

## **A revolução industrial e a influência do valor do controle da natureza no desenvolvimento da termodinâmica**

### **The industrial revolution and the influence of the nature control value on the development of thermodynamics**

**Sergio Torlai Pereira<sup>1</sup>, Marcelo Lambach<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

sergiotorlai@gmail.com, marcelolambach@utfpr.edu.br

#### **Resumo**

O objetivo desse trabalho é discutir o desenvolvimento da termodinâmica dentro da concepção epistemológica de Hugh Lacey. Inicialmente apresentamos as categorias analíticas, com ênfase nos conceitos de valores, valores cognitivos, neutralidade, imparcialidade e autonomia da ciência. Apresenta-se também o esquema moderno do valor de controle. Em seguida é feita uma análise da história social da revolução industrial, apontando para presença do moderno esquema de valor do controle. Discute-se então como esse valor esteve presente nos pensamentos científicos de alguns dos principais cientistas no campo da termodinâmica. Por fim, argumenta-se que o desenvolvimento dessa ciência não foi neutro, visto que privilegiou um esquema de valores específico.

**Palavras chave:** Hugh Lacey, história da ciência, revolução industrial, neutralidade da ciência, termodinâmica.

#### **Abstract**

The scope of this work is to discuss the development of the thermodynamics through Hugh Lacey's epistemological conception. First we present the analytical categories, with emphasis on the concepts of value, cognitive values, neutrality, impartiality and autonomy of science. We also presents the modern value-outlook of control. We make a following analysis of the social history of the industrial revolution, pointing to the presence of the modern valuation of control. Then, we discuss how this value was present in the scientific thought of some main scientist in the field of thermodynamics. Lastly, we argue that the development of this science was not neutral, since it privileged a specific value-outlook.

**Key words:** Hugh Lacey, history of science, industrial revolution, neutrality of science, thermodynamics.

## Introdução

O intuito desse trabalho é discutir o desenvolvimento da termodinâmica dentro concepção epistemológica de Hugh Lacey, a qual relaciona a produção do conhecimento científico ao seu contexto histórico e à sua intencionalidade.

Hugh Lacey é um filósofo da ciência australiano, que se filia ao campo da filosofia analítica da ciência, tendo uma aproximação com a tradição da dialética marxista (OLIVEIRA, 2000). Em sua obra *Valores e Atividade Científica* (1998), ele apresenta a “epistemologia engajada” (OLIVEIRA, 1998), na qual defende que as teorias científicas estão permeadas de valores, onde as estratégias de restrição e seleção determinarão qual tipo de conhecimento científico será produzido. A análise da ciência de Lacey coloca em evidência que os valores fortalecidos pela forma como a ciência moderna é produzida são aqueles da sociedade capitalista, em especial os valores do neoliberalismo (OLIVEIRA, 2000).

No presente texto, a escolha da termodinâmica se deve por seu advento ter ocorrido em período coincidente com a revolução industrial, um contexto histórico muito importante para o capitalismo moderno e para a consolidação da atual estrutura de classes e, portanto, dos valores das instituições da sociedade ocidental. Com base nesses pressupostos, pretendemos analisar qual foi a influência da revolução industrial sobre o desenvolvimento da termodinâmica e se essa influência teve implicações sobre a neutralidade da ciência nesse campo específico.

## A Epistemologia de Lacey

Os elementos centrais da epistemologia de Hugh Lacey são desenvolvidos em seu livro “*Valores e Atividade Científica*” (LACEY, 1998). Nela, de acordo com Oliveira (1998, 2000), Lacey caracteriza o que denomina de **valores não-cognitivos** e **valores cognitivos**. Os primeiros, são valores pessoais, sociais, morais, etc., e

se juntam em esquemas de valor, que são conjuntos complexos de valores, tornados coerentes, ordenados e racionalmente válidos de serem tomados por certas pressuposições sobre a natureza humana (e a natureza) e sobre o que é o possível. (LACEY, 2001, p. 2, tradução nossa).

Tais esquemas de valores dirão o que é e o que não é possível e desejável para um determinado indivíduo. Os valores também podem ser sociais, quando estão presentes nas instituições de uma sociedade, e podem ser incorporados pelos indivíduos, assim como os valores pessoais podem ser incorporados pelas instituições sociais.

