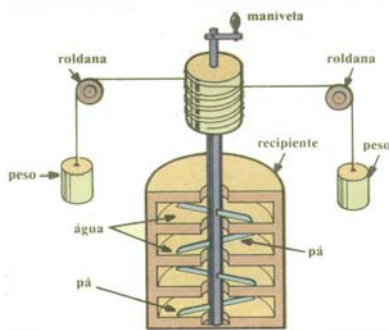
- S1 - Apenas uma massa
- S5 - Sem a manivela
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
- S7 - Sem isolante no eixo de metal das pás fixas
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM11



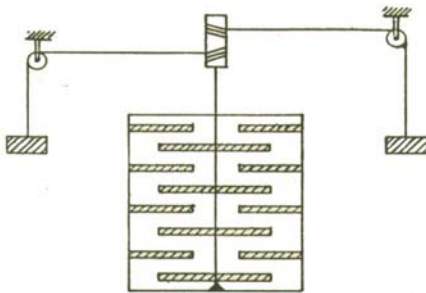
- S2 - Sem as pás fixas
- S4 - Termômetro curto
- S5 - Sem a manivela
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
- S7 - Sem isolante no eixo de metal das pás fixas
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM12



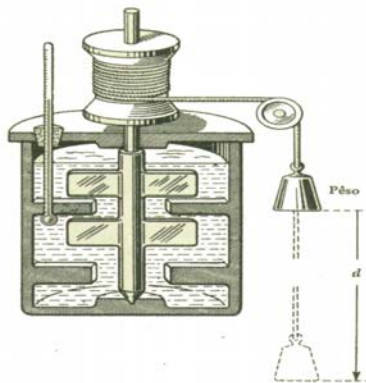
- S2 - Sem as pás fixas
- S3 - Sem o termômetro
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
- S7 - Sem isolante no eixo de metal das pás fixas
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM13



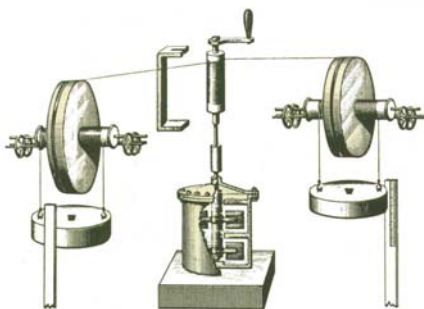
- S2 - Sem as pás fixas
- S3 - Sem o termômetro
- S5 - Sem a manivela
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
- S7 - Sem isolante no eixo de metal das pás fixas
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM15



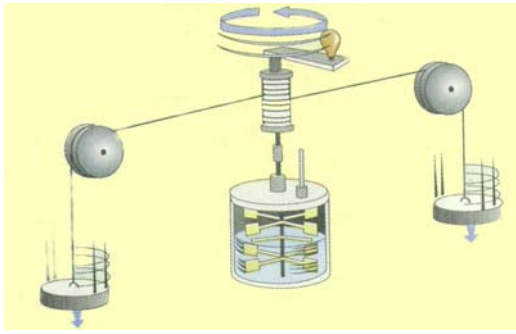
- S1 - Apenas uma massa
- S2 - Sem as pás fixas
- S5 - Sem a manivela
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
- S7 - Sem isolante no eixo de metal das pás fixas
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM21



- S2 - Sem as pás fixas
- S3 - Sem o termômetro
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis

LEM30



- S2 - Sem as pás fixas
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM 31

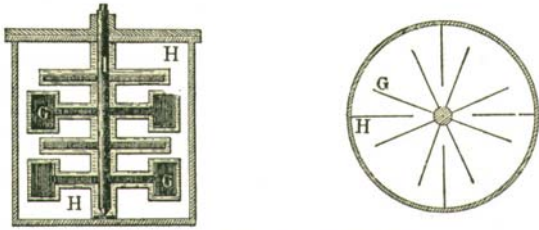


Fig. 1. — Agitador do aparelho de Joule.

S8 - Roldana sustentada em um só ponto

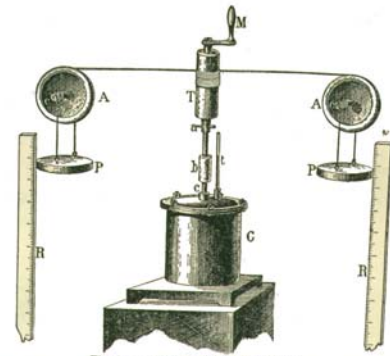
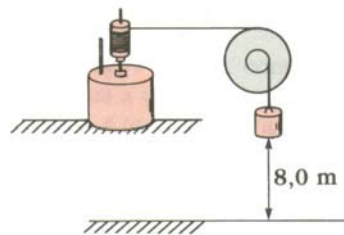


