



As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e as transformações sociais

.....
Ingrid Kelly Laura dos Santos Pinto
Grupo de História da Ciência e Ensino,
Universidade Estadual da Paraíba,
Campina Grande, PB, Brasil
E-mail: i.k.laurasantos@gmail.com

Ana Paula Bispo da Silva
Departamento de Física, Grupo de
História da Ciência e Ensino,
Universidade Estadual da Paraíba,
Campina Grande, PB, Brasil
E-mail: anabispouepb@gmail.com
.....

Introdução

Um céu cheio de nuvens, fumaça saindo pelas chaminés, pessoas sujas de carvão. Revolta com as condições salariais, fome e desemprego, como pode ser visto em filmes como *Germinal*, adaptado da obra de Émile Zola. Essas imagens se contrapõem à Paris da Fig. 1, a Cidade das Luzes, em que o quadro de um palácio iluminado ilustrava o conhecimento que chegava com a eletricidade. Mas as duas situações retratam a França, e talvez outros países europeus, durante o século XIX. Como pode? O conhecimento não trazia avanços, progressos? E, principalmente, o que essa introdução tem a ver com o título deste texto?

O objetivo deste artigo é situar o tra-

balho de Sadi Carnot sobre as máquinas térmicas sob diferentes perspectivas. Primeiro discutiremos como as leis da termodinâmica, da forma como são adotadas atualmente, não correspondem ao seu desenvolvimento histórico e, portanto, não podem ser atribuídas a um ou outro personagem da história da física. Depois nos aprofundaremos no trabalho de Carnot publicado em 1824 e discutiremos como, apesar de partir de pressupostos diferentes, seus resultados podem ser aplicados atualmente. Por fim, discutiremos como o momento histórico em que vivia Carnot está presente em seu trabalho. Dessa maneira, pretendemos mostrar que a abordagem histórica das leis da termodinâmica permite explorar relações entre ciência e tecnologia, bem como discutir

Muitos conceitos que aparecem nos livros didáticos acompanham um breve resumo histórico, atribuindo posse, datas e locais a leis, fórmulas e equações. É o caso das leis da termodinâmica, das quais Carnot é o “dono”. Entretanto, um estudo histórico contextualizado do trabalho de Carnot e das leis da termodinâmica mostra que conceitos mudam com o tempo e o contexto sociocultural. Neste artigo discutimos como a abordagem histórica das leis da termodinâmica permitem entender como ciência, tecnologia e sociedade estão inter-relacionadas.



Figura 1: Le Chateau d'eau and plaza, with Palace of Electricity, Exposition Universelle, 1900, Paris, France. Fonte: Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. 20540 USA.

as influências mútuas entre ciência e contexto sociocultural.

As leis da termodinâmica

Ao discutirmos as leis da termodinâmica no Ensino Médio, por vezes aparece uma questão cronológica: a lei zero veio depois da primeira lei, a segunda lei veio antes da primeira e outras divagações. Afinal por que as leis estão “ordenadas” dessa maneira?

Historicamente, estas “leis” apareceram em momentos quase simultâneos e de forma independente. Sua “ordenação” ocorreu num momento muito posterior, em que já havia muito conhecimento sobre termodinâmica, e, possivelmente, mais com fins didáticos do que de ordenação do conhecimento de um conteúdo.

Aquilo que denominamos atualmente de “primeira lei da termodinâmica” está relacionado com as ideias de conservação de energia. Estudos relacionados à conservação e transformação de energia ocorreram durante o século XIX por estudiosos em vários países ao mesmo tempo, sem que fosse adotado o nome *energia*. Julius Robert von Mayer (Alemanha, 1814-1878), James Prescott Joule (Inglaterra, 1818-1889) e outros, por volta de 1850, investigavam como determinadas forças se transformavam em outras, ou mudavam de forma. Por exemplo: forças liberadas em reações químicas pareciam fornecer calor (outro tipo de força) ou transformavam-se em forças elétricas [1]. Calor podia ser utilizado para força mecânica (o que denominamos atualmente de trabalho). As transformações das forças eram baseadas em diferentes hipóteses, muitas delas originárias de pressupostos filosóficos. O que levava um estudioso a investigar que formas as forças podiam assumir nem sempre estava claro [2, 3].

