

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
PUC-SP**

Luiz Alberto Tavares

James Watt: A trajetória que levou ao desenvolvimento da máquina a vapor vista por seus biógrafos e homens de ciências

MESTRADO EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA

**SÃO PAULO
2008**

LUIZ ALBERTO TAVARES

Dissertação apresentada à Banca
Examinadora da Pontifícia
Universidade Católica de São
Paulo, como exigência parcial para
obtenção do título de Mestre em
História da Ciéncia sob a orientação
da Profa. Dra. Márcia H. Mendes
Ferraz

São Paulo

2008

BANCA EXAMINADORA:

.....

.....

.....

DEDICATÓRIA

À minha mãe que sempre incentivou e lutou para que seus filhos estudassem;
Ao meu pai (em memória) por acreditar em meus estudos;
Ao Caio e a Eva pelo amor e pela cumplicidade.

AGRADECIMENTOS

À Professora Márcia H. Mendes Ferraz pela paciência, pelos conselhos dados ao longo deste trabalho e construção final;

Ao Flávio pelas sugestões e estímulo;

À Júlia que mesmo à distância ajudou no resultado final;

À Célia pelo refinamento da apresentação lingüística;

Ao Moisés pelo apoio diário e empenho, me oferecendo a oportunidade de disponibilizar meu tempo para os estudos;

À Eva pela motivação, apoio incondicional e incentivo;

À Secretaria da Educação de São Paulo, pelo suporte financeiro;

Aos colegas, pela amizade e convivência;

Aos familiares e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram direta e indiretamente para a construção desta dissertação.

RESUMO

Esta dissertação tem por objetivo a abordagem do trabalho do escocês James Watt no aperfeiçoamento da máquina a vapor. Este levantamento foi feito a partir de estudos de historiadores do século XIX contemporâneos a Watt e historiadores do século XX que vêem Watt de forma mais crítica.

Abordamos também o relacionamento de Watt com seus parceiros, tanto na Universidade de Glasgow, como na Lunar Society, além de sua parceria com Thomas Boulton estabelecida para a comercialização da máquina. Abordamos também a projeção da sua imagem como principal inventor da máquina a vapor.

Palavras-chave: máquina a vapor; James Watt; Universidade de Glasgow e Lunar Society

ABSTRACT

The aim of this paper is to discuss the Scotch James Watt's work in the improvement of the steam engine. This research considered studies of historians from the Nineteenth-Century contemporary with him and historians from the Twentieth-Century who saw him in a more critical way.

We also consider the relationship between Watt and his partners at the University of Glasgow and at the Lunar Society, as well as his partnership with Thomas Boulton for the commercialization of the steam engine. Another point of this work is the building of his image as the main inventor of the steam engine.

Keywords: Steam engine; James Watt; Glasgow University and Lunar Society.

SUMÁRIO

Introdução	9
Capítulo 1	11
Capítulo 2	47
Conclusão	64
Bibliografia	67

INTRODUÇÃO

A invenção da máquina a vapor no século XVIII é atribuída com maior freqüência a James Watt, nascido em 1736, em Greenock, na Escócia. Dada a relevância desta descoberta no conjunto de novas tecnologias que possibilitaram a Revolução Industrial na Europa, recorremos à biografia e aos registros históricos a respeito de Watt para compreender qual sua verdadeira contribuição no desenvolvimento desta máquina.

Nosso objetivo é entender em que medida a trajetória deste cientista lhe permitiu obter maior projeção como responsável pela descoberta da máquina, visto que outros homens ligados à pesquisa científica ou à prática de atividades manuais também estavam bastante próximos do desenvolvimento da máquina a vapor na mesma época.

Nesta dissertação, foram contemplados registros contemporâneos a James Watt em livros e artigos e trabalhos escritos posteriormente por historiadores e biógrafos do escocês. Vale lembrar que o conjunto da bibliografia indica a atração de James Watt pelas várias áreas da ciência - além de mecânica e geometria, ele mostrava aptidão para astronomia, medicina, química, geologia, botânica, agrimensura e também fabricar instrumentos musicais. Aqui, não pretendemos discutir cada um desses interesses, mas sim enfocar o trabalho de James Watt e seu envolvimento com as principais personalidades que o influenciaram rumo à invenção e comercialização da máquina a vapor.

O material pesquisado confirma a hipótese do envolvimento de James Watt no acréscimo de uma câmara de refrigeração separada para a máquina a vapor em 1763. Esta câmara representou uma considerável economia de combustível ao permitir a condensação do vapor e evitar a necessidade de esfriamento do cilindro. Patenteada em 1769, a máquina a vapor de Watt tinha eficiência e capacidade de aplicação em todos os tipos de indústrias. Devido à insegurança de Watt para os negócios, sua invenção só produziu impactos no ritmo da produção industrial inglesa depois que o inventor se associou ao empresário Matthew Boulton. A partir de então, a máquina a vapor substituiu a água como a principal fonte de força motriz na Inglaterra e depois em outros países da Europa.

As variadas representações de James Watt ao longo de dois séculos - filósofo, inventor, artesão, empresário modesto, gênio da ciência - revelam o contexto histórico e a ideologia de cada autor no momento em que elas foram publicadas.

Outra questão bastante discutida pelos historiados na abordagem do trabalho de James Watt é a da relação entre ciência e técnica. Apesar de complexa, esta questão permeia todos os tópicos escolhidos para essa dissertação. Não pretendemos, entretanto, apresentar respostas neste trabalho, mas traçar uma perspectiva a partir da abordagem da documentação relativa a Watt .

Assim, o primeiro capítulo desta dissertação apresenta os diferentes posicionamentos de alguns historiadores sobre a trajetória de Watt. Enquanto uns o vêem como uma pessoa prática, como um gênio de capacidade muito inventiva e independente de conceitos científicos para desenvolver seus métodos, outros historiadores o apresentam como um cientista que desenvolveu seus trabalhos com base em muita pesquisa e no estudo do trabalho de outros cientistas e pesquisadores.

No segundo capítulo, vamos abordar textos - de livros de ciência destinados ao ensino de ciência natural ou de autoria de biógrafos - elaborados nas primeiras décadas do século XIX, momento bastante próximo ao que viveu James Watt, buscando reconhecer como os quase contemporâneos do inventor da máquina a vapor viam seu trabalho. Vamos ainda complementar a pesquisa abordando algumas cartas de Watt na busca de indícios que possam apontar como se deu a relação entre ciência e técnica na realização de seu trabalho.

CAPÍTULO 1

O TRABALHO DE JAMES WATT VISTO PELOS HISTORIADORES

Ao se pesquisar a história da construção da máquina a vapor, James Watt é o nome que mais se destaca e o que aparece com mais freqüência. Assim, procuraremos neste estudo enfocar a trajetória e o papel de James Watt no desenvolvimento desse invento, buscando entender a razão da projeção e do reconhecimento que envolvem esse personagem da história científica, visto que outras pessoas, homens de ciência ou práticos de sua época, também estavam em busca do desenvolvimento da máquina a vapor.

A máquina a vapor de Watt não só revolucionou o mundo da indústria, como também o do transporte, pois permitiu o desenvolvimento das estradas de ferro e de navios a vapor mais velozes. O reconhecimento do trabalho do inventor escocês levou mesmo a que a unidade de potência no Sistema Internacional de Unidades recebesse o nome de “watt”.

James Watt nasceu na cidade de Greenock, na Escócia, em 1736. Aprendeu a profissão de mecânico e especializou-se na construção de instrumentos em Londres. Com dificuldade para abrir uma oficina na cidade de Glasgow, foi trabalhar na universidade dessa cidade como fabricante e reparador de instrumentos matemáticos. Ali, em 1764 teve a oportunidade de consertar um modelo reduzido da máquina a vapor de Newcomen, a mais avançada de então, usada no bombeamento para extração do excesso de água das minas de carvão. Watt estudou a máquina, melhorando-a consideravelmente, e em 1769 patenteava uma nova máquina a vapor.

Neste início do capítulo, vejamos alguns textos sobre James Watt e sua carreira como fabricante de máquinas a vapor elaborados por historiadores.

Watt tinha permissão para utilizar as dependências da Universidade de Glasgow, na condição de fabricante de instrumentos de matemática para a instituição. Isso indicava a postura progressiva daquela universidade, naquele momento na dianteira em ciência e tecnologia.

Influencias de James Watt

Três homens relacionados à Universidade de Glasgow, John Anderson, Joseph Black e John Robison, foram importantes na carreira de Watt.¹

Joseph Black era pesquisador e professor de medicina e química. Em vias de concluir sobre os conceitos de calor específico e calor latente, notou que o gelo e a neve não desaparecem de repente quando ocorre pouca elevação da temperatura do ambiente. Liderou experiências que mostravam que uma quantidade definida de calor era exigida para transformar uma dada quantidade de gelo em água. Estes resultados foram divulgados em suas conferências na Universidade em 1762, pouco tempo antes de estender os mesmos conceitos para vaporização e a para fusão. Em 1764 realizou experiências quantitativas com calor latente de vaporização e encorajou Watt a fazer experiências um pouco mais precisas.²

John Robison, o mais jovem dos três, era graduado em Artes pela Universidade de Glasgow e um entusiasta dos estudos da filosofia natural e astronomia. Ele e Watt foram amigos por longo tempo.

Em uma nota de rodapé do livro de Robison, o próprio Watt relata seu primeiro contato com a máquina a vapor:

Minha atenção no ano 1759 estava voltada para máquinas a vapor; mais tarde o dr. Robison, então estudante na Universidade de Glasgow, lançou a idéia de aplicar a força da máquina a vapor para movimentar rodas de carruagem e para outros propósitos; mas a idéia, não amadurecida, foi abandonada com ida dele para o estrangeiro.³

Robison deixou Glasgow para acompanhar o almirante Knowles como tutor do filho mais velho deste na expedição naval que culminou na batalha de Quebec. Retornou em 1761 e assim estava presente quando Watt inventou e desenvolveu o condensador. Em 1770 deixou de novo a cidade para ir a São

¹ D. Fleming, “Latent Heat and the Invention of the Watt Engine”, *Isis*, pp. 3-5.

² R. V. Jones, “The ‘Plain Story’ of James Watt: The Wilkins Lecture 1969”, *Notes and Records of the Royal Society of London*, p. 196.

³ John Robinson, *A system of Mechanical Philosophy*. Vol. 2, p. 113.

Petersburgo, onde serviu a Marinha de Catarina, o Grande. Em 1774 tornou-se professor de Filosofia Natural em Edinburgh, onde mais tarde se tornou o primeiro secretário da Royal Society daquela cidade. Suas conferências sobre a máquina a vapor, publicadas postumamente em 1822, contêm comentários importantes sobre James Watt,⁴ como veremos no próximo capítulo.

O primeiro contato de Watt com a máquina a vapor, segundo M. Kerker, veio quando ele foi procurado pelo professor John Anderson, durante o inverno de 1763-64, e questionado sobre a possibilidade de consertar e revisar um modelo da máquina de Newcomen, pertencente à sala de Filosofia Natural da Universidade de Glasgow. Esse modelo era usado com propósitos instrutivos de demonstração para os estudantes e era levada para Londres quando precisava de reparos. Watt somente tinha tido contato com as aplicações do vapor no digestor de Papin, com o qual havia feito experiências anos antes em 1761.⁵

Experimentos de James Watt

Uma publicação de 1905 de A. Carnegie pretende esclarecer cada passo do trabalho de Watt, enfatizando a relação entre ciência e técnica. Ainda que o autor pareça exagerado em suas conclusões, vale a pena citar seu texto.

De acordo com A. Carnegie, foi provavelmente por sugestão de Watt que o professor Anderson recuperou o modelo da máquina de Newcomen que seria enviado para Londres. Anderson entregou-o para Watt para ser colocado em funcionamento. "Eu consigo consertar isso", disse Watt, "como um mero mecânico". Mas, quando terminou, o modelo funcionava mecanicamente de modo tão perfeito como um motor de tamanho real. Watt foi além dos aspectos puramente mecânicos do problema; o modelo tornou-se ciência em suas mãos. O que mais impressionou Watt quando examinou a máquina a vapor de Newcomen foi a grande quantidade de combustível que ela consumia. Estudando a causa disso, chegou à conclusão de que os problemas eram os sucessivos aquecimentos e resfriamentos do cilindro. Então idealizou uma

⁴ R. V. Jones, "The 'Plain Story' of James Watt: The Wilkins Lecture 1969", *Notes and Records of the Royal Society of London*, pp. 196-197.

⁵ M. Kerker, "Science and Steam Engine", *Technology and Culture*, p.386.

nova máquina, cujo cilindro se manteria sempre aquecido, o que significava uma grande economia de combustível. Os grandes motores do cilindro eram feitos de ferro fundido; o modelo de Watt era de bronze, um melhor condutor de calor. Portanto, a energia estava sendo extraviada, pode-se assim dizer, no aquecimento do cilindro. Watt construiu o cilindro com uma superfície exposta maior, a fim de condensar o vapor na mesma proporção do conteúdo do cilindro. Portanto, quando o cilindro frio ia sendo preenchido com vapor de água, muito vapor voltava inutilmente para o estado de água líquida. A partir deste momento ele viu que o modelo produzia um grande desperdício de energia. Mas ele também viu, e isso é muito mais importante, que mesmo em um motor de tamanho grande e com um cilindro mais perfeitamente adequado, de material apropriado, poderia existir ainda mais desperdício de energia, e essa perda era decorrente do próprio princípio segundo o qual a máquina funcionava. Ele estava determinado a descobrir o que fazia com que as perdas de calor fossem grandes. Ao fazê-lo, foi induzido a elaborar uma série de experimentos sobre a natureza do calor e as propriedades de vapor.⁶

Uma descrição da melhoria feita com o condensador instalado fora da máquina é encontrada no trabalho de A. P. Usher. Segundo o historiador, Watt

passou a ensaiar a idéia desse

- condensador montando o aparato
- representado na figura 1.⁷

- Para fazer o cilindro, Watt utilizou uma seringa de latão cujo cilindro tinha 5 centímetros de diâmetro e 25 centímetros de altura. Para facilitar a montagem, colocou o cilindro em posição inversa da que ocupava na máquina de Newcomen e pendurou no pistão pesos apropriados para dar saída para a água condensada; abriu em toda a sua

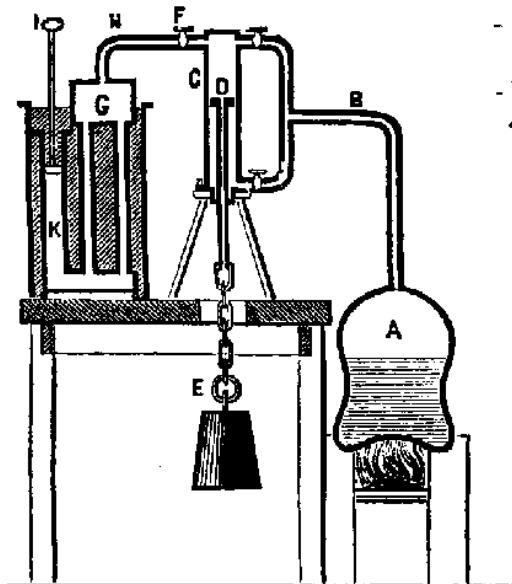


Figura 1 Condensador experimental de Watt

⁶A Carnegie, James Watt , capítulo 2.