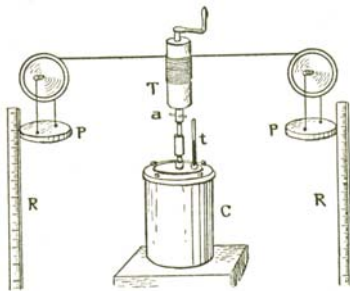
Fig. 2. — Aparelho de Joule (conjunto).  
C, calorímetro; T, arrinho em que se enrolam dois cordões em sentido contrário; A, roldana de transmissão; M, manivela; a, cavilha; c, eixo do agitador; t, termômetro; P, peso; R, régua graduada.

LEM33



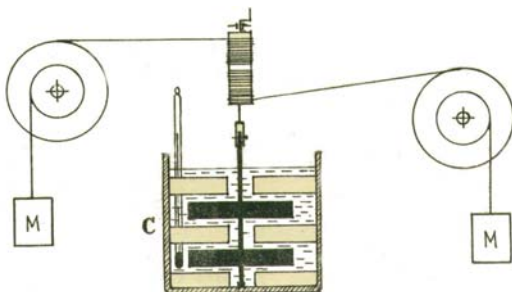
- S1 - Apenas uma massa
- S4 - Termômetro curto
- S5 - Sem a manivela
- S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis
- S7 - Sem isolante no eixo de metal das pás fixas
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM36



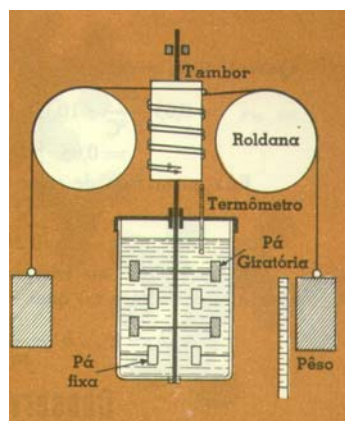
S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

LEM37



- S7 - Sem isolante no eixo de metal das pás fixas
- S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto





S4 - Termômetro curto

S6 - Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis

S7 - Sem isolante no eixo de metal das pás fixas

S8 - Roldana sustentada em apenas um ponto

## Conclusões

O quadro geral das simplificações introduzidas pelos livros didáticos na apresentação do experimento de Joule, exibido abaixo, aponta para a existência de alguns invariantes importantes de serem comentados.

### FREQUÊNCIA DAS SIMPLIFICAÇÕES ENCONTRADAS

Categoria	Significado	Quantidade
S1	Apenas uma massa	08
S2	Sem as pás fixas	16
S3	Sem o termômetro	07
S4	Termômetro curto	06
S5	Sem a manivela	10
S6	Sem o pino de conexão do eixo das pás móveis	20
S7	Sem isolante no eixo de metal das pás fixas	17
S8	Roldana sustentada em apenas um ponto	22
SF	Sem figuras	16

Em primeiro lugar, o grande número de livros que, simplesmente, não apresentam qualquer figura (dezesesseis num total de quarenta livros analisados) que possa auxiliar na compreensão do mencionado experimento (SF). Este fato, por si só, já denota a pouca importância normalmente atribuída às representações visuais por esses livros. Mesmo nos livros que trazem figuras representativas do referido experimento, a incidência de certos descasos é bastante representativa. Note-se, por exemplo, que dentre os vinte e quatro livros a apresentarem figuras, a grande maioria (vinte deles) não evidenciou a existência do pino de conexão entre o eixo e a manopla giratória do calorímetro. Ora, sem um tal dispositivo, a operação de rebobinamento dos pesos faria com que houvesse uma indesejável agitação na água do vaso, aumentando a sua temperatura de um modo não passível de ser atribuído à queda dos pesos. A supressão, portanto, de um tal importante detalhe inviabiliza, por completo, o funcionamento daquele aparelho. Saliente-se, ainda, que os únicos quatro textos que preservaram o pino em suas figuras não aludiram ao mesmo nas explicações dos textos, ficando ao encargo do leitor “adivinhar” qual a sua função. Outros detalhes, de grande importância, foram igualmente omitidos nas figuras fornecidas, como por exemplo, a falta de um isolante térmico acoplado ao eixo do calorímetro. Deste modo, as perdas de calor seriam enormes, o que afetaria drasticamente o resultado obtido. Novamente, mesmo aqueles poucos que apresentaram um tal detalhe nas suas figuras, nada comentaram a respeito. Igualmente o uso de uma única roldana pode ser apontado como uma quase unanimidade (vinte de dois livros, dentre os vinte e quatro com figuras sobre o experimento). Um tal procedimento, se adotado, causaria um atrito exagerado de um dos lados apenas dos mancais que suportam o eixo do calorímetro, causando uma perda da energia mecânica que deveria, teoricamente, ter sido transferida para a água. Há simplificações ainda mais grosseiras, se bem que, felizmente, em uma menor escala. Dentre elas estão, por exemplo: a falta de uma manivela; a existência de uma única massa pendurada; a presença de um termômetro muito curto (e, portanto, de difícil leitura e baixa precisão); ou mesmo, a simples ausência de qualquer termômetro. Neste último caso, a medição da temperatura seria, evidentemente, completamente impossível. Longe, portanto, de auxiliarem na compreensão deste importante e complexo experimento, “crucial” para o desenvolvimento subsequente da Termodinâmica, os livros utilizam as representações visuais como meros aspectos ornamentais, por vezes belos e mesmo coloridos, sem emprestarem aos mesmos, entretanto, os significados funcionais que poderiam desempenhar na apresentação daquele conteúdo.