Ludwig August Colding (Dinamarca, 1815-1888), um dos estudiosos que investigavam as transformações das forças, afirmou: “Todas as vezes que uma força parece se aniquilar realizando um trabalho mecânico, químico ou de qualquer outra natureza, ela apenas se transforma e reaparece sob uma nova forma, onde ela conserva toda a sua grandeza primitiva” [2]. O que eles chamavam de *força* é muito semelhante ao que chamamos atualmente de *energia*. Por exemplo, Mayer define força como “coisas que podem assumir diferentes formas, mas cuja quantidade não varia,

Historicamente, as “leis” apareceram em momentos quase simultâneos e de forma independente. Sua “ordenação” ocorreu num momento muito posterior, em que já havia muito conhecimento sobre termodinâmica

e que se distinguem da matéria por não possuírem peso” [3, p. 66]. Nesse sentido, calor, movimento e força de queda são equivalentes ao que denominamos hoje energia térmica, energia cinética e energia potencial [3, p. 67]. A transformação de uma força em outra, de modo que, no geral, haja a conservação da grandeza primitiva, como afirma Colding, é muito semelhante ao “princípio de conservação da energia” que utilizamos atualmente. Nenhum destes estudiosos escreveu a primeira lei da termodinâmica como fazemos hoje. Cada um deles estava investigando as transformações das forças com objetivos e hipóteses diferentes. Chegaram a um resultado muito semelhante, que é a existência de uma equivalência entre as formas que as forças assumem. Por exemplo: havia uma equivalência entre a quantidade de calor (calor era uma das muitas formas da força) fornecida para uma máquina e a força mecânica que essa máquina realizava (movimento). O que podemos concluir é que a primeira lei da termodinâmica estava mais baseada em pressupostos teóricos e filosóficos do que propriamente numa observação empírica.

A “segunda lei da termodinâmica” apareceu num contexto diferente. Nas primeiras décadas do século XIX, engenheiros e estudiosos independentes buscavam encontrar uma máquina que produzisse mais, consumindo menos combustível. Portanto, esses estudiosos estavam preocupados com o rendimento das máquinas térmicas. Isso significava encontrar uma máquina térmica que aproveitasse quase todo o combustível, utilizado no aquecimento, para produzir trabalho. Há registros de patentes de várias máquinas térmicas criadas nesse período, principalmente entre os ingleses [4]. Para construir máquinas térmicas mais rentáveis não era preciso dominar o conhecimento sobre a natureza do processo. A natureza do processo era a

mesma para qualquer máquina: calor produzindo trabalho. Para dominar esse processo, era preciso ter conhecimentos técnicos e levar em consideração problemas técnicos e questões práticas.

Portanto, o desenvolvimento das máquinas térmicas é mais pertinente à história da tecnologia do que à história da ciência.

Porém, se a natureza do processo fosse mais bem conhecida, ou seja, o enten-

dimento das condições que proporcionavam o rendimento da máquina, isso poderia levar a uma melhoria da tecnologia que o empregava. Quem vai formalizar esse rendimento mínimo desejado é o engenheiro e militar Sadi Carnot (1796-1832), num trabalho que ele publicou em 1824, anteriormente à discussão já feita aqui sobre a transformação das forças.

Tanto nos estudos sobre transformações de forças quanto naqueles preocupados com máquinas térmicas, considerava-se implicitamente que o calor ia do corpo de temperatura mais alta para aquele de temperatura mais baixa, como se ele se movesse, seja como fluido ou através do atrito das menores partes da matéria. Mas essa “lei” só foi explicitada e entendida como “lei” depois de 1824.

Ou seja, não é possível especificar uma data, um nome, um lugar, nem mesmo uma finalidade, para as leis da física, principalmente para as leis da termodinâmica. Elas não têm “donos” nem foram determinadas da mesma forma e com a mesma intenção. Há todo um complexo desenvolvimento por trás das equações e fórmulas que utilizamos nos livros didáticos. Apenas a compreensão dos aspectos históricos de forma contextualizada permite entendermos o papel do conhecimento científico, seja na sala de aula ou na sociedade de forma geral.