Os **valores cognitivos**, por sua vez, estão relacionados ao debate interno que ocorre na comunidade para a aceitação de uma determinada teoria científica. As teorias aceitas são aquelas que expressam em grau elevado os valores cognitivos. Lacey aponta alguns critérios que “têm sido considerados como valores cognitivos pelo menos em alguns momentos na história da ciência: adequação empírica, consistência, simplicidade, fecundidade, poder explicativo e certeza” (LACEY, 1998, p.62). Quando uma teoria expressa em alto grau os valores cognitivos, ela nos diz de forma adequada quais as possibilidades materiais do mundo dentro de determinadas condições de contorno.

Tendo definido o que são valores, podemos avançar para três categorias fundamentais na sua proposta epistemológica Lacey: a imparcialidade, a neutralidade e a autonomia da ciência. A **imparcialidade** diz respeito a possibilidade de diferenciar valores cognitivos dos não-cognitivos e que a escolha entre teorias distintas é feita apenas com base nos valores cognitivos, isto é, se ela os apresenta em grau elevado. Ou seja, para a tese da imparcialidade os valores

cognitivos estão em um nível diferente dos outros valores, e os últimos não cumprem nenhum papel na aceitação ou não das teorias científicas. A **neutralidade** é a tese de que determinada teoria pode ser aplicada em qualquer esquema de valor, sem favorecer nenhum em específico.

Por fim, a **autonomia** pressupõe imparcialidade, neutralidade e também uma distinção entre pesquisa básica e pesquisa aplicada. Segundo Lacey, a autonomia é o valor tal que “as características da metodologia científica e a direção da pesquisa básica são direcionadas, sem interferência “externa”, somente por interesses cognitivos” (LACEY, 2001, p.4, tradução nossa).

Em sua obra, ele destaca três posicionamentos identificáveis frente às categorias anteriormente apresentadas. O racionalismo, que adota as teses anteriormente desenvolvidas; a pós-moderna, que rejeita as três teses; e uma terceira, que aceita a tese da imparcialidade, mas rejeita a neutralidade e a autonomia. Nos interessa aqui a terceira, pois, a partir desse ponto de vista, as teorias são desenvolvidas seguindo determinadas **estratégias de restrição e seleção** e é nessa etapa onde a neutralidade e autonomia são rejeitadas. Pois,

Sem adotar uma estratégia nós não podemos abordar coerentemente e sistematicamente: quais questionamentos formular, quais quebra-cabeças resolver, quais classes de possibilidades identificar, quais tipos de explicação explorar, quais fenômenos observar, medir e fazer experimentos sobre, quais procedimentos utilizar. (LACEY, 2001, p.6, tradução nossa).

Na ciência moderna as teorias são restritas àquelas que apresentam categorias quantitativas, princípios explicativos como relações matemáticas que expressam leis, o reducionismo molecular, a abstração dos contextos humanos e ecológicos (LACEY, 1998, p. 146). Os critérios de seleção definirão os

Tipos de dados empíricos a serem buscados e produzidos para confronto com as hipóteses teóricas: dados quantitativos, provenientes em geral de experimentos em espaços criados pelo homem, frequentemente espaços criados com auxílio de aparatos e engenhosidade tecnológicos mais recentes. (LACEY, 1998, p.146).

Tais estratégias de restrição e seleção são caracterizadas pelo autor como sendo **estratégias materialistas**, que são “quantitativas e abstraídas das categorias que descrevem a experiência vivida e a vida prática, além de serem, em princípio, propícias a finalmente submeterem-se a leis” (LACEY, 1998, p.115). Dessa forma, não são levadas em conta as consequências sociais, ecológicas e humanas da produção de determinados conhecimentos e de novas possibilidades materiais para o controle da natureza, podendo, por exemplo, afetar nocivamente populações ou o meio ambiente. Portanto, adotar as estratégias materialistas privilegia a adoção de um determinado esquema de valores refutando a tese da neutralidade da ciência.

O esquema de valores adotado é o **moderno esquema de valor do controle**, no qual a centralidade do controle da natureza sobrepõe todos os outros esquemas de valores. Lacey (1998), afirma que na modernidade o valor de controle é tomado como um valor universal. Com isso, a adoção das estratégias materialistas leva a uma produção de conhecimentos que favorecem o aumento da nossa capacidade de controle da natureza.

O conhecimento produzido pelas estratégias materialistas garante a aplicabilidade das leis, processos e estruturas subjacentes em uma ampla gama de espaços tecnológicos, experimentais e naturais, onde as condições de contorno são de criação humana. Tais condições são estabelecidas com categorias materialistas (físicas, químicas e biológicas), abstraindo as condições humanas, sociais e ecológicas.