Os resultados, deste modo, apontam para uma necessidade urgente de tentar-se compatibilizar, de forma bem mais coerente, as mensagens veiculadas pelos textos e pelas imagens no tratamento dos experimentos da física, ao menos no que toca ao estudado nesta pesquisa. A realização de outros estudos semelhantes a este pode vir a conduzir, assim, a um necessário balizamento daquilo a ser feito em termos das necessárias conexões texto-imagem nos assuntos a serem apresentados e, deste modo, contribuir com uma crítica construtiva endereçada aos colegas autores de livros didáticos.

## Referências Bibliográficas

- AMADOR, F. *As Imagens no Ensino da Geologia*. Aveiro, Portugal: Universidade de Aveiro, 1998.
- CARDWELL, D. *James Joule: A Biography*. Manchester: Manchester University Press, 1989
- CARDWELL, D. Un Brasseur Provincial. *Les Cahiers de Science et Vie*, n. 29, 1995.
- CARNEIRO, M. As Imagens no Livro Didático. *Atas do I Encontro Nacional de Pesquisas em Ensino de Ciências*, Águas de Lindóia, 1997.
- GALLAGHER, J. Prospective and Practicing Secondary School Science Teachers' Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science. *Science Education*, vol.75, (1), 1991.
- JOULE, J. On The Mechanical Equivalent of Heat In: Jefferson Weaver (org): *The World of Physics*. New York: Simon & Schuster, 1987a.
- JOULE, J. On The Mechanical Equivalent of Heat In: Morris Shamos: *Great Experiments in Physics*. New York: Dover, 1987b.
- JOULE, J. Heat Evolved by Metallic Conductors In: William Magie (org): *A Source Book in Physics*. Cambridge: Harvard University Press, 1965.
- REID, D. The Role of Pictures in Learning Biology: Part 1, Perception and Observation. *Journal of Biological Education*. Vol. 24, n. 3, 1990.
- SCIENCE MUSEUM, Joule's Paddle - Wheel Apparatus 1849 In: *Treasures of the Science Museum*. Londres <<http://www.nmsi.ac.uk/on-line/treasure/objects/1876-492.html>> acessado: julho de 1998.
- KUHN, T. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1970.
- MARTINS, I. O Papel das Representações Visuais no Ensino-Aprendizagem de Ciências. *Atas do I Encontro Nacional de Pesquisas em Ensino de Ciências*, Águas de Lindóia, 1997
- MASON, S. *A History of the Sciences*. New York: Collier Books, 1966.
- MEDEIROS, A. *Teachers of Physics Understanding of the Nature of Science with Particular Reference to the Development of Ideas of Force and Motion*. Unpublished PhD thesis, University of Leeds, 1992.
- ROSENTAL, M. & IUDIN, P. *Dicionário Filosófico*. Lisboa: Editorial Estampa, 1972
- SIBUM, O. Enquête sur les Mystères d'une Expérience. *Les Cahiers de Science et Vie*, n. 29, 1995.
- SIEGEL, H. On the Distortion of the History of Science in Science Education. *Science Education*, vol. 63, n.1, 1979.
- SMITH, C. Controverse sur la Nature de la Chaleur. *Les Cahiers de Science et Vie*, No. 29, 1995.
- STRUBBE, P. The Presentation of Energy and Fields in Physics Texts: A Case of Literary Inertia. *Physics Education*, vol. 23, 1988.
- TEHHART, E. Philosophy of Science and School Science Teaching. *International Journal of Science Education*, vol. 10, (1), 1988.
- THWAITES, T., Lloyd D. & Warwick M. *Tools for Cultural Studies: An Introduction*. South Melbourne: Macmillan, 1994.