Sadi Carnot

Nicolas Léonard Sadi Carnot (Fig. 2) nasceu em 1º de junho de 1796, em Palais du Petit Luxembourg. Era o filho mais velho de Lazare Carnot (1753-1823), o qual



Figura 2: Imagem de Nicolas Léonard Sadi Carnot com uniforme da École Polytechnique. Disponível em http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Biographies/Carnot_Sadi.html. Acesso em 05/10/2017.

sempre teve papel importante na sociedade francesa. Lazare participou da política local e estudou engenharia mecânica, chegando a publicar o livro *Essai Sur les Machines em Général (Ensaio Sobre as Máquinas em Geral)*, em 1783. Por ver que seu filho possuía aptidão pelas ciências exatas, decidiu colocá-lo na École Polytechnique (Escola Politécnica), local em que estudava apenas a elite intelectual francesa [5]. A Politécnica na época era voltada principalmente para as engenharias e a arte militar, exaltando o progresso tecnológico e industrial, assim como pregavam os ideais do Conde de Saint Simon, Claude-Henri de Rouvroy (1760-1825).

Sadi Carnot, assim como seu pai, entrou na vida militar, em março de 1814. Juntamente com outros estudantes, lutou contra as forças invasoras durante o reinado de Napoleão e

Em seu trabalho, Carnot adota o calórico, ou seja, calor como fluido

em outubro desse mesmo ano se tornou segundo-tenente, estudando na École du Génie, em Metz. Em 1819 abandonou a vida militar e passou a se dedicar aos estudos e pesquisas sobre o desenvolvimento industrial, em particular as máquinas térmicas. No livro de Carnot o termo utilizado é *machines à vapeur* (máquina a vapor) e/ou *machines à feu* (máquina a fogo). Neste artigo utilizaremos o termo máquina térmica de forma geral, uma vez que o sentido atribuído por Carnot é o mesmo. Carnot teve como grande influenciador Nicolas Clément (1779-1841), professor do Conservatório de Artes e Ofício, e estudioso das máquinas a vapor e da teoria dos gases [5, 6]. Nessa época, a Inglaterra destacava-se como potência graças à máquina a vapor. Era natural, portanto, para um engenheiro e militar francês, supor que a França poderia seguir os mesmos caminhos da Inglaterra se dominasse a ciência das máquinas a vapor.

Assim, após a morte de seu pai, em agosto de 1823, o irmão mais novo de Sadi, Hippolyte (1801-1888), retornou a Paris e o ajudou em sua primeira obra: *Reflexions sur la Puissance Motrice du Feu et sur les Machines Propres à Développer Cette Puissance (Reflexões sobre a Potência Motriz do Fogo e sobre as Máquinas Apropriadas para Desenvolver essa Potência)*. Essa obra foi publicada em 12 de julho de 1824.

Nesta obra, Carnot apresenta um estudo detalhado sobre gases e sua aplicabilidade nas máquinas térmicas. A todo momento, entre os cálculos e deduções matemáticas, Carnot se volta para as máquinas térmicas e aplica seu conhecimento. Ele considerava que as máquinas

térmicas funcionavam com a troca de calórico entre reservatórios e, nessa troca, havia a produção de trabalho. Calórico era o termo atribuído ao calor enquanto fluido, que passava do corpo de temperatura mais alta para o corpo de temperatura mais baixa. O calórico era considerado um fluido imponderável, que não podia ser visto ou pesado, mas as transformações envolvendo variação de temperatura levavam ao seu reconhecimento. Para mais detalhes, sugerimos a leitura de Silva *et al.* [7]. Carnot associava às máquinas térmicas o mesmo conhecimento que já se tinha das máquinas “mecânicas”, como força animal, quedas d’água, ou seja, um conhecimento geral que independe do combustível e da forma de aplicação. A

produção do poder motor é devida ao estabelecimento do equilíbrio do calórico, ou seja, seu transporte do corpo mais quente para o mais frio. Só pode haver utilidade (movimento) da máquina térmica se houver uma diferença de temperatura (movimento do calórico). Assim, o calórico funciona como uma queda d’água. Na queda d’água, a potência depende da diferença de altura entre os reservatórios mais baixo e mais alto. Para o calórico, a potência depende da diferença de temperatura entre os reservatórios frio e quente [8, p. 6].