⁷ Figura1 in A. P. Usher, Historia de las invenciones Mecánicas , p.298.

longitude a vareta do pistão e colocou uma válvula na sua extremidade inferior (esta válvula não aparece no desenho). O condensador G, feito de estanho, foi submerso em uma cuba de água fria. Como dispunha de vapor seco com pressão, teve que pensar em uma forma de extrair do condensador o ar e a água; para obter este efeito, dispôs uma pequena bomba de mão K. O vapor era conduzido aos dois extremos do cilindro por tubos apropriados. Uma vez produzido vapor na caldeira A, fecha-se a válvula do condensador F, e a entrada do vapor no fundo do cilindro é bloqueada, o que permite a entrada de vapor na parte superior do cilindro. O ar contido no cilindro é expulso através da válvula situada na vareta do pistão. Levanta-se então o pistão da bomba auxiliar no condensador. Fecha-se a válvula do vapor de cima; abre-se a válvula do condensador e a do vapor de baixo. O vapor contido na parte superior do cilindro flui até o condensador e se condensa. A pressão do vapor atua sobre a face inferior do pistão, e este, empurrado de um lado pelo vapor ativo e solicitado do outro lado pelo vácuo, levanta um peso de 8 kg, o que indica uma pressão efetiva de aproximadamente 1 atm. O pequeno modelo apresentava um rendimento elevado e dava uma demonstração de solidez dos princípios fundamentais em que se baseou sua construção.⁸

A partir deste momento, Watt passou a trabalhar em modelos maiores, introduzindo um grande número de aperfeiçoamentos nos projetos e nas funções da sua máquina. Era evidente que se economizava calor mantendo a temperatura do cilindro constante; porém ainda se realizaram outras economias ao descobrir a possibilidade de utilizar a força expansiva do vapor seco à alta pressão. A máquina de Newcomen, também conhecida como máquina atmosférica, converteu-se em uma máquina a vapor na verdadeira concepção do termo transformou-se em uma máquina bem concebida e cuja construção embasava-se no conhecimento científico e nas principais propriedades do vapor. Em seu conjunto, esta revisão crítica no modelo consistiu em uma invenção estratégica e levou a uma série de inventos suplementares.⁹

Neste período, Watt estava imerso em uma atmosfera científica e isolado da tecnologia prática. Ele não tinha nenhuma experiência na construção de máquinas de tamanho real. Contudo, possivelmente sua

⁸ A. P. Usher, *Historia de las invenciones mecánicas*, pp. 297-298.

⁹ *Ibid.*, p. 298

vantagem consistiu em fazer experiências com modelos em escala de laboratório. Ele podia proceder com um grande grau de imaginação e livre de noções preconcebidas, o que não era possível para os engenheiros práticos. A parte prática da carreira de Watt veio somente depois de ele estar bem habituado na arte inventiva. Isso se deu quando se tornou necessário construir uma máquina comercial.¹⁰

Segundo o historiador D. Fleming, Watt estava ocupado com três aspectos do problema relativo ao modelo da máquina. Ele já havia mostrado por experiência que, quando submetida a uma pressão inferior à da atmosfera, a água ferve a uma temperatura inferior à do ponto de vapor. Watt cuidadosamente elaborou uma tabela mostrando que a temperatura da água ferve a pressões de zero para cima. Em seguida, ele passou a pesquisar a relação entre o volume de água e o volume de vapor à temperatura de ebulação da água. Finalmente, para elaborar alguns experimentos, ele chegou à conclusão de que certo volume de água pode, depois de transformado em vapor, aquecer seis vezes o mesmo volume até o ponto de vapor. Ainda de acordo com Fleming, supondo que havia cometido alguns enganos a respeito da teoria do calor latente, Watt consultou Black – famoso pela descoberta e explicação dessa teoria.

Quando a água está fervendo, por mais que forneça calor, ela não fica mais quente. O vapor recebe calor sem elevar a sua própria temperatura. Este calor é chamado “latente”. Se o vapor é conduzido através de um recipiente com água fria, condensa naturalmente, e, ao fazê-lo, liberta o calor latente, que eleva a temperatura da água. Em outras palavras, o poder de aquecimento de certo volume de água à temperatura de 100°C é insignificante, comparado com a potência de aquecimento do mesmo volume de água convertido em vapor, também à temperatura de 100°C.¹¹

Joseph Black e John Roebuck

Com relação ao desenvolvimento tecnológico, muito tem sido escrito sobre a importância da ligação entre Watt e Black para o desenvolvimento do

¹⁰ M. Kerker, “Science and Steam Engine”, *Technology and Culture*, p. 386

¹¹ D. Fleming, “Latent Heat and the Invention of the Watt Engine”, *Isis*, pp. 4-5.

condensador separado. A teoria do calor latente teria sido decisiva para a invenção da máquina a vapor de Watt. Levando-se isso em conta, Eric Robison e Douglas McKie¹² escreveram em 1969 o livro *Partners in science: Letters of James Watt and Joseph Black*, que acabou servindo de fonte de pesquisa para novos trabalhos. Porém, segundo A. E. Musson em uma análise sobre o livro, a correspondência entre James Watt, o “maior engenheiro”, e Joseph Black, “o mais eminente químico” da época, continha trivialidades sem importância e sua publicação na totalidade era irrelevante.

Musson supõe que talvez a intenção dos autores tenha sido aumentar a reputação de Black. Com respeito às cartas de Watt, ele as considera muito interessantes, esclarecedoras pela grande variedade de interesses científicos e técnicos que revelam, embora a publicação de muitas delas não tenha valido a pena. Isso porque mais ou menos a metade estava destinada às reclamações destes homens famosos sobre suas enxaquecas, doenças de tórax, desordens de estômago e intestino etc, e seus esforços em aliviá-las. Segundo Musson, é um engano supor que tudo o que estes homens escreveram deve interessar, visto que grande parte de seu conteúdo trata de questões de caráter pessoal, trivial e desinteressante. As cartas entre Watt e Black são maioria no livro, mas existem também de outras autorias, como de Robison, Roebuck, Magellan, DeLuc, etc.¹³

Musson afirma ainda que a profunda e longa amizade e os interesses científicos duradouros comuns entre Watt, Black e Robison estão testemunhados nestas cartas. Mas o título do livro é uma denominação imprópria: estes homens não eram parceiros na ciência no sentido que o título do livro sugere. Após Watt sair da Universidade de Glasgow, esses homens raramente se encontraram. Black não colaborou nas primeiras experiências a vapor do Watt em Glasgow e Watt sempre foi voltado para a proteção de seus próprios interesses e realizações independentes. Entretanto, Watt reconheceu a inspiração científica de Black e Robison, especialmente nas teorias de calores específicos e calor latente de Black.¹⁴

¹²Douglas McKie faleceu antes deste livro ser acabado.

¹³A. E. Musson, “Reviewed Work: E. Robinson & D. McKie, Partners in Science. James Watt and Joseph Black”, *The English Historical Review*, pp. 593-595.

¹⁴Ibid., pp. 593-595.

Ainda de acordo com Musson, as cartas são do período posterior às melhorias feitas na máquina a vapor, isto depois de Watt ir da Escócia para Birmingham. Ele e Black, então, não eram sócios, exceto talvez na fabricação do hidróxido de sódio - entretanto, talvez somente por correspondência e sem que houvesse qualquer fábrica construída. Estas cartas não revelam nenhum conhecimento científico significativo, porém fornecem referências interessantes, como, por exemplo, sobre o trabalho de Black em calor latente, as visões de Watt sobre a composição da água, as experiências gasosas de Priestley, etc.

Musson afirma que as cartas são apresentadas de modo desorganizado. Referem-se a uma grande variedade de experiências químicas, algumas triviais, como aperfeiçoamentos na produção de tintas, cimento etc. Curiosamente o interesse comum mais consistente entre Black e Watt parece ter sido em geologia. Watt forneceu freqüentemente para Black espécimes mineralógicos de lugares diferentes da Escócia. Vários de seus interesses em química estavam ligados a sua preocupação com doenças dele ou de seus parentes e amigos, com mistura de medicamentos e uso experimental de vários “ares” ou gases em diferentes enfermidades. Outra característica notável da correspondência é revelar a rede de influências de Watt, Black e Robison em conseguir empregos para parentes e amigos.

Muito significativo nas cartas é o esclarecimento dos interesses de cientistas como Black e Robison nas aplicações industriais de química e mecânica. Acima de tudo, a correspondência revela os amplos interesses e as habilidades experimentais científicas de Watt no desenvolvimento da máquina a vapor, na fabricação do hidróxido de sódio, na cerâmica, etc., ou na invenção de sua máquina copiadora.¹⁵

De fato, de acordo com os pesquisadores Jennifer S. Pugh e John Hudson, a correspondência mostra o interesse que Watt tinha em química. A idéia do calor latente talvez tenha vindo dos trabalhos de Black em química. Embora a carreira subsequente de Watt o tenha levado para longe da Escócia, ele manteve correspondência com Black até a morte deste em 1799.

¹⁵ *Ibid.*, pp. 593-595.

É provável que o primeiro grande projeto químico de Watt empreendido junto com Black em Glasgow tenha sido buscar o aperfeiçoamento de um processo sintético para a fabricação do hidróxido de sódio comercial. Em meados do século XVIII o hidróxido de sódio era produzido e extraído de madeira e vegetais cinzas junto com a água. Com o início da Revolução Industrial, um aumento acima do esperado deu impulso à demanda por hidróxido de sódio. Por conta disso, em 1765, por sugestão de Black, Watt iniciou experimentos de fabricação de hidróxido de sódio com sal do mar.¹⁶

Segundo R. V. Jones, mais de um ano depois do surgimento da idéia da condensação, Watt fez diferentes experiências envolvendo multitubos e multichapas. Neste período, Black emprestou algum dinheiro para Watt e o apresentou ao dr. John Roebuck, um inventor inglês que tinha feito fortuna ao substituir o recipiente de vidro por um de chumbo na fabricação do ácido sulfúrico e que, em 1759, instalou uma usina siderúrgica em Stirlingshire. Roebuck tinha a intenção de substituir o coque (carvão mineral) por carvão vegetal na obtenção de ferro a partir de sais minerais e ficou, por isso, interessado na mineração de seu próprio suplemento de carvão. Roebuck informou-se com Thomas Newcomen e, sendo assim, tinha alguma perspectiva do progresso e tornou-se muito interessado nos experimentos de Watt.¹⁷

Watt estava suficientemente encorajado para a construção dos primeiros modelos da máquina a vapor, e Roebuck aceitou construir uma série de máquinas de pistões. Mas o progresso foi lento, porque Watt não podia conseguir cilindros suficientes e gastaria muito tempo para fazer projetos diferentes e com menos pistões. A fortuna de Roebuck foi diminuindo e Watt ficou com dificuldades financeiras por causa da morte de John Craig, seu sócio em uma loja. Watt, por conseguinte, quase abandonou o projeto da máquina para manter-se como agrimensor do quarto canal do rio Clyde. Em conexão com este projeto, em 1767, Watt foi ao Parlamento em Londres e na volta encontrou William Small em Birmingham e Erasmo Darwin em Lichfield. Small,

¹⁶ J. S. Pugh e J. Hudson, *The Chemical Work of James Watt, F.R.S.*, p. 41.

¹⁷ R. V. Jones, “The ‘Plain Story’ of James Watt: The Wilkins Lecture 1969”, *Notes and Records of the Royal Society of London*, p. 206.

que o levaram para conhecer a grande fábrica de Matthew Boulton em Soho.¹⁸ Watt ficou convencido de que este era o lugar ideal para completar o desenvolvimento de seu projeto da máquina a vapor. Boulton já tinha iniciado experimentos da máquina a vapor. Small, Darwin e Edgeworth já demonstravam interesse mais do que casual na força do vapor quando Watt apareceu.¹⁹

No ano seguinte, em 1768, Watt foi novamente a Birmingham, e, nesse meio tempo, Roebuck ficou impressionado pelas perspectivas de avanço da máquina e adiantou um valor em dinheiro para que Watt pagasse Black, que lhe havia emprestado anteriormente, e também suficiente para pagamento de um futuro seguro de uma patente. Em troca, Roebuck obteve o direito de propriedade sobre dois terços do lucro que a máquina pudesse gerar. A patente para a máquina de condensação foi, por conseguinte, solicitada, e Roebuck enviou Watt para Londres para assegurar a proteção da patente. Nesse momento, Watt conheceu Boulton.²⁰

Boulton empregava 600 artesões na fábrica de Birmingham na produção de louças de cozinha e principalmente de fivelas, botões e correntes de relógios feitos em aço. Ele era um inventor e um bom articulador e logo percebeu os talentos de seu visitante e pensou que poderia juntar Watt e Roebuck no projeto de uma máquina arrojada. Mas Roebuck somente ofereceu para ele a licença para fabricar a máquina em três países. A visão e o entusiasmo são evidentes em Boulton quando afirmou que construiria tudo o que fosse preciso para a composição da máquina e que na fábrica poderiam trabalhar para o mundo todo, com máquinas de todos os tamanhos. Seu interesse real era fabricar para todo o mundo.²¹ Roebuck não aceitou a exigência de Boulton e não ajudou Watt. Vítima de seus próprios planos, foi à falência, em razão de uma depressão financeira nacional. Watt continuou a

¹⁸ *Ibid.* 206-207.

¹⁹ R. E. Schofield, *The Lunar Society of Birmingham; A Bicentenary Appraisal*, Notes and Records of the Royal Society of London, p. 148.

²⁰ R. V. Jones, “The ‘Plain Story’ of James Watt: The Wilkins Lecture 1969”, *Notes and Records of the Royal Society of London*, p. 207.