Essa afinidade eletiva faz com que a adoção das estratégias materialistas seja privilegiada em detrimento de qualquer outra estratégia. Isso se fortalece devido ao fato de as instituições científicas estarem profundamente inseridas no modelo socioeconômico vigente, adotando o moderno esquema de valor do controle. A estratégia materialista tem produzido teorias que expressam em grau elevado os valores cognitivos. Porém, tais teorias têm se mostrado favoráveis ao que o autor chama de **desenvolvimento modernizador**,

representado pelas instituições e valores hegemônicos nos países industriais avançados, e os processos de desenvolvimento envolvem crescimento econômico, industrialização, transferência de tecnologia moderna, integração à economia capitalista mundial, etc. (LACEY, 1998, p. 149-150).

Outras estratégias poderiam contribuir com a produção de uma ciência que favorecesse o **desenvolvimento autêntico**, onde o que é bem definido é a condição presente dos empobrecidos,

que pode ser empiricamente mapeada e teorizada em termos de noções tais como opressão e dependência [...] A meta de desenvolvimento autêntico inclui seus meios para gerar um processo de negação do empobrecimento presente informado pelo entendimento dos próprios pobres, e com sua ativa participação. (LACEY, 1998, p.150).

Para analisar como tais categorias se fazem presente na termodinâmica, primeiro faremos uma breve análise histórica do período no qual ela se desenvolveu, a revolução industrial e depois analisaremos a história da ciência do período.

## **A revolução industrial, o valor do controle da natureza e sua influência sobre as ciências e o desenvolvimento da termodinâmica**

O objetivo dessa seção é sugerir que o moderno esquema de valor do controle tornou-se hegemônico na sociedade durante e após a revolução industrial. A passagem do século XVIII para o XIX, do mercantilismo para o capitalismo moderno modificou as estruturas de valor, primeiro na Europa ocidental e posteriormente no mundo todo (CANÊDO, 1996). A mesma autora aponta que tais inovações podem ser resumidas em três principais: o aparecimento de máquinas modernas, a utilização do vapor para acionar a máquina, a melhoria marcante na obtenção e no trabalho de novas matérias-primas.

É importante notar que tais avanços tecnológicos não foram frutos de uma teoria científica. A técnica desenvolveu-se primeiramente devido às condições econômicas e sociais favoráveis para tal desenvolvimento na Grã-Bretanha do século XIX. O historiador Eric Hobsbawm afirma:

Qualquer que tenha sido a razão do avanço britânico, ele não se deveu à superioridade tecnológica e científica. [...] Nem mesmo sua máquina cientificamente mais sofisticada, a máquina a vapor rotativa de James Watt (1784), necessitava de mais conhecimentos de física do que os disponíveis até então há quase um século. (HOBSBAWM, 2012, p. 61).

Ou seja, as mudanças sociais precederam a formulação da teoria da termodinâmica, apesar de suas bases já estarem lançadas. Isso implica dizer que os valores sociais que tornaram-se hegemônicos com o advento do capitalismo moderno passaram a permear as diversas instituições sociais.

Em termos de organização social, ocorre a ascensão do modo de produção capitalista, com a divisão do trabalho manual (realizado pelo proletário) e intelectual (sob controle do detentor

dos meios de produção), a alienação do trabalho, e a produção visando o lucro (CANÊDO, 1996, p.7-8). Isso determina um importante valor social da época (que permanece até hoje): a busca pelo crescimento econômico indeterminado.

A produção do conhecimento científico foi influenciada por tais mudanças, visto que muitas pesquisas passaram a ser direcionadas no sentido de aperfeiçoar as rudimentares máquinas a vapor, o que não ocorria anteriormente. Anteriormente à revolução industrial “a ciência esteve separada da técnica. Os aperfeiçoamentos das ferramentas de trabalho eram resultantes de descobertas técnicas feitas ao acaso, sem ligação com a investigação racional aplicada” (CANÊDO, 1996, p.10). Essa afirmação é passível de crítica, pois mesmo na técnica existe algum nível de teoria não explícito envolvido. Porém, para nossa análise, o valor dessa afirmação está ao colocar que os responsáveis pelos aperfeiçoamentos não eram cientistas, e sim as pessoas que trabalhavam diretamente com as ferramentas. No período da revolução industrial os cientistas passaram a pesquisar com o intuito de aperfeiçoar as máquinas, mudando essa característica.