Utilizando-se dessa analogia e considerando os conhecimentos já existentes sobre teoria dos gases e calorimetria, dentre outros, ele faz a análise teórica e matemática dos processos envolvidos no funcionamento das máquinas térmicas e chega a algumas conclusões importantes. Considerou um experimento imaginário (cíclico) em que variavam as grandezas pressão, volume e temperatura, fazendo com que os estados iniciais e finais fossem iguais. A partir desse ciclo, Carnot chegou às seguintes conclusões: 1) o poder motor é independente dos agentes (combustíveis) empregados para realizá-lo; sua quantidade é determinada somente pelas temperaturas dos corpos entre os quais é efetuada, no fim, a transferência de calor [8, p. 20] e 2) quando um gás passa, sem mudar a temperatura, de um volume e pressão definidos para outro volume e outra pressão igualmente definidos, a quantidade de calórico absorvida ou cedida é sempre a mesma, qualquer que seja a natureza do gás escolhido como objeto do experimento [8, p. 22].

O diagrama de pressão, volume e temperatura que representa o ciclo de Carnot foi apresentado por Clapeyron em 1834

Depois, ainda a partir do ciclo adotado e considerando o conhecimento sobre gases já determinado por estudiosos como Gay-Lussac, Mariotte, Desormes, Delaroché, Carnot chegou às conclusões: 3) a diferença entre o calor específico sob pressão constante e calor específico sob volume constante é a mesma para todos os gases (baseando-se nos estudos do som e dos gases já conhecidos) [6; 7; 8, p. 24] e 4) quando um gás varia de volume, sem mudar a temperatura, a quantidade de calor absorvida ou cedida está em progressão aritmética, enquanto as variações de volume estão em progressão geométrica [8, p. 28]. Considerando as aproximações feitas, as conclusões de Carnot atendiam ao que se observava até então.

Porém, Carnot deixou um problema em aberto. Se a quantidade de calor devida à mudança de um gás é tanto mais considerável quanto mais elevada seja a temperatura, por que se observa que “a queda de calórico produz mais poder motriz nos graus inferiores que nos graus superiores” [6, p. 72]? Ou seja, consideremos dois conjuntos de reservatórios quente e frio. No primeiro conjunto, as temperaturas fria e quente são 10° e 60°, respectivamente. No segundo conjunto, as temperaturas são 60° e 110°. A diferença de temperatura é a mesma entre os reservatórios. Carnot concluiu que o rendimento seria maior no primeiro caso do que no segundo. Considerando suas premissas, e o conhecimento que já possuía, Carnot não conseguiu explicar isso.

Ainda que partisse de uma concepção de calor diferente do que temos hoje (energia em movimento), os resultados de Carnot são muito próximos do que utilizamos atualmente. No entanto, mesmo enfatizando as aplicações práticas das máquinas térmicas já conhecidas, o que era o mais importante para o contexto, o trabalho de Carnot não foi reconhecido e permaneceu esquecido. Antes de morrer, em 1832, Carnot ainda realizou mais estudos sobre máquinas térmicas em que introduzia as novas discussões que apareciam na Academia, a exemplo dos experimentos de Rumford, que consideravam o calor como movimento. Contudo, esses estudos não foram publicados [8, p. xiii].

Em 1834, Émile Clapeyron (1799-1864) recuperou o trabalho de Carnot, corrigindo alguns erros e refazendo suas análises. Diferentemente de Carnot, o trabalho de Clapeyron concentrava-se na resolução analítica dos problemas associa-

dos às máquinas e não em questões práticas. Foi Clapeyron quem transformou o ciclo de Carnot num diagrama. O trabalho de Clapeyron também não foi reconhecido imediatamente. Somente após 1843, quando o trabalho de Clapeyron foi traduzido para o alemão, tanto ele quanto Carnot passaram a ser reconhecidos e serviram como base para Rudolf Clausius (1822-1888) introduzir o conceito de entropia. Clausius desenvolveu o trabalho de Carnot considerando o calor como movimento e conseguiu explicar o problema que ele havia deixado em aberto.