²¹ H. W. Dickinson, *James Watt*, p. 54.

trabalhar como agrimensor e em 1773 planejou o curso do canal do rio Caledonian.²²

Watt nesta época estava preocupado com o futuro de sua máquina. Escreveu para Boulton e deu fim à sociedade com Roebuck. Boulton então foi hábil para conseguir de Roebuck os dois terços da patente, e a famosa parceria de Boulton e Watt teve início.²³

Sociedade entre Watt e Boulton

As negociações rapidamente prosperaram, conduzindo para o estabelecimento da firma Boulton & Watt, de grande importância no processo da Revolução Industrial e central do desenvolvimento da Lunar Society. A Lunar Society será discutida com mais detalhes adiante.

De acordo com R. E. Schofield, Watt não estudou além do curso elementar em sua escola na Escócia. Foi um gênio inventivo, mas incerto nos negócios com as pessoas e constantemente precisava ser encorajado. Contudo, desde sua primeira visita aos membros da Lunar Circle encontrou pessoas que lhe deram conselhos e encorajamento (especialmente Small) com informações comerciais sobre vários assuntos, como cerâmicas, químicas, tintas, metalurgias e sistemas óticos. Embora tivesse se instalado em Birmingham apenas em 1774, por sete anos Watt não foi associado da Lunar Circle, mas contribuiu para a definição de interesses desta sociedade através de cartas trocadas com os “filósofos” de Birmingham.²⁴

De acordo com Jeniffer Tann, pode-se dizer que a carreira pública de Watt começou em 1774, quando ele mudou para Birmingham e teve como sócio Matthew Boulton. Essa mudança o transformaria de mecânico escocês pouco conhecido em uma figura de projeção internacional. Sob a proteção de uma patente de vinte e cinco anos concedida por ato do Parlamento, seu projeto aperfeiçoado da máquina a vapor lhe traria tanto riqueza como também

²² R. V. Jones, “The ‘Plain Story’ of James Watt: The Wilkins Lecture 1969”, *Notes and Records of the Royal Society of London*, p. 207.

²³ *Ibid.* , p. 207.

²⁴ R. E. Schofield, *The Lunar Society of Birmingham; A Bicentenary Appraisal*, *Notes and Records of the Royal Society of London*, p. 148.

fama. A empresa Boulton & Watt foi fundada com base tecnológica e com uma reputação de engenharia inovadora que muitos invejaram e que os filhos de seus criadores transportariam para o século XIX.²⁵

Em 1775, com o apoio financeiro do industrial Mathew Boulton, Watt iniciou a fabricação de suas máquinas, aperfeiçoando-as e adaptando-as a todo tipo de uso. A indústria têxtil inglesa começava a mecanizar-se, e, graças a novas invenções, inclusive as máquinas de Watt, a produção inglesa cresceu consideravelmente.

De acordo com a pesquisa de Jeniffer Tann, nos primeiros dez anos de existência da empresa, 108 máquinas foram vendidas, 21 delas para Cornwall e quatro para continente; outras 187 foram erguidas entre 1786 e 1795, doze delas para clientes fora da Inglaterra. Em 1800, Watt já havia instalado quinhentas unidades de suas máquinas no país.²⁶

O professor R. E. Schofield destaca a importância de outras invenções de Watt:

Mais importante e mais característico das invenções mecânicas do Lunático [Watt] foi o governador de máquina, ou regulador automático de velocidade, o qual Watt adaptou para os moinhos de farinha. Com John Southern, desenvolveu uma forma de controlar continuamente a pressão do vapor dentro do cilindro. Assim tornou-se possível criar os controles das máquinas a vapor, sem os quais não se poderia alcançar o limite da capacidade de utilização delas.

Quando Watt e Boulton tornaram-se sócios, Boulton já estava firmemente estabelecido há mais de dez anos no comércio de brinquedos em Birmingham. Durante este período ele criou uma cadeia de negócios que consistia em agentes assalariados e independentes, recebendo à base de comissão. Sua mercadoria era vendida em toda a Europa e os agentes lhe davam informações detalhadas sobre esse mercado. Boulton deu contribuições importantes para a tecnologia de fabricação de brinquedos, demonstrou sua habilidade como engenheiro de produção no planejamento da manufatura de

²⁵J. Tann, “Marketing Methods in the International Steam Engine Market: The Case of Boulton and Watt”, *The Journal of Economic History*, p. 363.

²⁶Ibid., p. 363.

Soho e mostrou interesse na máquina a vapor antes de ele e Watt terem discutido a sociedade que criaram. Não tinha nenhuma experiência na fabricação e venda de bens industriais. Watt, por outro lado, não tinha nenhuma experiência em *marketing*. A sociedade Boulton & Watt (mais tarde passaria a se chamar Boulton & Sons e depois Boulton & Watt & Co.) foi criada para explorar uma patente britânica de propriedade de Watt, cuidadosamente defendida, com os infratores sendo procurados através dos tribunais britânicos. A proteção das patentes era deste modo um assunto central na formulação da política de negócios domésticos e nenhum argumento era aceito para modificar esta política em mercados ultramarinos durante as décadas de 1770 e 1780.²⁷

Para os primeiros vinte anos da sociedade (entre 1775 e 1795), somente as peças de precisão menores para a máquina a vapor, fabricadas junto com brinquedos de aço e outros artigos de ferragens, eram feitas na Manufactory de Soho (fábrica de Boulton em Soho, construída no início da década de 1760). As carcaças maiores eram fornecidas por fundidores tais como John Wilkinson ou por fundições próximas aos compradores das máquinas. Havia algumas vantagens e algumas desvantagens nesta forma de organização industrial. Por um lado, os sócios não tiveram um grande gasto de capital para uma fábrica construída sob medida para o motor, mas, por outro lado, havia problemas no controle de qualidade e no acompanhamento do projeto quanto a assegurar que todas as peças de um motor chegassem ao cliente no tempo previsto. Poucos fundidores e forjadores de ferro apresentaram os altos padrões de produção exigida pela Boulton & Watt. O sistema de subcontratar era vantajoso por permitir que os sócios operassem com um capital pequeno, com produção severamente restringida. Deste modo, um pequeno aumento da demanda poderia levar a uma longa lista de espera de até dezoito meses²⁸.

Em 1795, os sócios decidiram construir sua própria fundição com o objetivo de produzir todas as peças do motor, forjamentos e carcaças em um único local, o que possibilitaria a fabricação de máquinas completas pela Boulton & Watt. A Soho Foundry, como a fundição foi chamada, ficava situada aproximadamente a 1,5 km da Soho Manufactory e, a partir de 1796, quando a

²⁷ *Ibid.*, pp. 364 - 366.

²⁸ *Ibid.*, p. 363.

produção da máquina começava no local, a capacidade de produção aumentou rapidamente. Neste momento a demanda por máquinas alternativas era mais que o dobro da demanda por máquinas rotativas.²⁹

A Boulton & Watt procurava empreendedores inovadores nas principais indústrias, como as têxteis, de algodão e lã, as de ferro e metais não ferrosos, e nos moinhos, com o objetivo de vender-lhes uma ou mais máquinas a vapor. A empresa mantinha também uma conexão particularmente próxima com a indústria de cobre, não somente porque os proprietários das minas de cobre de Cornish eram clientes significativos para as máquinas da Boulton & Watt, mas também pela necessidade de garantir uma fonte segura desse metal, necessário na fabricação das caldeiras para as máquinas e também utilizado por Boulton na cunhagem de medalhas.³⁰

O maior tempo de Watt e Boulton era aplicado no desenvolvimento e comercialização da máquina de Watt. Enquanto Boulton se responsabilizava pela parte financeira, Watt continuava a desenvolver/aperfeiçoar o projeto da máquina, mas ambos saíam de Birmingham muito freqüentemente em viagens para inspecionar a construção da máquina, analisar e corrigir as operações. Logo se tornaria necessário haver uma pessoa com responsabilidade para chefiar e permanecer em Soho inspecionando a produção.³¹

O sucesso financeiro de James Watt não ocorreu logo que ele patenteou sua máquina a vapor linear, aperfeiçoada em 1769. Faltou-lhe capital e outros recursos para explorar a patente. O cenário mudou após o estabelecimento da sociedade com Matthew Boulton em 1775, quando este obteve em um Ato do Parlamento a prorrogação da licença da patente até 1800. Finalmente, pôde iniciar o desenvolvimento técnico e a exploração comercial da máquina linear. Por insistência de Boulton, em 1782 Watt desenvolveu e patenteou a máquina rotativa.³²

Em 1774, Watt e Josiah Wedgwood fizeram uma campanha contra os franceses que investiam em trabalhadores qualificados das fábricas inglesas. Nesta época, Watt alertou Wedgwood sobre um grupo de engenheiros e

²⁹ *Ibid.*, p. 363.

³⁰ *Ibid.*, p. 363.

³¹ R. E. Schofield, “The Lunar Society of Birmingham; A Bicentenary Appraisal”, *Notes and Records of the Royal Society of London*, p. 151.

³² J. Tann, “Marketing Methods in the International Steam Engine Market: The Case of Boulton and Watt”, *The Journal of Economic History*, p. 363.

metalúrgicos franceses que queriam descobrir os segredos da produção das máquinas inglesas. Os observadores estrangeiros, segundo Margaret Jacob, eram enviados para averiguar por que os britânicos eram tão avançados, e os franceses afirmavam que não existia nenhum país onde o trabalho era tão segmentado como na Inglaterra. Nenhum trabalhador conhecia toda a cadeia de operações, e cada qual ficava perpetuamente ocupado numa pequena parte dela. Esta divisão, bem intensificada, resultava em uma mão-de-obra barata e era o segredo de produção.³³

Quando a Sociedade dos Engenheiros Civis foi fundada em Londres, ainda segundo M. Jacob, ocorreu a fusão entre teoria e prática. A sociedade consistia em uma “primeira classe”, de engenheiros, em uma “segunda classe”, de cavalheiros, familiarizados com teoria ou prática em alguns ramos da ciência necessários para a profissão de engenheiro civil, e em uma “terceira classe”, de “artesãos”, cujas profissões ou ocupações eram úteis para a engenharia civil. James Watt e Smeaton integravam a primeira classe; Matthew Boulton e Joseph Banks, a segunda; na última estavam homens de negócios, fabricantes de instrumentos, medidores de terras, um fabricante de máquinas e um gráfico. M. Jacob enfatiza que esse era o mundo que conferencistas experimentais buscavam. Ali estava a nova retórica da eficiência mecânica ou o *duty* da força e poder das medidas e realizações.³⁴

Com a difusão da máquina de Newcomen, o consumo de combustível passou a ser utilizado como a principal medida para a avaliação do desempenho de uma máquina a vapor. Essa medida, que se chamou *duty*, era calculada como a quantidade da água (medida em libras) elevada a 1 pé de altura por 1 alqueire de carvão consumido.³⁵

A adoção do *duty* como um dos principais parâmetros para a avaliação do desempenho fornece uma indicação preciosa da direção tomada por esforços inovadores. Em termos de paradigma, lembra M. Jacob, pode-se dizer que houve o estabelecimento progressivo de um conjunto de inovações tecnológicas na direção da economia do carvão usado como combustível.³⁶

³³ M. Jacob, *Scientific Culture and the making of the industrial west*, p.-20.

³⁴ *Ibid.*, pp. 109-110.

³⁵ R. L Hills, *Power from Steam: A History of the Stationary Steam Engine*, p. 131.

³⁶ G. N. Von Tunzelmann, *Technology and Industrial Progress*, pp. 14-15.

Segundo G. N. Von Tunzelmann, a alteração básica do projeto da máquina de Watt, representada pela introdução do condensador separado e o uso de uma válvula, permitiu uma redução significativa no consumo de carvão. A máquina desenvolvia uma força motriz três vezes maior que a máquina de Newcomen e foi patenteada como “novo método para reduzir o consumo de combustível nas máquinas de fogo”, em janeiro de 1769.³⁷

A máquina de Newcomen, aperfeiçoada por John Smeaton no início da década de 1770, apresentava um *duty* de 7 a 10 milhões. A máquina de bombear água de Watt, em um primeiro momento, elevou o *duty* para 18 milhões, e mais tarde, quando seu projeto estava totalmente estabelecido, para 26 milhões. Tal economia de combustível tornou lucrativo o uso da máquina a vapor nas minas situadas em localizações onde o carvão era caro. Conseqüentemente, o primeiro mercado importante para a máquina desenvolvida por Watt foi o de cobre na cidade de Cornish e a indústria de mineração de estanho. Os empresários de minas estavam interessados em melhorias tecnológicas que pudessem reduzir sua elevada conta de combustível. As máquinas da Boulton & Watt tornaram-se imediatamente muito populares em Cornwall. Entre 1777 e 1801, foram erguidas 49 máquinas de bombear água nas minas de Cornwall.³⁸

Jennifer Tann descreveu assim o papel crucial dos “negócios de Cornish” para as fortunas dos dois sócios nestas condições:

Se o critério é o número de máquinas, seu tamanho ou a contribuição para novo capital, as máquinas de Cornish entraram em grande proporção nos negócios da Boulton & Watt. De 1777 até 1782, elas representavam mais de 40% do total dos negócios da Boulton & Watt e em alguns anos foi significativamente mais alto. No início de 1780 os negócios de Cornish estavam oscilando, e, com exceção de 1784, as máquinas respondiam por 28% a 80% dos negócios.³⁹

Os lucros para a Boulton & Watt foram consequência da maneira de cobrança utilizada pelo uso das máquinas. A política dos sócios era cobrar um prêmio anual igual a um terço da economia dos custos com combustível

³⁷ *Ibid.*, p. 14 - 15.

³⁸ R. L. Hills, *Power from Steam: A History of the Stationary Steam Engine*, p. 131.