Podemos evidenciar certa dialética entre ciência e tecnologia, entre o valor do controle e a produção científica. O desenvolvimento da tecnologia gerou uma necessidade no aprofundamento da investigação científica, e os conhecimentos gerados por essa invenção, por sua vez, levaram a um aprimoramento da tecnologia. (CANÊDO, 1996, p.11). Cabe denotar o fato de que as proposições teóricas no campo da termodinâmica à época, favoreceram sobremaneira a revolução industrial. Além disso, a relação intrínseca entre a produção do conhecimento científico, o crescimento econômico e o “valor do controle”, pode ser caracterizada a partir da fala de Câneo, ao dizer que

A introdução de uma nova técnica poderia situar uma empresa à frente de suas concorrentes. Para tanto, caberia ao capitalista o dever de proporcionar aparelhagem científica e produtos novos a serem utilizados pelos cientistas em seus experimentos. **O objetivo final era obter o máximo domínio sobre o meio natural, a fim de explorar-lhe os mínimos recursos em proveitos dos lucros no mercado.** (CANÊDO, 1996, p.28, grifo nosso).

Então podemos dizer que as mudanças na dinâmica do trabalho científico ocorreram devido à incorporação desse novo valor social, pois parte considerável da pesquisa passou a ser desenvolvida em laboratórios industriais, sendo a tecnologia científica desenvolvida de acordo com as necessidades do mercado. (CANÊDO, 1996, p.54). Com isso, a neutralidade deve ser refutada nesse caso, pois um esquema de valor é claramente favorecido na produção desse conhecimento. Porém a imparcialidade é mantida, porque nas condições de contorno estabelecidas as teorias apresentam os valores cognitivos em grau elevado, visto que as possibilidades materiais de fato se expandiram, assim como houve importantes progressos em termos de pesquisa básica, a exemplo da biologia, química e física. (HOBSBAWM, 2012).

Um último ponto que cabe ser analisado é como as pesquisas científicas da época não levaram em conta o profundo impacto social e ecológico que viriam a ser causados por sua aplicação. Isso está profundamente ligado ao uso quase exclusivo das estratégias materialistas. Os efeitos nocivos à condição de vida dos camponeses britânicos são bem relatados na obra de Hobsbawm (2012, p.74 *et seq.*). Tais efeitos não se devem somente ao conhecimento científico, mas também ao desenvolvimento de uma disciplina rígida, à expulsão sistemática das pessoas do campo e às leis que privilegiavam os empregadores em detrimento dos trabalhadores (HOBSBAWM, 2012, p.89 *et seq.*). Porém, não devemos ignorar que o desenvolvimento das máquinas térmicas e sua consequente aplicação na indústria aprofundaram não somente a capacidade de controle da natureza, mas também a capacidade de controle da burguesia sobre o proletariado. Nesse

sentido, vemos outra evidência da não neutralidade da ciência relacionada à adoção das estratégias materialistas.

Avançando para análise da história da termodinâmica, um importante é a invenção da máquina a vapor de James Watt, que teve sua primeira versão patenteada em 1769. Para o desenvolvimento dessa máquina ele utilizou-se das ideias já estabelecidas da física da época, como calor específico e calor latente (BERNAL, 1989, p.447-448). Uma versão aprimorada desse motor, desenvolvida junto com Boulton, foi patenteada em 1774 (THURSTON, 1878). Ressaltamos esse marco, pois vários cientistas que deram importantes contribuições para a termodinâmica o fizeram com base no estudo dessa máquina térmica, entre eles Carnot (1897), Thomsom (SMITH, 1977), Rankine (1859) e Clausius (1867). Seus estudos voltavam-se para a compreensão da dinâmica do calor, dentro de condições de contornos muito específicas: uma máquina térmica ideal, trabalhando em um ciclo, onde um gás realiza trabalho.

Carnot já anotava em seu artigo “Reflections on the Motive Power of Heat” a importância do motor a vapor na Inglaterra e no mundo como um todo. Na referida publicação, ele afirma que “o estudo desses motores é de grande interesse, seu uso está continuamente aumentando, e eles parecem destinados a causar uma grande revolução no mundo civilizado” (CARNOT, 1897, p.38, tradução nossa). Esse trabalho apresentava uma primeira formulação do que viria a ser a segunda lei da termodinâmica, indicando um princípio importante do funcionamento das máquinas térmicas, que necessitam de uma fonte quente e uma fonte fria para operar, tendo necessariamente uma perda de calor, o que viria a ser conhecido posteriormente como a segunda lei da termodinâmica (BERNAL, 1989, p.451-452).