Outro exemplo de reconhecimento tardio do trabalho de Carnot é a introdução da temperatura absoluta por William Thomson (Lorde Kelvin - 1824-1907), num trabalho de 1848. Segundo Kelvin, o efeito mecânico produzido por uma determinada quantidade de calor seria uma escala absoluta, já que Carnot havia mostrado que o trabalho realizado pelas máquinas térmicas dependia apenas das temperaturas e não da substância [9]. Ou seja, a definição de escala Kelvin, que hoje utilizamos como “grau de agitação das moléculas”, partiu de considerações que inicialmente nem pressupunham a existência de moléculas!

Apenas em 1865, quando Rudolf Clausius publica seu trabalho sobre entropia (*Sobre uma forma modificada do segundo teorema da teoria mecânica do calor*), a “segunda lei” fica conhecida. Nesse momento, o equivalente calor-trabalho da conservação da energia já estava sendo aceito e as discussões sobre a natureza do calor tinham se encaminhado para o calor como movimento. Portanto, quando as ideias de Carnot foram finalmente aceitas, outras concepções estavam vigentes.

As transformações sociais

O entendimento das ideias de Carnot foi feito durante um contexto científico e social muito diferente daquele em que haviam sido divulgadas inicialmente. Durante o século XIX, muitas mudanças estavam ocorrendo na sociedade, principalmente na Inglaterra, na França e na Alemanha, pátrias dos estudiosos citados no texto [10, 11]. Muitas dessas mudanças foram causa ou consequência de fenômenos envolvendo termodinâmica, ou seja, não é possível dissociar o conhecimento científico dos motivos que o provocaram ou que foram resultado dele.

Sendo assim, vamos tentar situar qual era o contexto social em que Carnot

Sugestão para o professor

Esse tema pode ser abordado na forma de projeto envolvendo várias disciplinas, como história, literatura, geografia, química, física e biologia. Os ideais de Augusto Comte influenciaram tanto a Europa quanto o Brasil e tiveram larga extensão, como a criação das escolas politécnicas, as reformas na saúde, os movimentos eugenistas etc. Também é possível questionar sobre o método científico, seus pressupostos e sua validade diante do papel que a ciência tem na sociedade. Além da bibliografia indicada, alguns documentários e filmes podem enriquecer o projeto, como:

- filme e livro *Germinal* de Émile Zola.
- *O Positivismo no Brasil*. Disponível em <https://youtu.be/-yiVQTZrRfg>. Acesso em 5/10/2017.
- A revolta da vacina. Disponível em <https://youtu.be/SBLVc8BWsnY>. Acesso em 5/10/2017.

Revistas de divulgação científica sobre o tema

A Ciência na Era dos Inventores - História da Ciência - Scientific American Brasil, ed. n. 4).

Entropia: A Medida da Desordem do Universo, Ciência Hoje, v. 54, n. 323, março 2015.

desenvolveu seus trabalhos. Um dos marcos a considerar é a revolução industrial na Inglaterra, que teve seu auge na segunda metade do século XVIII. De caráter econômico, modificou os modos de produção, com a introdução das máquinas a vapor, e trouxe consequências para agricultura, transportes e comunicação, aumento populacional e, mais importante, levou à criação de duas classes sociais: proletários e burgueses. Os burgueses concentravam a renda e os proletários, o trabalho, com mínimas condições de vida. Com a renda que obtinham, os burgueses investiam mais na produção de mais e melhores máquinas, para gerar mais lucro, mais renda e por aí vai. Parte dessa renda era utilizada para financiar estudos, com o financiamento de sociedades científicas e criação de escolas técnicas [10, p. 300]. Já para os operários, as coisas eram bem diferentes. Eram explorados nas minas (extração de carvão), com muitas horas de trabalho, baixos salários e nenhum benefício. O acesso à educação era privilégio dos burgueses, principalmente conhecimento que levasse ao progresso, ou seja, à melhoria das máquinas e da produção.