³⁹ A. Nuvolari, “Collective Invention during the British Industrial Revolution: The Case of the Cornish Pumping Engine”, *DRUID Winter Conference*, p. 11.

atingido pela máquina de Watt em comparação com o desempenho da máquina de Newcomen. Isto exigiu cálculos complicados para identificar o consumo hipotético de carvão de uma máquina de Newcomen. O acordo típico que a Boulton & Watt estipulou com os empresários de minas de Cornwall era fornecer os desenhos e supervisionar os trabalhos de construção da máquina. A Boulton & Watt também forneceria algumas peças particularmente importantes da máquina, como algumas válvulas. Além disso, os proprietários das minas tinham despesas para instalar as máquinas, como, por exemplo, construir a casa das máquinas. Tudo isso resultou em um custo fixo ligado à adoção de uma máquina a vapor.⁴⁰

No princípio, este tipo de acordo era aceito em condições muito favoráveis para os proprietários das minas. Porém, depois de certo tempo, o acordo feito pela Boulton & Watt passou a ser visto como extremamente opressivo. Existiam várias razões para isso. Primeiro, nos meses do inverno, em que mais água tinha que ser bombeada - e valores mais altos deveriam ser pagos - as minas eram menos produtivas. Segundo, os proprietários de minas tomaram conhecimento do valor que eles deviam pagar para a Boulton & Watt somente depois do vencimento das promissórias.⁴¹

Com o tempo, alguns proprietários de minas passaram a instalar várias máquinas “piratas”, aquelas não cobertas pela patente de Watt, erguidas por engenheiros de Cornish. Deste modo, eles desafiaram explicitamente a validade da patente de Watt. A disputa terminou em 1799, com os tribunais confirmado a validade legal da patente de Watt e atribuindo uma completa vitória para a Boulton & Watt. A disputa teve também outras consequências de longo alcance. Watt e Boulton, com essa vitória legal, mostraram indiferença e não tiveram piedade para com os proprietários das máquinas “piratas” instaladas em Cornwall até 1800.⁴²

Posteriormente, vários engenheiros em Cornwall começaram a trabalhar em novos aperfeiçoamentos para a máquina a vapor, mas suas tentativas foram frustradas com a recusa da Boulton & Watt para licenciar sua invenção.

⁴⁰ G. N. Von Tunzelmann., *Steam Power and British Industrialization to 1860*, pp. 51-52.

⁴¹ A. Nuvolari & G. Verbong, “The Development of Steam Power Technology: Cornwall and the Compound Engine, An Evolutionary Interpretation”, Conference “The Future of Innovation Studies”, p. 4.

⁴² *Ibid.*, p. 4.

O mais famoso caso a este respeito foi o de Jonathan Homblower, que desenvolveu uma nova combinação para a máquina a vapor em 1781 e teve seu propósito totalmente obstruído pelas ações da Boulton & Watt.⁴³

Como a patente de Watt cobria todas as máquinas que fizessem uso do condensador separado e todas as máquinas que utilizassem o vapor, o poder de cerceamento era muito grande. Em outras palavras, a patente era dotada de um poder de muito extenso. Desta forma, Watt e Boulton usaram a patente de modo estratégico, obrigando a um controle quase absoluto na evolução da tecnologia do vapor. Esta estratégia era motivada pela imposição da empresa no sentido de que engenheiros e consultores descentralizassem a parte principal da produção da máquina.⁴⁴

A contribuição da Lunar Society

O progresso, para muitos pensadores do século XVIII, era decorrente da colaboração mútua entre ciência e técnica: a primeira oferecendo teorias nas quais a segunda assentaria o seu progresso. Assim, a relação entre ciência e técnica propiciou o surgimento de várias comunidades científicas no período.⁴⁵

A proliferação, na Inglaterra, de sociedades filosóficas e científicas, clubes, bares, cafés e tabernas pode ser associada ao fenômeno da ampliação dos espaços de sociabilidade e discussão, fenômeno também verificado na França e nos demais países europeus e que se tornou característico da ação dos grupos de pessoas ilustradas. Os grupos ilustrados se espalharam também pelo interior e, talvez com o objetivo de fugir da chancela da ciência oficial, representada pela Royal Society de Londres, fundaram diversas academias e sociedades filosóficas, científicas e literárias provinciais, algumas das quais obtiveram lugar de destaque no movimento ilustrado inglês na segunda metade do século XVIII.⁴⁶

A Lunar Society, de Birmingham, inicialmente denominada Circle Lunar, congregava de artesãos e homens de ciência a oleiros, fabricantes de

⁴³ *Ibid.*, p. 4.

⁴⁴ *Ibid.*, p. 4.

⁴⁵ E. C. Oliosi, *Joseph Priestley: Uma seleção de experimentos que revelam a presença do flogístico*, p. 21.

⁴⁶ A. R. Hall - *A revolução na ciência: 1500-1750*, pp. 305-311.

máquinas, “botânicos” e “químicos”. Fundada em 1760, contou com a associação de industriais e homens da ciência, sendo James Watt um deles.

Robert E. Schofield⁴⁷ fez um estudo em cartas, manuscritos e publicações relacionadas a membros importantes dessa sociedade. Além de James Watt e Matthew Boulton, ali se encontravam personalidades como Joseph Priestley, Willian Small e James Keir, que se tornou parceiro de James Watt na empresa criada para explorar o invento de uma copiadora, por Watt, e ajudou-o em experimentos para a produção de uma tinta mais adequada para o processo.

A Lunar Society foi formada por iniciativa de Matthew Boulton, que convidou intelectuais e amigos para participar do grupo. Encontravam-se regularmente, supostamente à luz da lua cheia, reservadamente e com informalidade quase total.⁴⁸

Na Lunar Society, versão informal da Royal Society, de acordo com M. White, os participantes reuniam-se mensalmente na casa de Boulton, nas segundas-feiras próximas da lua cheia, para discutir as últimas idéias da ciência e compartilhar suas teorias favoritas. Entre as pessoas menos instruídas da região esta sociedade era vista como um grupo de ricos e excêntricos. Em algum momento da década de 1770 o nome do grupo popularizou-se, e daí em diante toda pessoa que adotasse algum tipo de crença ou tivesse algum comportamento peculiar passou a ser chamada de lunática.⁴⁹

Em 1775, um ano após Watt ter-se mudado para Birmingham para estabelecer a sociedade com Boulton, Small faleceu. Foi então que, para manter o vínculo entre os sócios do grupo, até então chamado Lunar Circle, pensou-se na transformação dessa associação de amigos em uma sociedade, a Lunar Society. Segundo Schofield, as indicações sobre os primeiros encontros regulares e a designação *lunar* vieram de uma coleção de cartas com datas confusas e contraditórias. Contudo, há indicação de um encontro em um domingo, 31/12/1775, e não uma segunda-feira, conforme se dizia que era

⁴⁷ R. E. Schofield, *The Industrial Orientation of Science in the Lunar Society of Birmingham*, p. 408-415.

⁴⁸ *Ibid.*, p. 408.

⁴⁹ M. White, *Rivalidades produtivas: Disputas e brigas que impulsionaram a ciência e a tecnologia*, p. 125.

o dia da semana que o grupo se reunia. Esse teria sido o primeiro encontro do grupo realizado sob o novo nome da associação.⁵⁰

A importância da Lunar Society no cenário histórico e científico da Inglaterra do final do século XVIII foi assinalada em um estudo do historiador Robert E. Schofield, para quem:

Mais do que qualquer outro grupo, a Lunar Society de Birmingham representou as forças de mudança da Inglaterra do final do século XVIII. A Lunar Society foi um brilhante microcosmo daquela comunidade dispersa de manufatureiros provinciais e homens profissionais que encontraram a Inglaterra como uma sociedade rural, com uma economia agrícola, e a deixaram urbana e industrial. Uma improvável e “revolucionária” sociedade, nunca antes alcançada. Era um pequeno grupo, formado através dos anos por apenas quatorze membros (...) Eles não eram aquela espécie de homens de guarnecer as barricadas ou fazer discursos inflamados em tribunas políticas. A revolução que eles forjaram foi mais permanente do que aquela criada por seus pares franceses, porque estes homens foram os precursores da Revolução Industrial.⁵¹

Os membros da Lunar Society procuravam encontrar uma aplicação prática para as descobertas científicas de cada um dos sócios, que, além disso, tinham grande valor social e científico. Combinavam investimento de capital, ações políticas e interesse pessoal com possibilidade de lucro financeiro. Objetivavam ainda a descoberta científica e o encorajamento de cientistas jovens com o intuito de influenciar o futuro. De acordo com Schofield, nenhuma outra sociedade científica do século XVIII reuniu mais eficazmente as variadas correntes de pensamentos e atitudes iluminadas que fizeram presença no século XIX. Nenhuma outra sociedade representou tão claramente o melhor da Revolução Industrial.⁵²

O período de 1775 a 1780 foi a principal época de atividades profissionais e científicas dos membros da Lunar Society. Mais

⁵⁰ R. E. Schofield, “The Lunar Society of Birmingham; A Bicentenary Appraisal” *Notes and Records of the Royal Society of London*, p. 150.

⁵¹ Idem, *The Lunar Society of Birmingham. A Social History of Provincial Science and Industry in Eighteenth-century England*, p.2.

⁵² Idem, “The Lunar Society of Birmingham; A Bicentenary Appraisal”, *Notes and Records of the Royal Society of London*, p. 160.

significativamente, a década entre 1781 a 1791 foi de grandes realizações dos membros da Lunar Society, principalmente Watt e Boulton.⁵³

Teoria e prática

A teoria começa a se tornar importante na segunda metade do século XVIII para construtores de máquina como Watt e Smeaton, que passaram a desenvolver o cálculo de forças internas das máquinas.⁵⁴ Smeaton acreditou que seus modelos mecânicos podiam levar à descoberta de princípios úteis para a construção de máquinas.⁵⁵

Com variações sistemáticas nos componentes de um pequeno modelo de uma máquina de Newcomen, John Smeaton foi capaz de melhorar a configuração dos diferentes componentes da máquina, aprimorando significativamente seu desempenho⁵⁶. Em 1772 Smeaton construiu uma máquina de Newcomen que quase duplicou os resultados previamente atingidos.⁵⁷

A compreensão de princípios científicos tais como medidas de força, trabalho, momento e potência foi fundamental para o aperfeiçoamento e a aplicação de dispositivos mecânicos até mesmo entre os mineiros de carvão nas docas de Londres na década de 1760. Assim, como Alan Morton propôs, os efeitos das máquinas nas tarefas de carvão, serrarias e madeiras em Londres induziram a um tipo de disputas por máquinas industriais que caracterizou a primeira fase da industrialização.⁵⁸

Por isso, mesmo considerando que entre as máquinas de Newcomen e a máquina de Watt não exista nenhuma diferença drástica quanto ao projeto de máquinas a vapor, vários aperfeiçoamentos com inovações da tecnologia a vapor foram feitos nelas. Podemos, então, concluir que elas resultaram do progressivo aperfeiçoamento de métodos industriais, como a melhoria na

⁵³ *Ibid.*, p. 156.

⁵⁴ L. Stewart, “A Meaning for Machines: Modernity, Utility, and the Eighteenth-Century British Public”, *The Journal of Modern History*, p. 276.

⁵⁵ M. C. Jacob, *The cultural meaning of the scientific revolution*, p. 162.

⁵⁶ D.S. L Cardwell, “Some Factors in the Early Development of the Concepts of Power, Work and Energy”, *The British Journal for the History of Science*, p. 214.

⁵⁷ R. L Hilis, *Power from Steam: A History of the Stationary Steam Engine*, p. 131.

⁵⁸ A. Q. Morton, “Concepts of power: Natural Philosophy and the Uses of Machines in Mid-Eighteenth-Century London”, *The British Journal for the History of Science*, p. 10.

produção do ferro e o surgimento de mão-de-obra especializada, e também de melhorias dos vários componentes das máquinas, como, por exemplo, caldeiras e cilindros. Outros aperfeiçoamentos também foram resultado de uma investigação contínua, por tentativa e erro, envolvendo o projeto da máquina de Newcomen.

Em várias pesquisas publicadas, discute-se se o trabalho de James Watt e o desenvolvimento da máquina a vapor foram científicos ou práticos. Assim, como afirma Alan Q. Morton, vários trabalhos propõem tratar do relacionamento histórico entre a ciência e a prática, ou entre a ciência e a chamada Revolução Industrial. Porém, pouco do material que é classificado sob esses títulos traz mais do que uma afirmação ou uma negação da importância do papel da ciência no processo de industrialização da Inglaterra na segunda metade do século XVIII. Um pequeno círculo de estudiosos se arriscou a especificar exemplos em que a ciência deu contribuições consideráveis à tecnologia industrial deste período.⁵⁹

Desta forma, encontra-se também a idéia de que o desenvolvimento da máquina a vapor aconteceu com pouco sustento na ciência e que a máquina a vapor fez mais pela ciência do que a ciência pela máquina a vapor. Lewis Mumford, por exemplo, afirma em sua obra que na história da máquina a vapor, da via férrea, do moinho têxtil e do navio a vapor poderia constar apenas uma breve referência ao trabalho científico do período. Segundo Munford, as invenções eram feitas em grande parte pelo método empírico prático. E embora todas estas invenções tivessem levado a melhorar a ciência, elas passaram a existir, na maior parte, sem a ajuda direta da ciência. Os homens práticos, nas minas, nas fábricas, nas lojas de máquinas, nas relojoarias e nas serralherias, ou amadores curiosos, que manipulavam materiais e imaginava novos processos, é que tornaram as invenções possíveis⁶⁰.

J. D. Bernal diz que o desenvolvimento sucessivo da máquina a vapor, do condensador separado, do funcionamento expansivo e a combinação de cilindros diretamente ligados na turbina a vapor, no final do século XVIII, eram

⁵⁹ *Ibid.*, p. 64.

⁶⁰ L. Mumford, *Técnica y civilización*, p. 215.

ensaios essencialmente de engenharia, resolvidos na prática antes de serem solucionados na teoria⁶¹.

O desenvolvimento real da máquina a vapor em uma fonte principal de energia ocorreu entre 1800 e 1850, como afirma R. J. Forbes. Nos primeiros tempos de Watt, a teoria nascente do calor teve certa influência no desenvolvimento da máquina a vapor, mas ainda não estava pronta para ajudar no cálculo correto de tais máquinas. Os próprios engenheiros achavam por experiências os meios de introduzir certa precisão e chegaram a um método de transmissão de energia do motor para a máquina de forma mais simples.⁶²

Da mesma forma, para Hobsbawm as ciências ainda não estavam divididas, como fez o academicismo do século XIX, em ciência “pura”, superior, e outra “aplicada”, inferior. Os estudiosos dedicavam-se, sim, à solução de problemas produtivos. Os mais surpreendentes avanços da década de 1780 foram na área da química, que, por tradição, estava intimamente ligada à prática de laboratório e às necessidades da indústria. Qualquer que tenha sido a razão do avanço da indústria inglesa, ele não se deveu a superioridade tecnológica e científica. Nas ciências naturais, os franceses estavam seguramente à frente dos ingleses, vantagem que a Revolução Francesa acentuou de forma marcante, pelo menos na matemática e na física, incentivando as ciências. Na Inglaterra, por outro lado, suspeitava-se das ciências naturais.⁶³

Ainda de acordo com Hobsbawm, dadas as condições adequadas, as inovações técnicas da Revolução Industrial se fizeram basicamente por práticos, exceto talvez na indústria química. Isto não significa que as primeiras indústrias não estivessem interessadas nas ciências e em busca de seus benefícios práticos.⁶⁴ A solução de problemas por tentativa e erro, a acumulação de conhecimento prático e teórico ao longo de muitos anos e a confrontação de posicionamentos científicos diferentes constituíram muito mais que um processo. Foi a resolução de contradições como essas que fez caminhar o avanço técnico e científico, principalmente no processo industrial.⁶⁵

⁶¹ J. D. Bernal, *Ciencia e industria en el siglo XIX*, p. 75.