Outro desenvolvimento importante foi o princípio da conservação da energia o qual, segundo Kuhn, foi delimitado por doze pesquisadores que trabalhavam separadamente, sendo um caso emblemático de “descoberta simultânea”. Tal princípio é construído como a contraparte teórica dos experimentos de conversão de energia realizados no século XIX (KUHN, 1977). Segundo o autor

Entre 1842 e 1847, a hipótese da conservação da energia foi publicamente anunciada por quatro cientistas europeus amplamente espalhados – Mayer, Joule, Colding e Helmholtz – todos, com exceção do último trabalhando na completa ignorância dos outros. (KUHN, 1977, p. 66, tradução nossa).

Além disso, Carnot, Séguin, Holtzmann e Hirn “registraram suas convicções de que calor e trabalho são quantitativamente intercambiáveis, e todos computaram um valor para o coeficiente de conversão ou um equivalente” (KUHN, 1977, p.67, tradução nossa). Continuando, Mohr, William, Grove, Faraday e Liebig descreveram ao mundo o fenômeno como uma “força” que poderia aparecer em várias formas, mas que nunca poderia ser criada ou destruída (KUHN, 1977, p.68). Kuhn ainda coloca como elemento central para o desenvolvimento de uma teoria quantitativa da conservação da energia a “preocupação com as máquinas”, que, de alguma forma, afetou todos os pesquisadores. Nesse aspecto, também podemos citar Bernal, o qual destaca que

Por mais variados que fossem os pontos de vista, todos os descobrimentos foram influenciados, mais direta do que indiretamente, pelo ambiente da era do vapor, especialmente pela locomotiva. Como assinalava Mayer, “na locomotiva, o calor se destila na caldeira, se converte em trabalho mecânico nas rodas em movimento, e se condensa nos eixos, nos freios e nos trilhos. (BERNAL, 1989, p. 453, tradução nossa.)

William Thomsom foi bastante influenciado pelas ideias de Carnot, as quais conheceu devido ao seu irmão James Thomsom, cujos interesses estavam mais voltados para problemas práticos e de engenharia (SMITH, 1977). O interesse de James conduziu-o até as ideias de Carnot, que

foram apresentadas para William posteriormente. Aqui os objetivos também estavam voltados para a formulação teórica de um motor mais eficiente. Entre as principais contribuições de William Thomsom, nomeado Lorde Kelvin, está a formulação da escala absoluta de temperatura (PALAVRA, NIETO CASTRO, 1988). Outro artigo interessante é o de Rankine (1859), em que ele recapitula as equações fundamentais da termodinâmica desenvolvidas até a época, desenvolvendo sua teoria e aplicando-a em três experimentos envolvendo motores térmicos. Rudolf Clausius, um dos enunciadores da segunda lei da termodinâmica (ROSA, 2012), no mesmo livro em que publica suas principais ideias, as relaciona com aplicações ao motor a vapor (CLAUSIUS, 1867).

Com base nesse pequeno apanhado histórico queremos chamar a atenção para alguns pontos de análise baseados na epistemologia de Lacey. Primeiro, tais desenvolvimentos servem como exemplos da relação dialética entre ciência e tecnologia. As condições de contorno nas quais as ideias se aplicam, ou seja, a forma como foram idealizados os experimentos e desenvolvidos os conceitos, estão diretamente relacionadas com o seu uso na indústria, visto que vários dos artigos e publicações citados acima (CARNOT, 1897, RANKINE 1859, CLAUSIUS, 1867) se remetem à aplicação da teoria no aprimoramento dos motores. Em resumo, a termodinâmica recebeu contribuições importantes devido ao estudo dos motores a vapor e o desenvolvimento dessa ciência levou ao aperfeiçoamento dos mesmos. Segundo, a escolha dos problemas a serem resolvidos foi afetada pela revolução industrial. De forma direta ou indireta, a preocupação com o estudo do equivalente mecânico do calor, da segunda lei da termodinâmica, do rendimento das máquinas térmicas, está relacionada aos valores da época.

A imparcialidade dos conhecimentos é verificada, visto que a aceitação das teorias se deu com base nos valores cognitivos. Porém, essa dita neutralidade é refutada ao denotarmos que a aplicação dos conhecimentos desenvolvidos estava diretamente voltada para o avanço da revolução industrial. Sobre o papel dos cientistas nesse processo, Bernal (1989, p. 514). Afirma que

Procedentes em sua maior parte das classes médias e superiores – e esse conjunto assimilava facilmente aqueles como Faraday, procedentes das classes trabalhadoras – estiveram estreitamente vinculados ao grande movimento de desenvolvimento capitalista.