A diferença entre classes sociais já vinha provocando manifestações entre nobres e burgueses na França

do século XVIII, o que acabou culminando na Revolução Francesa. De caráter mais político, a revolução francesa levou à ascensão da burguesia, que queria ter as mesmas vantagens da burguesia inglesa – ou seja, incentivo para a introdução das máquinas, investimento em melhores



Figura 3: Símbolo da Escola Politécnica. Disponível em <https://www.polytechnique.edu/fr/histoire>. Acesso em 05/10/2017.

condições de produção e, consequentemente, empobrecimento dos proletários e péssimas condições de trabalho [10, p. 305]. O acesso à educação também era privilégio dos burgueses, que tinham a possibilidade de frequentar a Escola Politécnica (*École Polytechnique*), que formava os engenheiros, muitos também militares (afinal, precisavam defender o interesse da classe que estava no poder). Isso explica o símbolo da Escola Politécnica, com os dizeres “pela pátria, as ciências e a glória” (Fig. 3.)

Portanto, ao iniciar o século XIX, o contexto socioeconômico da França e da Inglaterra incentivava o progresso e, admitia-se, esse progresso estava relacionado à melhoria da tecnologia (máquinas) [11, p. 83]. O conhecimento da natureza do processo, o estudo de filósofos e a participação nas sociedades científicas era privilégio dos burgueses. Os proletários, trabalhadores, precisavam aprender a operar e eram apenas treinados.

Já a Alemanha passou por mudanças tardiamente. Somente a partir de 1848, quando houve a unificação dos estados independentes, é que se iniciou um processo de industrialização e reformas edu-

O trabalho de Carnot foi escrito sob a influência do positivismo de Augusto Comte, que baseava-se na organização da sociedade, o que incluía a defesa do regime ditatorial

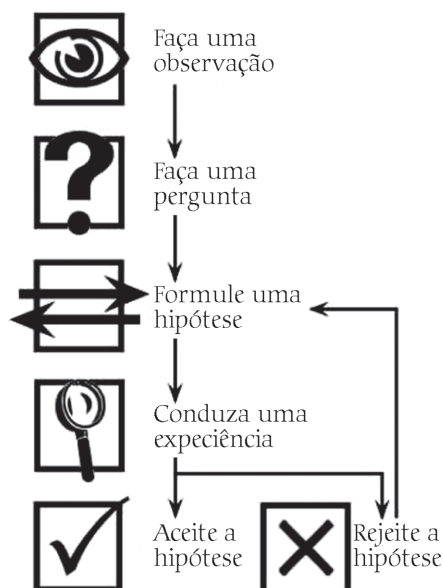


Figura 4: Exemplo adaptado do método científico proposto por Comte. Disponível em http://proficiencia.org.br/article.php?id_article=487. Acesso em 06/04/2018.

acionais. Portanto, entre os estudiosos alemães, os objetivos do conhecimento da natureza eram outros [10, p. 326].

Voltando a Carnot e à termodinâmica. Na França, o estilo de pensamento vai ser representado principalmente por Augusto Comte (1798-1857), um dos fundadores do Positivismo. Adepto das ideias de Saint Simon, baseava-se na organização da sociedade, o que incluía a defesa do regime ditatorial. A organização da sociedade deveria ocorrer assim como ocorria na natureza [10, p.373].

Para Comte, a natureza assumia uma visão mecânica, seguindo regras (leis)

invariáveis. Para conhecer a natureza, o homem deveria basear-se nos fatos observáveis e, a partir da razão, que eliminava causas finais e agentes sobrenaturais, chegar às relações invariáveis de sucessão e similitude. O objetivo era chegar a leis gerais invariáveis que explicassem o funcionamento da natureza. Essa ordenação da natureza através de leis levaria ao conhecimento positivo e ao progresso [12]. O conhecimento positivo não admite dúvidas e, portanto, o método utilizado para adquiri-lo (Fig. 4) deve ser único e presente em todas as ciências que intencionam o conhecimento verdadeiro.

Há muitas semelhanças entre os objetivos de Carnot e os ideais de Comte. Eles são contemporâneos e tinham como visão a natureza funcionando mecanicamente (assim como vários outros estudiosos da mesma época). Para ambos, seria possível encontrar uma lei generalizada, baseada na regularidade da natureza e que levasse a um avanço nas máquinas e, portanto, ao conhecimento positivo que permitia o progresso.