⁶² R. J. Forbes, *A energia até 1850. In A invenção da Máquina a vapor*, p 89.

⁶³ E. J. Hobsbawm, *A Era das Revoluções 1789-1848*, p. 40.

⁶⁴ *Ibid.*, p. 54.

⁶⁵ G. Magalhães, *Força e luz: eletricidade e modernização na República Velha*, p. 23.

Por outro lado, Abbot Payson Usher diz que os primeiros princípios criados por Papin propiciaram o surgimento da invenção de Thomas Newcomen. Assim, a invenção da máquina atmosférica, como era conhecida a máquina a vapor, foi um ato de síntese na história dela própria. Já o trabalho de Watt e seus contemporâneos estava embasado em uma preocupação criteriosa. Com isso, novos dispositivos tiveram que ser inventados e foram, afinal, aperfeiçoamentos da máquina de Newcomen.⁶⁶

Ainda de acordo com Usher⁶⁷, o trabalho de Watt na máquina a vapor foi de caráter predominantemente científico e crítico, implicando inovações essenciais em algo já existente. Ou seja, foi parte de um processo de revisão e estudo científico desta máquina. Porém, a sabedoria popular é certa quando aprecia como uma invenção estratégica o resultado alcançado por Watt. Ao precisar fazer reparações na máquina de Newcomen, Watt se fixou na máquina e nos estudos que fez acerca das perdas de calor por efeito do aquecimento e esfriamento alternativos do cilindro e deu-se conta da importância que algumas modificações teriam.

As experiências que Watt realizou com a máquina a vapor ao desenvolver o condensador separado foram, de acordo com Thomas Kuhn, tentativas consistentes no sentido de empregar métodos científicos e técnicos. Os homens que utilizaram estes métodos contribuíram para a ciência da época mesmo sem ter conhecimento científico.⁶⁸

Historiadores como Musson e Robinson não fizeram distinção entre as experiências nas técnicas industriais imediatamente úteis e aquelas que eram dirigidas para a descoberta de princípios mais gerais e que foram formuladas quantitativamente antes de serem aplicadas aos interesses práticos. Aqueles que reconhecem a distinção entre tais experiências não vêem a aplicação da “ciência” no desenvolvimento de inovações industriais do século XVIII.

Para W. O. Henderson⁶⁹, as mudanças ocorridas no século XVIII e XIX consistiram principalmente num complexo de inovações tecnológicas que substituíram a habilidade humana por máquinas e a força humana e animal por energia inanimada. Houve melhorias nos métodos de extração e transformação

⁶⁶ A. P. Usher, *Historia de las invenciones mecánicas*, p. 347.

⁶⁷ *Ibid.*, p. 297.

⁶⁸ T. S. Kuhn, “As relações entre a história e a história da ciência” *In A tensão essencial*, p. 98.

⁶⁹ W.O. Henderson, *A Revolução Industrial 1780-1914*, pp. 7-8.

de matérias-primas, especialmente no que hoje se conhece por indústria metalúrgica e química, introduzindo, assim, mudanças que transformaram o trabalho artesanal em fabricação em série e, ao fazê-lo, substituíram uma economia agrária pela economia industrial.

No final do século XVIII, na Inglaterra, completavam-se as transformações que por volta de 1830 os europeus chamariam de Revolução Industrial.

Mas a definição da palavra “revolução” no sentido de “ruptura brusca” exige cuidado quando adotamos a expressão Revolução Industrial na análise das transformações sociais e tecnológicas que ocorreram com maior destaque na Europa nos séculos XVIII e XIX. Com relação à industrialização da Europa neste período, ocorreu um processo de avanço tecnológico gradual, juntamente com transformações sociais e com a procura e obtenção de fontes de energia. Portanto, para efeito de acompanhamento cronológico, utilizaremos esta definição, já que há uma familiaridade com o termo “revolução” em muitos trabalhos, embora, como mencionado acima, verifa-se um avanço gradual nos processos produtivos e tecnológicos.⁷⁰ Porém, de acordo com Hobsbawm, felizmente poucos refinamentos foram necessários para fazer a Revolução Industrial. Suas invenções técnicas foram bastante modestas, e sobre hipótese alguma estavam além dos limites dos artesãos que trabalhavam em oficinas ou das capacidades construtivas de carpinteiros, moleiros e serralheiros. Nem mesmo a máquina a vapor rotativa de James Watt, considerada a máquina mais sofisticada cientificamente, necessitava de mais conhecimentos de física do que os disponíveis então.⁷¹

A teoria adequada das máquinas a vapor só foi desenvolvida na década de 1820, pelo francês Sadi Carnot. Na invenção e realização prática da máquina a vapor, a técnica antecipou-se claramente ao poder da ciência. Aliás, a teoria dos fenômenos era delicada, só foi elaborada com suficiente clareza no século XIX, época em que a ciência começou a entender a natureza das mudanças térmicas. Porém, a máquina a vapor foi construída muito antes que Fourier (1768-1830), Carnot (1796-1832), Maxwell (1831-1879) e Boltzmann

⁷⁰Sérgio de Salvo Brito, “Geração Termo e Hidrelétrica”, in: *Economia e Tecnologia da Energia*, p. 84.

⁷¹W.O. Henderson, *A Revolução Industrial 1780-1914*, p.8.

(1844-1906) lançassem os fundamentos da termodinâmica. As teorias desses estudiosos contribuíram posteriormente para os vários aperfeiçoamentos da invenção, que nasceu e encontrou muitas aplicações sem o auxílio da ciência. Ainda segundo Kuhn, antes de 1800, só a mecânica e a hidrodinâmica tinham exigido especialização matemática avançada. Nos outros campos, os elementos da geometria, trigonometria e álgebra eram totalmente suficientes. Vinte anos mais tarde, a obra de Fourier e Carnot tornou a matemática essencial para o estudo do calor. As teorias qualitativas, altamente matematizadas depois de 1800, nasceram somente depois da década de 1780. A teoria de Fourier exigia o conceito de calor específico e a constante separação sistemática das noções de calor e temperatura. A contribuição de Carnot para a teoria térmica requeria, além disso, em finais do século, o reconhecimento da teoria do calor adiabático. A compressão adiabática forneceu qualitativamente uma demonstração ideal da conversão do trabalho em calor; e, quantitativamente, apresentava o único meio de calcular um coeficiente de conversão com os dados existentes. A descoberta da compressão adiabática tem pouco ou nenhuma relação com máquinas, mas contribuíram com as primeiras medidas fundamentais do vapor.⁷²

Na análise de Stefan Amsterdamski, a criação de uma física matemática, com um relativo reconhecimento de um saber com aplicação, concilia a função cognitiva com a função técnica do saber, sem a qual nunca teria nascido a moderna concepção da ciência. Mas tal ideal de ciência não deriva de nenhuma lei da razão e é mais um fato social e histórico que uma necessidade epistemológica.⁷³ Porém, segundo Thomas Kuhn, durante o século XVIII, os principais praticantes das ciências matemáticas estabelecidas realizaram poucas experiências e deram poucas contribuições substanciais para o desenvolvimento dos novos campos experimentais.⁷⁴

As primeiras máquinas

⁷² T. S. Kuhn, “Tradição matemática versus tradição experimental no desenvolvimento da ciência física”, in *A tensão essencial*, p. 97 e “The caloric Theory of Adiabatic Compression”, *Isis*, p. 132-40.

⁷³ S. Amsterdamski, “Ciência” in Encyclopédia Einaudi, p. 202.

⁷⁴ T. S. Kuhn, *tradição matemática versus tradição experimental no desenvolvimento da ciência física*. in *A tensão essencial*, p. 82.

As primeiras máquinas a vapor eram utilizadas para bombear água para fora das minas, constantemente inundadas por lençóis freáticos. Porém a limitação tecnológica dessas máquinas era muito grande, e os engenheiros não compreendiam a natureza da pressão atmosférica. Este problema começou a ser resolvido em 1644, com Torricelli, que demonstrou a existência da pressão atmosférica, e depois, no final do século XVII, por Denys Papin, por meio de estudos sobre vapor e pressão.

As primeiras máquinas a vapor tinham baixo rendimento e consumiam grande quantidade de carvão. A eficiência delas só melhorou quando James Watt desenvolveu um dispositivo que aproveitava o calor gerado pela queima do carvão.⁷⁵ Ao eliminar a necessidade de uso das águas dos rios para movimentar as máquinas, a máquina a vapor teve papel importante na Revolução Industrial.

Vale destacar que a idéia de usar a força do vapor em benefício do homem existiu praticamente desde a Antiguidade. Porém nenhum uso prático do vapor ocorreu até o século XVII, como veremos.

Ainda que subsistam controvérsias sobre qual teria sido o papel dos práticos e dos homens de ciência, a máquina a vapor, apesar da sua simplicidade, pode ser considerada a invenção mais importante da Revolução Industrial. Mas não há consenso quanto a quem creditar essa invenção. Para alguns historiadores, o crédito é de James Watt. Para outros, é de Thomas Newcomen.

Os primeiros trabalhos sobre o desenvolvimento da máquina a vapor dos quais se tem conhecimento são de Heron⁷⁶ de Alexandria, que viveu na

⁷⁵ A. Nuvolari & G. Verbong, “The Development of Steam Power Technology: Cornwall and the Compound Engine, An Evolutionary Interpretation”, Conference “The Future of Innovation Studies”, p. 3.

⁷⁶ A máquina de Heron não teve aplicação semelhante com a máquina a vapor de James Watt, a não ser pelo fato de usarem o vapor como elemento responsável pelo movimento de suas máquinas. O contexto e o momento histórico eram diferentes. Porém, a grande maioria dos livros que tratam do assunto vapor ou máquina a vapor citam a máquina de Heron como ponto de partida. A idéia de usar a força do vapor como vantagem tem quase vinte e um séculos. Heron, descreveu em um manuscrito vários aparelhos e idéias de sua época. Entretanto, segundo Arago, isto não prova que Heron foi o inventor de quaisquer destes dispositivos, ele recebeu o crédito por ser a menção mais antiga da força do vapor. Arago afirma que o trabalho de Heron pode ser mencionado apenas como uma estampa de madeira que poderia estar na história da gravura. (M. Arago. *Historical Elogie of James Watt*. p. 26) Hugo Heid critica Arago, que rejeita o esquema de Heron na contribuição para a moderna máquina a vapor, afirmando que existem evidências de que a Æolipile de Heron chama a atenção e evidencia uma demonstração de um movimento conseguido pela força do vapor e tem tido algum efeito em chamar a atenção ao uso das propriedades do vapor , que é a força e produzida pela fervura da água. (H. Heid. *Remarks on Certain statements*

Antigüidade. Estes trabalhos podem ter inspirado o desenvolvimento tecnológico do século XVIII que, na Inglaterra, deu suporte à Revolução Industrial.

A força do vapor sempre existiu no meio ambiente. Mas, inicialmente, o homem não tinha necessidade de fazer uso útil do poder do vapor porque os trabalhos executados por escravos e animais eram suficientes para tudo que precisava ser feito. O desenvolvimento da máquina criada por Heron, por isso, só aconteceu muito mais tarde.

A história da máquina a vapor, de acordo com H. W. Dickinson, está razoavelmente bem documentada. O leitor dos escritos desse historiador encontra narrativas detalhadas e desenhos de várias máquinas. A invenção e o uso mais constante das máquinas, segundo Dickinson, estão ligados à necessidade de drenar minas e fornecer água para as cidades que estavam crescendo, processos que se tornaram urgentes no início do século XVII. Giambattista della Porta (1606) teria sido o primeiro a demonstrar, em uma balança de laboratório, que o vapor pode ser usado para deslocar água, puxando-a por um vazio formado pela condensação do vapor. Depois de Della Porta, numerosas tentativas foram feitas para elevar água utilizando o vapor.⁷⁷

De acordo com Musson e Robinson, houve no final do século XVII o desenvolvimento de uma tecnologia baseada no surgimento da máquina a vapor e da indústria química. A primeira inovação, atribuída aos inventores Thomas Savery, Thomas Newcomen e James Watt, é o resultado dos estudos feitos pelo cientista holandês Huygens e seu assistente Denys Papin, com a criação de um motor com pistão que era acionado ateando-se fogo em pólvora e, mais tarde, de um motor simples propelido pelo vapor. Embora o uso da pólvora por Huygens em 1680 fosse pouco prático, a idéia do vácuo no motor de vapor, de Papin, foi traduzida em pesquisa de Torricelli e Robert Boyle, que estudaram a pressão atmosférica e o vácuo, que passaram a ser tratados como uma nova tecnologia.⁷⁸

Regarding the Invention of the steam Engine, in M. Arago's *Historical Eloge of James Watt*. pp. 24, 25). Heron também descreve um método para abrir as portas de um templo com a ação do fogo no altar em frente do templo. O princípio essencial que Heron usava era transformar energia térmica em energia mecânica ou trabalho (R. Stuart, *A Descriptive History of the Steam Engine*, p. 1-2)

⁷⁷ H. W. Dickinson, *A Short History of the Steam Engine*, p. 47.

⁷⁸ A.E. Musson & E. Robinson, *Science and Technology in the Industrial Revolution*, p.47.