Portanto, a revolução trouxe consigo um esquema de valores particular, que inclusive levou a uma piora das condições de vida para uma grande parte da população. Dessa forma, tais conhecimentos não podem ser entendidos como neutros, devido a aplicação privilegiada em um determinado esquema de valores em detrimento de outros.

## **Considerações finais**

Com o estudo histórico da revolução industrial, do papel da máquina a vapor e dos trabalhos científicos publicados na época, denotamos que a neutralidade da ciência é posta em xeque. Parte da produção científica passou a ser financiada pela indústria, permeada pelo moderno esquema de valor do controle. O uso das estratégias materialistas ditou quais problemas deveriam ser resolvidos e esses eram problemas que teriam aplicações tecnológicas, consequentemente aumentando a capacidade de produção da burguesia. Essa influência é notável ao analisar a produção acadêmica da época, visto que vários dos principais trabalhos estavam preocupados em analisar os motores a vapor ou em como aplicar os conhecimentos teóricos em tais máquinas.

O presente estudo contribui para desmistificar a imagem deformada que ainda se tem da ciência e do cientista, e se difunde tanto nos materiais didáticos quanto nas aulas de ciências da educação básica. Acreditamos que a análise na perspectiva de Lacey nos possibilita compreender a ciência com profunda relação ao tempo no qual ela é produzida. Sem negar a sua importância para a sociedade, mas sem nos fazer cair no determinismo tecnológico ou colocar os seus valores acima de quaisquer outros.

## Referências

- BERNAL, J. D. **Historia social de la ciencia: la ciencia en la historia**. 6ª ed, Vol. 1. Barcelona: Peninsula, 1989.
- CANÊDO, L.B. **A Revolução Industrial**. São Paulo: Atual Editora LTDA, 1996.
- CARNOT, S. **Reflections on the Motive Power of Heat**. Nova York: J. Wiley & Sons. 1897.
- CLAUSIUS, R. **The Mechanical Theory of Heat – with its Applications to the Steam Engine and to Physical Properties of Bodies**. Londres, 1867.
- HOBSBAWM, E. **A Era das Revoluções: 1789-1848**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2012.
- KUHN, T. **The Essential Tension**. Chicago: The University of Chicago Press, 1977.
- LACEY, H. **Valores e Atividade Científica**. São Paulo: Discurso Editorial, 1998.
- \_\_\_\_\_. **Impartiality, Neutrality and Autonomy: Three components of the idea that science is value free**. Birmingham: 2001. Disponível em: <[www.swarthmore.edu/Humanities/hlacey1/value-free.doc](http://www.swarthmore.edu/Humanities/hlacey1/value-free.doc)>. Acesso em: 10 jul. 2016.
- OLIVEIRA, M. B. de. A epistemologia engajada de Hugh Lacey. **Da ciência cognitiva à dialética**. São Paulo, Discurso Editorial, p. 209-222, 1999.
- \_\_\_\_\_. A epistemologia engajada de Hugh Lacey II. **Manuscrito XXIII**, vol.1, p.185-203, 2000.
- PALAVRA, A. M. F.; NIETO CASTRO, C. A. Termodinâmica, suas leis e história. **Boletim: Sociedade Portuguesa de Química**, Lisboa, Série II, Vol. 31, p. 11-21, 1988.
- RANKINE, W.J.M. On the Thermo-Dynamic Theory of Steam-Engines with Dry Saturated Steam, and Its Application to Practice. **Phil. Trans. R. Soc. Lond.** Londres, v.149, p.177-192, Janeiro, 1859.
- ROSA, C. A. P. **História da ciência: o pensamento científico e a ciência no século XIX. 2ª ed.** Volume II, Tomo II. Brasília: FUNAG, 2012.
- SMITH, C.W. William Thomson and the Creation of Thermodynamics: 1840-1855. **Archive for History of Exact Sciences**. Canterbury, V.16, n.3, p. 231-288, Set. 1977.
- THURSTON, H. **A History of the Growth of the Steam-Engine**. Nova York: D. Appleton and Company. 1878. Disponível em: <<http://himedonet.com/TheHopkinThomasProject/TimeLine/Wales/Steam/URochesterCollection/Thurston/index.html>> Acesso em 10 jul. 2016.