De volta ao início - algumas considerações

Conhecer o contexto em que Sadi Carnot desenvolveu seus trabalhos ajuda a explicar a imagem apresentada no início deste trabalho [13, p. 140], bem como a ordenação das leis da termodinâmica.

Em um tempo em que o conhecimento positivo representava o progresso, a imagem da Paris iluminada pela recém descoberta eletricidade é muito mais atrativa do que aquelas das chaminés emitindo fumaça e ruas cheias de mendigos e proletários rebeldes. O conhecimento positivo também pressupunha uma

linearidade, uma sucessão de verdades que levaria ao real conhecimento da natureza. Daí a ordenação das leis da termodinâmica de forma ahistórica. Afinal, para se conhecer a natureza, partimos da lei zero para depois chegar à lei dois. Não há lugar para agentes sobrenaturais (inobserváveis) e causas finais na organização da natureza.

Por outro lado, desvincular os estudos de Sadi Carnot do contexto pode acabar distorcendo-o. Podemos interpretá-los como símbolo do progresso tecnológico e da busca pela melhoria das condições de vida – e de conhecimento – pelo homem. Mas como foi argumentado no item anterior, o conhecimento positivo era para poucos e também poucos se beneficiaram do “progresso” que ele trouxe. Isso nos leva a questões maiores, como: há relação direta entre ciência, tecnologia e progresso? O que influencia a ciência? E, uma pergunta sem resposta: ciência e tecnologia são boas ou ruins para a sociedade?

Entendemos que, ao discutirmos conceitos de física – no caso, as leis da termodinâmica – inserindo o contexto social com a abordagem histórica, é possível compreender não somente o conteúdo conceitual em si, mas também todas as implicações que ele envolve. Longe do que pressupõe o positivismo, a ciência não traz uma verdade sobre a natureza, mas uma resposta dentre tantas outras possíveis. A escolha por uma resposta envolve vários fatores que vão além da própria ciência.

Agradecimento

Este trabalho contou com o financiamento do CNPq, Edital Universal projeto nº 474924/2012-2.

Referências

- [1] A. P. Chagas, in: *O Saber Fazer e Seus Muitos Saberes: Experimentos, Experiências e Experimentações*, editado por A.M. Alfonso-Goldfarb et al. (Editora EDUC-FAPESP, São Paulo, 2006), p. 337-349.
- [2] A.P.B. Silva e J.A.Silva, *Hist., Ciências, Saúde-Manguinhos* **24**, 3 (2017).
- [3] R.A. Martins, *Cad. Hist. Fil. Cien.* **6**, 63 (1984).
- [4] J.C. Passos, *Anais XXXI Cobenge*, Rio de Janeiro, 2003.
- [5] J.F. Challey, in: *Dicionário de Biografias Científicas*, editado por C. Benjamin (Editora Contraponto, Rio de Janeiro, 2007).
- [6] A. Castignani, *Sadi Carnot e o Desenvolvimento Inicial da Termodinâmica Clássica*. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 1999.
- [7] A.P.B. Silva, T.C.M. Forato e J.L.A.M.C. Gomes, *Cad. Bras. Ens. Fis.* **30**, 3 (2013).
- [8] S. Carnot, *Reflections on the Motive Power of Fire* (Dover, New York, 1960).
- [9] W. Thomson, *Rev. Bras. Ens. Fís.* **29**, 4 (2007).
- [10] M.A. Andery, N. Micheletto, *Para Compreender a Ciência* (Editora Garamond, Rio de Janeiro, 2007).
- [11] E. Hobsbawm, *A Era das Revoluções: 1789-1848* (Editora Paz e Terra, São Paulo, 2010).
- [12] F.S. Santos e I. JUSDENSAIDER, *Prometeica* **10**, 58 (2015).
- [13] D.B.S. Borges e T.C.M. Forato, in: *Histórias das Ciências, Epistemologia, Gênero e Arte: Ensaio para a Formação de Professores*, editado por B.A. Moura e T.C.M. Forato (Editora UFABC, São Paulo, 2017), p. 139-161.