Entretanto, não é uma certeza que os trabalhos destes estudiosos, de fato, tenham sido transmitidos aos inventores de décadas mais tarde. De acordo com os historiadores Musson e Robinson, há uma grande probabilidade de que Savery e Newcomen possam ter adquirido os seus conhecimentos por meio da Royal Society. Segundo os historiadores, falta confirmação documentada desta ligação, porque Savery e Newcomen, assim como os artesãos e todos os inventores contemporâneos da maquinaria industrial, não tinham tutores científicos e não faziam parte de comunidades acadêmicas.⁷⁹

Savery intitulou seu trabalho, projetado para elevar água para um nível superior de 10 a 15 metros de altura, como *Miner's Friend*. As máquinas de Savery, porém, só eram utilizadas para distribuir água nos palácios, nas casas de campo, parques e jardins. Observou também que o perigo de explosão nas minas poderia ser grande, se todo o poder do vapor fosse utilizado. Como o sucesso prático da máquina de Savery foi longe, o nome desse engenheiro poderia ficar em um lugar mais destacado na história da máquina a vapor.⁸⁰

Segundo Milton Kerker,⁸¹ em 1641 Galileu foi consultado pelos engenheiros de Cosmo de Médici II sobre a viabilidade de uma bomba de vácuo capaz de puxar a água a uma altura de 15 metros. Embora Galileu tenha fracassado em solucionar o problema, as investigações de seu aluno Torricelli e os trabalhos subseqüentes de Pascal, Von Guericke, Hooke e Boyle levaram ao estabelecimento de questões pneumáticas usadas para o desenvolvimento de equipamentos práticos de bombeamento de gases e líquidos. O trabalho de Von Guericke foi significativo para o desenvolvimento da máquina a vapor, uma vez que ele demonstrou como o trabalho poderia ser obtido pelo movimento de um pistão em um cilindro com vácuo.

Como já mencionamos, Huyghens, em 1678, e seu assistente Denys Papin, por volta de 1690, fizeram experiências com uma máquina em que um pistão era movido pela explosão de pólvora. Ainda segundo Kerker, Papin trocou a pólvora pelo vapor e teve a idéia de obter movimento pela utilização da força da pressão atmosférica em um pistão. Para justificar a proposta, afirmou que um vazio é produzido pela condensação de vapor. Ao estudar as

⁷⁹ *Ibid.*, p.47.

⁸⁰ M. Arago, *Life of James Watt*, p. 35.

⁸¹ M. Kerker, "Science and the Steam Engine", *Technology and Culture*, p. 382.

propriedades da água, descobriu que uma pequena quantidade desta substância, quando transformada em vapor pelo calor, tem uma força elástica semelhante a do ar. Após o esfriamento, o vapor é novamente transformado em água, sem nenhum vestígio da força elástica. A partir dessas observações, Papin concluiu que poderia ser construída uma máquina de baixo custo em que a água, com o auxílio de calor não muito intenso, produzisse aquele vazio perfeito jamais obtido por meio da pólvora. Para ilustrar a validade de seu conceito, Papin inventou um aparato de laboratório satisfatório mas que não era uma máquina prática.⁸²

M. Arago, em sua obra sobre James Watt, considera de grande importância no novo período da moderna máquina a vapor a contribuição de Denis Papin, para quem a França, na opinião dele, deveria reivindicar uma posição destacada na história da máquina a vapor.⁸³

De acordo com Hugo Reid, porém, Papin deveria ser resgatado na história da moderna máquina a vapor apenas como autor da idéia de conseguir movimento combinando a força da pressão atmosférica e um vácuo produzido abaixo do pistão por meio da condensação do vapor.⁸⁴

O impacto da maquina a vapor na Revolução Industrial

Nos séculos XVII e XVIII, as atividades de mineração eram severamente limitadas por problemas de inundação. Não é surpreendente, portanto, que algumas das primeiras tentativas de雇用 o vapor fossem voltadas para a drenagem das minas. Nesse contexto, em 1712, depois de um prolongado período de experimentação, Newcomen desenvolveu uma máquina a vapor para bombeamento. Usando somente vapor e pressão atmosférica, a máquina de Newcomen estava em conformidade com a capacidade da engenharia da época. Além disso, era robusta, confiável e baseada em um princípio de funcionamento bastante simples. Conseqüentemente, uma vez instalada, podia trabalhar por um longo período e com custos de manutenção quase desprezíveis. Em razão dessas qualidades, as máquinas de Newcomen

⁸² *Ibid.*, p. 382.

⁸³ M. Arago, *Life of James Watt*, p. 37.

⁸⁴ H. Reid, *Remarks on Certain statements Regarding the Invention of the steam Engine, in M. Arago's Historical Elogie of James Watt*, p. 46.

logo se tornaram de uso bastante difundido em mineração nas atividades do sistema hidráulico.⁸⁵ Segundo G. N. von Tunzelmann, foi depois da invenção de Newcomen que a máquina a vapor se estabeleceu como o modelo tecnológico usado para drenagem de minas.⁸⁶

Porém a máquina de Newcomen tinha uma deficiência significativa: seu consumo de combustível era alto, em razão da necessidade de alternância de aquecimento e esfriamento do cilindro em cada ciclo operacional. Na mineração de carvão, em que o abastecimento era barato e disponível, o elevado consumo de combustível não foi uma grande limitação. Mas em outras áreas de mineração - principalmente na extração de cobre e estanho nas minas de Cornwall, onde o carvão tinha de ser importado do País de Gales e vinha pelo mar – esse alto consumo de combustível impediu uma maior difusão da máquina de Newcomen.⁸⁷

A partir do momento em que a madeira passou a ser extensivamente utilizada na fabricação das primeiras máquinas, começou a haver uma estreita ligação entre o desenvolvimento das máquinas que trabalhavam a madeira e o das máquinas e ferramentas que trabalhavam o metal, como os tornos, as plainas e as brocas. O ferro tornava-se, então, o material básico da Revolução Industrial.

Pouco se conhece sobre a fabricação das primeiras máquinas de Savery e Newcomen, mas existe uma quantidade considerável de registros sobre a fabricação das máquinas de Watt. Para produzir suas primeiras máquinas, Watt teve muita dificuldade em conseguir trabalhadores suficientemente precisos. Acabou recorrendo a habilidosos trabalhadores em metal empregados na fábrica de Boulton e na fábrica de John Wilkinson, na qual eram produzidas máquinas de cilindro perfurante. Esta última máquina é descrita como “provavelmente a primeira ferramenta de trabalho em metal capaz de fazer um trabalho duro como nenhuma outra”.⁸⁸

⁸⁵ A. Nuvolari, & G. Verbong, “The Development of Steam Power Technology: Cornwall and the Compound Engine, An Evolutionary Interpretation”, Conference “The Future of Innovation Studies”, pp. 1-2.

⁸⁶ G. N. Von Tunzelmann, *Technology and Industrial Progress*, p. 106.

⁸⁷ Idem, cap. 4.

⁸⁸ A. E. Musson & E. Robinson, *The Origins of Engineering in Lancashire, The Journal of Economic History*, p. 211-212.

Para B. Hessem, não foi o desenvolvimento do motor e a invenção da máquina a vapor que criaram a Revolução Industrial do século XVIII. Na verdade, a máquina a vapor ganhou importância destacada porque a divisão do trabalho desenvolvida na manufatura e o aumento da produtividade possibilitaram a invenção de um instrumento de execução. A máquina a vapor, nascida na indústria da mineração, encontrou um campo já preparado para a sua aplicação como motor.⁸⁹

Como a máquina a vapor se transformou gradualmente em um fator importante da produção, passou-se a prestar atenção no que poderia torná-la mais econômica, reduzindo-se o gasto com vapor e consequentemente com água. A racionalização técnica da máquina a vapor converteu no problema central. Para a realização dessa tarefa, tornou-se imprescindível o estudo detalhado dos processos físicos que ocorrem na máquina.⁹⁰

Na Grã-Bretanha é onde se verifica inicialmente a ocorrência em maior intensidade desse processo de produção. O historiador David Landes aponta como causas para o fato o acúmulo de recursos materiais e intelectuais gerados ao longo dos séculos pelas práticas comerciais e a difusão dessas experiências, que fizeram com que ocorressem processos de modernização nas mais variadas estruturas da sociedade, tais como mudanças no sistema de governo, urbanização, transição geográfica e demográfica.⁹¹

O aumento da produtividade não ocorria uniformemente em todos os setores da produção, o que criava a obrigatoriedade de procurar outras melhorias tecnológicas. O desenvolvimento da indústria mecânica concentrada em grandes unidades produtoras teria sido impossível sem uma fonte de energia maior do que podiam oferecer as forças humana e animal e que independesse dos caprichos da natureza. A solução foi encontrada num novo transformador de energia - a máquina a vapor - que dependia da exploração, em escala extraordinária, do carvão como fonte de energia.⁹²

A máquina a vapor foi fruto de uma série de aperfeiçoamentos das bombas hidráulicas usadas nas minas de carvão, principal fonte de energia na

⁸⁹ B. Hessem, “As raízes sócio-econômicas dos Principia de Newton” in R. Gama, org., *Ciência e Técnica: antologia de textos Históricos*, p. 72.

⁹⁰ *Ibid.*, p. 73.

⁹¹ D.S.Landes, *Prometeu desacorrentado: Transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, desde 1750 até a nossa época*, p. 114.

⁹² *Ibid.*, p. 114.

época. Nas proximidades das áreas ricas em carvão, inclusive, foi onde surgiram as primeiras indústrias na Inglaterra.⁹³

O sistema fabril não teria tido tão grande importância sem o aperfeiçoamento da máquina a vapor. As rodas hidráulicas eram vagarosas e nem sempre dispunham de cursos de água com força suficiente para movê-las. Outras formas de energia foram experimentadas, com resultados menos satisfatórios. O tear mecânico original, inventado por Cartwright, era movido por uma vaca, ao passo que seus sucessores empregaram cavalos e até cachorros.⁹⁴

O desenvolvimento de máquinas a vapor como uma fonte conveniente de energia produzida por movimento rotacional e a competição entre máquinas de vapor de alta e baixa pressão implicavam em questões de eficiência. O ideal de aproveitamento total da energia não podia ser obtido pela transformação de água em vapor. Aqui, a eficiência era medida pelo trabalho feito pelo consumo de um alqueire de carvão. Em lugares distantes de uma área de mineração de carvão isto teve importância comercial. Watt, pioneiro neste tipo de medida e em avanços no projeto de máquina a vapor, enfatizou ainda mais sua importância.⁹⁵

Os empreendimentos industriais eram obviamente significativos para a origem de muitas parcerias no final do século XVIII. Novas inovações ligaram a promoção da ciência com os ofícios práticos.⁹⁶

Os esforços para relacionar a mecânica da ciência com os movimentos das máquinas podem ser vistos nas disputas do início do século XVIII, quando existia um debate sobre medidas e conceitos que agora reconhecemos como impulso ($m.v$) e energia cinética ($1/2 m.v$). Na primeira metade do século ocorriam numerosas tentativas para estabelecer empiricamente os conceitos defendidos pelos rivais do newtonianismo e os vários dispositivos que eram construídos para demonstrar publicamente as medidas de impacto.⁹⁷

⁹³ *Ibid.*, p. 114.

⁹⁴ E. M. Burns, *História da Civilização Ocidental*, p. 668, 669.

⁹⁵ D. S. L. Cardwell, “Some Factors in the Early Development of the Concepts of Power, Work and Energy”, *The British Journal for the History of Science*, p. 216.

⁹⁶ L. Stewart, “A Meaning for Machines: Modernity, Utility, and the Eighteenth-Century British Public”, *The Journal of Modern History*, pp. 290-91.

⁹⁷ D. Papineau, “The vis viva controversy: Do meanings matter?”, *Studies in the history and philosophy of science*, p. 116.

O poder mecânico das máquinas do século XVIII estava tanto na transformação das forças naturais quanto no compartilhamento e transferência do conhecimento de um local para outro. As idéias mecânicas foram a base da mensagem do domínio da natureza propagada nas conferências científicas dadas em clubes, sociedades, salões e teatros ao longo desse século na Inglaterra. O crescente número de demonstrações fez a máquina tornar-se um elemento de promoção pessoal. Poder demonstrar por que algumas máquinas funcionavam e outras não era um ingresso para a fama e para a fortuna ansiosamente explorado por conferencistas.⁹⁸

Para Stewart, os filósofos naturais e os engenheiros civis mais antigos sabiam das consequências financeiras relacionadas a máquinas que freqüentemente deixam de trabalhar de modo correto ou eficaz. Por isso, existia muita preocupação por parte daqueles que projetaram as primeiras máquinas a vapor em garantir que os benefícios fossem assegurados. Um conhecimento profundo dos princípios científicos fundamentais era, assim, imprescindível para gerar um nível aceitável de confiança e consequentemente assegurar a viabilidade econômica de novos empreendimentos. Tais argumentos eram repetidamente apresentados por engenheiros no início do século XVIII. Preveniam que somente seriam confiáveis as máquinas em que a teoria e prática estivessem juntas. Ainda segundo Stewart, John Theophilus Desaguliers, o conferencista científico mais bem-sucedido do século, autor de vários trabalhos em mecânica e de muitos artigos filosóficos, estava profundamente mergulhado em projetos mecânicos para aplicação industrial. Ele dedicou grandes esforços para explorar e ocasionalmente melhorar dispositivos mecânicos como a roda d'água, a máquina a vapor e guindastes. Para os filósofos naturais como ele, o mundo estava cheio de oportunidades para o desenvolvimento dos princípios econômicos do trabalho e força. Esse entendimento tinha em vista a produção de uma máquina que seria usada para demonstrar a medida do trabalho útil feito por esforços individuais para erguer uma dada quantidade de água por seu peso. Qualquer conceito de força teve de ter seus limites, como o princípio da inércia corretamente definido. Porém os filósofos naturais interessados em aplicações industriais estavam descobrindo

⁹⁸ L. Stewart, “A Meaning for Machines: Modernity, Utility, and the Eighteenth-Century British Public”, *The Journal of Modern History*, p 268.

como medir forças que poderiam ser precisamente definidas e regulamentadas. O objetivo era construir uma máquina para revelar a medida de força, mas em última instância determinar o significado de força.⁹⁹

A tecnologia da máquina foi importante para a promoção da ciência no início do mundo moderno. Segundo Stewart, isto é melhor revelado na carreira de John Smeaton, que foi eleito para integrar a Royal Society em 1753 não pela sua reputação como mecânico, mas como fabricante de “instrumentos filosóficos”. Inevitavelmente a eleição produziu um impacto na imagem da prática experimental. As melhorias de Smeaton nas bombas de ar foram tão significativas que o químico Joseph Priestley obteve grande vantagem com o emprego delas em suas experiências com o peso específico do ar.¹⁰⁰

Na época, os princípios de operação mecânica eram escondidos até mesmo daqueles que operavam as máquinas. As teorias eram pequenas durante a fase de construção. Foram feitas exageradas distinções entre teoria e prática mecânica na associação equivalente entre artesão e filósofo. Para John Smeaton, tornou-se fundamental que a fase de projeto fizesse corretamente a unificação necessária do princípio conceitual e experiência. Ele desenvolveu modelos de máquinas nos quais foi cauteloso por razões bastante práticas e reconhecia que as diferenças de escala certamente alterariam o funcionamento das máquinas reais. Relatou suas experiências para a Royal Society em 1759 de forma que as deduções feitas em prática real poderiam ser testadas numa variedade de casos. Smeaton confirmou seus resultados experimentais com anos de experiência e acreditou que suas conclusões teóricas seriam suficientes para regular a construção prática desses tipos de máquinas.¹⁰¹

A maioria das pessoas dirá que a máquina a vapor foi inventada por James Watt. Mas, isto parece estar longe de corresponder à realidade. Como no caso de todas as outras grandes invenções e descobertas, o advento da máquina a vapor aconteceu depois de séculos de contribuições e trabalhos de numerosos cientistas, engenheiros e até escritores. Ela surgiu de uma compilação do trabalho e de teorias que levaram séculos para ser

⁹⁹ *Ibid.*, pp. 270 – 271.

¹⁰⁰ *Ibid.*, pp. 273 – 75.

¹⁰¹ *Ibid.*, p. 276.

desenvolvidas. Se James Watt não foi o criador da máquina a vapor, quem foi? Como James Watt ganhou o crédito pela invenção? Teria sido ele quem esteve no lugar certo e no momento certo?

CAPÍTULO 2

JAMES WATT VISTO POR SEUS BIÓGRAFOS E HOMENS DE CIÊNCIA

Para tentar responder às questões apresentadas no final do capítulo anterior, ou ao menos chegar próximo das respostas a elas, faremos inicialmente a abordagem de algumas publicações das primeiras décadas do século XIX, principalmente textos sobre ciência que tratam do vapor e da máquina a vapor. Abordaremos também biografias que se referem a diferentes aspectos da vida de Watt e ainda ao envolvimento que homens de ciência teriam tido na solução de problemas técnicos da máquina a vapor.

As principais publicações selecionadas para esse fim são dos seguintes autores: John Robinson (*A System of Mechanical Philosophy*, vol. 2, de 1822); M. Arago (*Historical Eloge of James Watt*, de 1839); Samuel Smiles (*Lives of Boulton and Watt*, de 1859); George Williamson (*Memorials of the Lineage, Early Life, Education and Development of the Genius of James Watt*, de 1861).

John Robinson foi professor de Filosofia Natural na Universidade de Glasgow e conviveu pessoalmente com James Watt. É autor de quatro volumes sobre sistemas da filosofia mecânica, escritos com fim didático, direcionados para suas aulas de Filosofia Natural. No segundo volume, com prefácio redigido pelo próprio James Watt, encontra-se a explicação do inventor a respeito de sua relação com Joseph Black e da descoberta do calor latente. E também a reprodução de dois artigos de Robinson sobre vapor e a máquina a vapor publicados pela primeira vez na *Encyclopaedia Britannica*.

O livro de Arago, *Historical Eloge of James Watt*, foi escrito por encomenda da Académie des Sciences da França, tendo, por isso, o respaldo dessa instituição. Trata-se de um *elogie*, isto é, uma biografia elogiosa, sobre James Watt, publicada após a morte do inventor.

George Williamson era presidente do fã-clube de Watt de Grenook, cidade natal de Watt. O livro *Memorials of the Lineage, Early Life, Education and Development of the Genius of James Watt* contribuiu para a criação do mito James Watt.

O livro de Smiles, *Lives of Boulton and Watt*, é o que apresenta Watt de modo menos exagerado. Ainda assim, consiste em um dos mais conhecidos exemplos do gênero biografia heróica.

A historiografia de Watt começa habitualmente pela narração de que Watt tinha um grande trabalho para realizar. Deste modo, artigos originais de John Robison sobre o vapor e a máquina a vapor na *Encyclopaedia Britannica* foram revisados para apresentar a trajetória de Watt de forma idealizada, reproduzindo narrações exageradas publicadas em periódicos e revistas. Após o falecimento de Watt, a construção de um monumento em sua homenagem na abadia de Westminster na Capela de St. Paul contribuiu para a construção da sua biografia e “mitologia”, assim como a publicação de um artigo sobre Watt, na sexta edição da *Britannica*, em 1823, escrito por seu filho, James Watt Jr.

Tratados sobre a história do vapor e da máquina a vapor, como os de John Farey, também se referem bastante a Watt. O *elegie* de Arago tornou-se um documento chave. Depois disso surgiram as grandes contribuições biográficas de Muirhead, Brougham, Williamson e Smiles. Estes volumes serviram de base para numerosos estudiosos da história da vida e obra de Watt que confiaram expressivamente nestas fontes do século XIX.

No começo do século XIX, autores e editores responderam com um movimento de novos livros sobre a máquina a vapor, incluindo dois na França, entre 1824 e 1830. A informação é previamente confirmada em artigos periódicos e em encyclopédias, explodindo em centenas de páginas sobre o assunto. O engenheiro e projetista John Farey expandiu seus primeiros registros a respeito do vapor na *Ree's Cyclopedie* (1816) em cerca de 700 páginas. Farey, que conheceu Watt pessoalmente, detalhou a tecnologia e a história da máquina a vapor com créditos atribuídos a Watt, cuidadosamente aperfeiçoados e com breves biografias incluídas. Aos leitores, não restam dúvidas sobre a façanha de Watt como grande nome na história do vapor. Todos os outros inventos, segundo Farey, parecem “insignificantes” em comparação com a máquina a vapor, sem a qual o espantoso crescimento da produção industrial durante os últimos trinta anos teria sido impossível. Nas

décadas seguintes, livros sobre o vapor e a máquina a vapor seriam impressos em quantidade torrencial.¹⁰²

Segundo Farey, Watt era altamente respeitável pelo caráter, como inventor original e como engenheiro prático, responsável pela primeira máquina de movimento rotativo duplo nos moinhos de Albion, em 1787. Ali ele teria executado o serviço melhor que qualquer máquina que tenha sido construída para empregar vapor nos mesmos princípios. Depois de Watt algumas adaptações foram acrescidas. Farey chama a atenção para algumas melhorias importantes feitas na construção de novas máquinas, substituindo a madeira por ferro fundido e pedra trabalhada e juntando as partes de formas mais significativas. Mas todas as formas e proporções essenciais que afetariam o desempenho da máquina foram averiguadas pelo primeiro inventor, e constatou-se que nenhuma melhoria fora feita nelas, e todas daquelas formas e proporções prejudicaram o desempenho da máquina em maior ou menor grau.¹⁰³

Christine MacLeod mostra que estas obras sobre Watt, mais tarde, serviram para generalizações infelizes. Em seu estudo, tanto a política, o comércio, a indústria e a ciência britânica tinham interesse em projetar Watt como um herói nacional. Muitos cientistas consideravam Watt uma pessoa representativa e adequada para pleitear a utilidade de ciência. Os líderes do movimento do Instituto da Mecânica o adotaram como um exemplo do poder da educação. Os liberais econômicos podiam celebrá-lo como o principal progenitor da prosperidade no comércio e na indústria, que deram à Inglaterra destacada posição econômica no mundo em sua missão ultramarina, e assim por diante.¹⁰⁴

Como afirma Dorinda Outram, uma tendência básica dos estudos sobre a fama e as caracterizações de figuras históricas é exagerar as circunstâncias históricas, assim como justificar e legitimar ações. A fama das muitas figuras da história da ciência tem significação científica, filosófica, ideológica. No caso de Watt essa fama tem significado ideológico. Mas durante sua própria vida e

¹⁰² C. MacLeod, *Heroes of Invention. Technology, Liberalism and British Identity, 1750–1914*, pp. 126.

¹⁰³ J. Farey, *Steam Engine*, p. 473.

¹⁰⁴ C. MacLeod, *Heroes of Invention. Technology, Liberalism and British Identity, 1750–1914*, pp. 125–126.

novamente nos meados do século XIX, Watt era descrito como de uma importância comercial considerável.¹⁰⁵

James Watt Jr. nomeou James Patrick Muirhead como seu testamenteiro literário. De acordo com D. P. Miller, este legado teve implicações significativas para a compreensão da vida e obra de James Watt. Muirhead traduziu, editou e criou vários trabalhos importantes sobre a vida de Watt. Fez a tradução, do francês para o inglês, em 1839, do *elogio* de Watt, escrito pelo cientista francês François Arago, com uma narração detalhada da história da máquina a vapor e das invenções mecânicas de Watt (1854), e, além disso, produziu outro trabalho sobre a biografia do inventor (1858).¹⁰⁶

Até sua morte, Watt Jr. confiou a Muirhead o trabalho como parte de um projeto para “fazer justiça” à memória do pai e amigo. James Watt Jr. começou a documentar a vida e as realizações do pai, publicando sobre ele em 1834. Para divulgar essas publicações, trocou cartas e documentos de sua coleção com informantes, editores, livreiros, revisores e recebedores das cópias de apresentação. Gradativamente Muirhead assumiu publicamente o papel de maior destaque como tradutor do *elogio* de Watt, feito por Arago em 1839. As várias notas detalhadas e acrescidas na tradução foram resultado de uma colaboração entre Muirhead e Watt Jr., que em suas correspondências se estimularam mutuamente. Segundo D. P. Miller, a intenção de ambos também foi exibir a profunda erudição que os promotores e defensores da fama de James Watt trouxeram para seus trabalhos.¹⁰⁷

Também em Arago, quando ele faz referência à história do desenvolvimento da máquina a vapor, existe a tendência de apresentar James Watt com o principal inventor da máquina, citando algumas personalidades e excluindo outras que tiveram participação nesse processo. Por isso Arago é criticado por Reid¹⁰⁸, que afirma que esse biógrafo se refere aos escritores da Inglaterra como “aqueles que parecem dar a impressão de ter sido os ingleses que removeram cada nome francês desse importante capítulo da história da

¹⁰⁵ D. Outram, *The language of natural power: The Eloges of Georges Cuvier and the public language of nineteenth-century science*, pp. 153–178.

¹⁰⁶ D. P. Miller, *Discovering Water: James Watt, Henry Cavendish and the Nineteenth-Century ‘Water Controversy’* pp. 83 -104.

¹⁰⁷ *Ibid.*, pp. 83 -104.

¹⁰⁸ H. Reid; *Remarks on Certain Statements Regarding the Invention of the Steam-Engine*, in M. Arago, *Historical Elogie of James Watt*, p. 29.

ciência". Com isso, se poderia acreditar que na França, onde historiadores ingleses da máquina a vapor não são muito conhecidos, criou-se um preconceito contra o trabalho de historiadores ingleses. Então, na história do desenvolvimento da máquina a vapor, são suprimidas as contribuições de De Caus e de outros. Mas os autores ingleses não só tinham mencionado De Caus, como também afirmaram que este engenheiro deixou um relato sobre a máquina a vapor e os desenhos de suas máquinas.

Para aqueles que ajudaram a levantar o monumento em homenagem a Watt na Capela de St. Paul na Abadia de Westminster, o inventor era detentor de uma mente especial. A inscrição no monumento, de autoria do escocês Henry Brougham, grande defensor de James Watt, apresenta-o como um ícone da civilização industrial deste modo:

NOT TO PERPETUATE A NAME
WHICH MUST ENDURE WHILE THE PEACEFUL ARTS FLOURISH
BUT TO SHEW
THAT MANKIND HAVE LEARNT TO HONOUR THOSE
WHO BEST DESERVE THEIR GRATITUDE
THE KING
HIS MINISTERS AND MANY OF THE NOBLES
AND COMMONERS OF THE REALM
RAISED THIS MONUMENT TO
JAMES WATT
WHO DIRECTING THE FORCE OF AN ORIGINAL GENIUS
EARLY EXERCISED IN PHILOSOPHIC RESEARCH
TO THE IMPROVEMENT OF
THE STEAM ENGINE
ENLARGED THE RESOURCES OF HIS COUNTRY
INCREASED THE POWER OF MAN
AND ROSE TO AN EMINENT PLACE
AMONG THE MOST ILLUSTRIOS FOLLOWERS OF SCIENCE
AND THE REAL BENEFACTORS OF THE WORLD
BORN AT GREENOCK MDCCXXXVI

DIED AT HEATHFIELD IN STAFFORDSHIRE MDCCCXIX.¹⁰⁹

Não para perpetuar um nome
O qual deve permanecer enquanto as artes pacíficas florescerem
Mas para mostrar
Que a humanidade aprendeu a honrar aqueles
Que melhor merecem sua gratidão
O monarca
Seus ministros e muitos dos nobres
E pessoas do povo do Reino
Ergueram este monumento para
James Watt
Que conduzindo a força de um gênio original
Cedo exerceu em pesquisa filosófica
Para o aperfeiçoamento da
Máquina a vapor
Ampliou os recursos de seu país
Estendeu o poder do homem
E o elevou a um lugar de destaque
Entre os seguidores mais ilustres da ciência
E os reais benfeiteiros do mundo
Nasceu em Greenock em 1736
Morreu em Heathfield em Staffordshire em 1819

O monumento foi erguido em local público e inaugurado em um encontro presidido pelo primeiro-ministro. Na ocasião, reuniram-se os estadistas mais ilustres, homens de ciência, de letras, e de arte. Lord Brougham afirmou então sobre Watt: “Ele foi considerado um dos honrosos chefes da minha vida, fui chamado para redigir a inscrição sobre o nobre monumento, desse modo majestosamente erguido”.¹¹⁰

¹⁰⁹, Lord Henry Brougham, *Lives of men of letters and science, who flourished in the time of George III.* pp. 386–387. Posteriormente, S. Smiles, *Lives of Boulton and Watt*, p. 507, in E. Robinson; *James Watt, Engineer and Man of Science*, p. 230.

¹¹⁰ S. Smiles, *Lives of Boulton and Watt*, p. 508.

O livro de George Williamson, presidente do fã-clube de Watt de Greenock, local de nascimento do inventor, traz a linhagem e fala do início de vida, da educação e do desenvolvimento do gênio James Watt; foi publicado em 1861.

Williamson enfatiza a união da teoria e a prática de Watt. Na linhagem de seus antepassados encontram-se exemplos de pessoas teóricas e práticas. A juventude de Watt também é repleta de exemplos desta união peculiar. No trabalho de Williamson, há um enfoque em atribuir uma mente brilhante para o inventor da máquina a vapor. No último capítulo, afirma que deveria ser escrito um outro *elegy* a Watt, cujo ponto de partida devia ser a análise do homem e sua mente e seus trabalhos intelectuais em lugar de seus trabalhos e criações maravilhosas.¹¹¹

Segundo Williamson, Watt teve uma “mente e majestosa, da qual esses prodígios eram emanações”. Ele fala ainda que essa característica foi personificada e imortalizada em uma escultura de Francis Chantrey, em que Watt é representado como pensador.¹¹² (Figura 2)¹¹³.

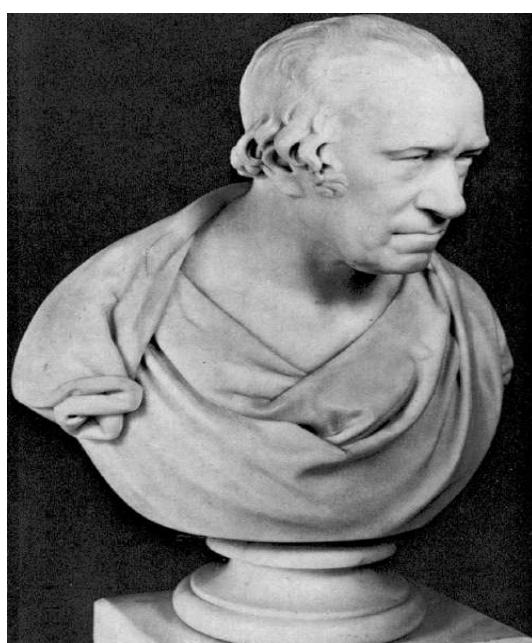


figura 2 busto de Watt 1

¹¹¹ G. Williamson, *Memorials of the lineage, early life, education and development of the genius of James Watt*, p. 242.

¹¹² *Ibid.*, p. 242.

¹¹³ Busto em mármore de James Watt, feito por Frances Chantrey de posse da Royal Society.

E Williamson prossegue: “Nós colocamos a representação das características de Watt agora em formas familiares e percebida como na presença da incorporação do gênio e da especulação de altas abstrações: a cabeça volumosa, curvada pelo anos de estudos, com sobrancelha larga, cheia e elevada, mostrando imaginação e benevolência, as têmporas sensivelmente deprimidas, como na habitual tensão do pensamento, o olho suavemente obscurecido, dando a impressão de comunicar e conversar com o mundo exterior sob a influência da profundidade da alma”.¹¹⁴

Contudo, Samuel Smiles afirma que Watt teve sorte no seu honroso monumento. Para ele, o epítáfio escrito por Lord Brougham na gigantesca estátua na abadia de Westminster é a mais fina inscrição lapidária em língua inglesa e ali todas as palavras são apresentadas para parecer verdadeiras.¹¹⁵

A biografia escrita por Samuel Smiles faz uma avaliação mais realista. Na verdade Smiles revisa do trabalho de Muirhead apresentado no *Quarterly Review* de julho de 1858¹¹⁶, sendo esta uma biografia mais modesta e “natural de Watt”.

Smiles ainda fala das qualidades individuais heróicas de Watt e de seu temperamento filosófico, mas de um modo que talvez reduza a distância entre Watt e os outros inventores. Em vários aspectos, esta revisão tentou corrigir a tendência presente em Muirhead de atribuir a Watt todas as coisas movidas por vapor, em particular o crédito concedido a ele pela invenção da locomotiva a vapor de George Stephenson¹¹⁷. A versão também reconheceu, mas rejeitou

¹¹⁴ G. Williamson, *Memorials of the lineage, early life, education and development of the genius of James Watt*, pp. 242-243.

¹¹⁵ S. Smiles. *Lives of Boulton and Watt*. Prefácio, p.v.

¹¹⁶ *Ibid.*, Prefácio, p. v.

¹¹⁷ George Stephenson, em 1814, com a ajuda de Lorde Ravensworth, um dos proprietários de uma mina, ele construiu sua primeira locomotiva: pesava 6 toneladas, e era capaz de puxar trinta vagões carregados de carvão à velocidade de 6,5 quilometros por hora. Muito pequena e imperfeita, essa máquina possuía dois cilindros verticais e uma caldeira provida de ebulidores, através dos quais passavam gases que aqueciam a água. As bielas motrizes atuavam sobre duas árvore dotadas de engrenagens e manivelas que formavam ângulos retos entre si. Esse sistema de transmissão, além de pouco funcional, tornava o veículo excessivamente barulhento. George percebeu que a locomotiva apresentaria melhor desempenho se a tração fosse comunicada a todas as suas rodas. Construiu então uma nova máquina, na qual o movimento era transmitido diretamente às rodas que ficavam ligadas entre si através de uma corrente. Nascia, assim, a locomotiva a vapor. (Enciclopédia Ciência Ilustrada , vol 9, São Paulo, Editora Abril S.A., 1972, p. 3749).

as disputas sobre invenção; descreveu como absurda a reivindicação de que Watt inventou a máquina a vapor e enfatizou o processo de aperfeiçoamento contínuo.

É provável que essas diversas biografias tornaram-se um embaraço aos defensores do sistema de patentes. Um exemplo disso é a versão de Muirhead, que reivindica para Watt a invenção do “grande navio a vapor”. Smiles enfatizou continuamente as qualidades de Watt, como as de perseverança e modéstia. Isto está relacionado com as combinações mente brilhante e filosófica e artesão e mestre paciente atribuídas a Watt.

Mas Smiles atenua a ênfase na mente brilhante de Watt ao falar da relação entre o inventor e seu sócio de negócios Matthew Boulton.

Na primeira visita de Watt a Soho, Boulton reconheceu-o não só como “um homem original, de gênio inventivo, mas um trabalhador, de intenção séria, e além disso, um homem excessivamente modesto; não dado a envaidecer-se, mas, pelo contrário, bastante disposto a menosprezar o mérito por suas invenções”.¹¹⁸

Encontramos estas características quando Smiles afirma que no ano de 1759 John Robison, então aluno da Universidade de Glasgow, foi o primeiro a chamar a atenção do amigo James Watt para o objetivo da máquina a vapor. Ele sabia que máquinas a vapor estavam sendo usadas em minas de carvão e em bombas de água e, portanto, por que não pensar em novas formas possíveis de melhorar a utilização do vapor? Robison tinha 20 anos, e Watt, 33 anos. A idéia de Robison era de que a força do vapor poderia ser proveitosamente aplicada para fazer o movimento das rodas nas carruagens. Ele sugeriu que seria mais conveniente colocar o cilindro com o lado aberto para baixo, no intuito de evitar a necessidade de utilizar uma viga que funcionasse por meio de uma barra. Watt admite para Robison que ele era muito ignorante em relação a máquina a vapor na época; entretanto, começou a fabricar um modelo com dois cilindros de folha de estanho, entendendo que os pistões e seus movimentos de convecção poderiam atuar alternadamente, com os dois pistões fixados no eixo da roda da carruagem. Mas o modelo foi abandonado, porque, segundo Smiles, era fraco, insignificante, de pouca

¹¹⁸ S. Smiles. *Lives of Boulton and Watt*, p.200.

importância e errôneo, não correspondendo às expectativas. Outra dificuldade apresentada foi que o esquema fora colocado de lado quando Robison deixara Glasgow para ir trabalhar no mar. A idéia de Robison, contudo, parece ter ficado martelando silenciosamente na cabeça de seu amigo, que desenvolveu dia a dia, vagarosa e minuciosamente, a idéia de utilizar o vapor de forma prática.¹¹⁹

A vida de Watt

Alguns admiradores de Watt, como M. Arago insistem numa história sobre como a máquina a vapor teria surgido. Dão ainda ênfase a dados sobre a infância do inventor, como ao caso de sua observação da chaleira, como veremos adiante. Vejamos como esse autor retrata o objeto desse estudo:,Neto de um professor de matemática e filho de um comerciante de instrumentos náuticos de Greenock, James Watt nasceu em 19 de janeiro de 1736. Na sua infância é descrito como uma criança extremamente delicada. A mãe, cujo nome de família era Muirhead, foi sua primeira instrutora em leitura e o seu pai instrutor de matemática e escrita. Ele também freqüentou a escola pública de Greenock. Watt era tão delicado que seus parentes não se aventuravam em lhe impor nenhuma forma de tarefas severas e ele não abusava dessas liberdades.¹²⁰

M. Arago continua a biografia dizendo que, quando concluiu a escolaridade básica, Watt trabalhou durante algum tempo na loja de seu pai. Em 1753 sua mãe morreu. Em junho do ano seguinte, então com dezessete anos, foi enviado a Glasgow para aprender a arte de um fabricante de instrumentos matemáticos. Esta foi sua escolha natural. Tratava-se de uma profissão aliada às de seu pai e seu avô; porém Watt demonstrou maior destreza mecânica. No entanto suas perspectivas não eram boas, pois não havia ninguém que podia ensinar-lhe. Ele passou um ano em Glasgow trabalhando em uma atividade não mecânica, que ele próprio chamou de

¹¹⁹Ibid., p. 118.

¹²⁰M. Arago, *Life of James Watt*, p.12.

"oftalmologista", até que atraiu a atenção do dr. Dick, que tinha sido professor de Filosofia Natural de seu pai na Universidade de Glasgow.¹²¹

Dick percebeu o talento de Watt e aconselhou-o a ir para Londres a fim de ter uma melhor formação. Watt conseguiu permissão do pai numa época em que entre Londres e Glasgow havia um longo caminho a ser percorrido a cavalo. Os custos da mudança eram altos, e Watt recebeu exíguos subsídios do pai. Apesar de todas as dificuldades, em 7 de junho de 1755, Watt viajou para Londres, levando uma carta de recomendação do dr. Dick para ser apresentado a um fabricante de instrumentos matemáticos.¹²²

Watt levou doze dias até chegar em Londres. A cidade mantinha antigos costumes e privilégios, entre os quais manter todas as relações comerciais nas mãos dos nativos. Qualquer estrangeiro era proibido de se estabelecer dentro dos muros da cidade para ganhar a vida. Além disso, descobriu uma regra, instituída em grande parte da cidade, segundo a qual o aprendizado duraria sete anos. Por isso teve dificuldade de encontrar quem o aceitasse para desenvolver seus estudos no curto tempo de um ano, como era seu desejo. Isto foi finalmente acertado com John Morgan, um fabricante de instrumentos matemáticos, que lhe daria instrução por um ano ao preço de vinte guinés.¹²³

Quando se mudou para Glasgow, em 1757, Watt enfrentou as mesmas dificuldades que ele tinha encontrado em Londres.

Ainda nos trabalhos sobre Watt escritos no século XX são enfatizados estes aspectos, pois, segundo R. L. Hills, em Glasgow, assim como em Londres, Watt também foi visto como um perigoso estrangeiro, porque ele não tinha humildade para estudar a arte na loja de um mestre, mas tinha a intenção de criar uma loja para si próprio. No universo de ferramentas e instrumentos, um jovem aprendiz, como James Watt, poderia aprender a fabricar instrumentos de precisão, globos, letras para faces de relógios, quadrantes e vários instrumentos científicos.¹²⁴ Essas informações sobre os instrumentos científicos são recorrentes, pois a ligação de Watt com essas atividades é que o levou para a Universidade de Glasgow.

¹²¹ *Ibid.*, p.32

¹²² *Ibid.*, 32-33

¹²³ *Ibid.*, pp.34-36.

¹²⁴ R. L. Hills, *James Watt, Mechanical Engineer*, pp. 59 – 79.

J. P. Muirhead conta que Watt abriu uma loja onde fabricaria e venderia instrumentos científicos, mas não recebeu permissão para trabalhar no interior da cidade de maneira independente. Watt foi salvo quando, um mês depois de sua chegada à cidade recebeu de presente instrumentos astronômicos de um rico e excêntrico comerciante, Alexandre Macfarlane, residente na Jamaica. As aulas de Astronomia Física haviam acabado de começar, e o transporte marítimo havia deixado esses delicados instrumentos, que precisavam ser revistos por um especialista, fora das oficinas. O dr. Dick, a quem o material foi confiado, recorreu a seu jovem amigo, Watt, e pediu-lhe para realizar o trabalho. Encantado com a oportunidade de provar seu talento, em breve Watt colocou toda a coleção em perfeitas condições. Por este serviço, a universidade pagou-lhe a quantia de cinco libras. Na universidade, Watt teve amparo e ganhou uma sala.¹²⁵

As características da cidade de Glasgow são destacadas por S. Smiles em seu trabalho de 1859 como uma cidade que no início do século XVIII era um pequeno porto na margem norte do rio Clyde e possuía entre dez e quinze mil habitantes. Quando Watt visitou Defoe, em 1724, ele definiu Glasgow como uma "cidade de negócios", por ser a única cidade da Escócia que tinha desenvolvido simultaneamente um comércio externo e interno. A crescente prosperidade da cidade era baseada no comércio com as colônias no Novo Mundo.¹²⁶

No último quarto de século, a face da cidade de Glasgow foi alterada. Quando Watt chegou, esta transformação não tinha começado. A cidade, orgulhosa de sua riqueza, preparava-se para lançar-se na tarefa de ganhar o respeito e a admiração do mundo moderno. Sua universidade estava no auge da fama. O impulso dado ao estudo de ciências pela Royal Society de Londres inspirou um grupo de homens da universidade na criação de um curso para o estudo de ciências.¹²⁷

Segundo J. P. Muirhead, Watt normalmente não é lembrado como químico, embora alguns autores atribuam a ele um profundo conhecimento na área. Robison, por exemplo, em seu livro sobre as conferências de Black

¹²⁵ J. P. Muirhead, *The Life of Watt*, pp. 41-42.

¹²⁶ S. Smiles, *Lives of Bolton and Watt*, p.97.

¹²⁷ *Ibid.*, p.98.

afirma que Watt era “profundamente versado em ciências químicas”. Muirhead conta que Black e Watt se correspondiam regularmente e discutiam idéias químicas.¹²⁸

Watt e o calor latente

O enfoque chave de tais discussões era relativo às melhorias na máquina a vapor de Watt. O assunto da discussão era se a invenção de Watt do condensador separado representava um resultado direto de seu conhecimento ou da aplicação da teoria de Joseph Black sobre o calor latente.

A relação entre o autor do conceito de calor latente e o inventor do condensador separado poderia ser tomada como ilustrativa da afinidade entre prática e teoria e da dependência entre a mecânica de Watt e a teoria de Black. A afirmação de que Black inspirou o processo de experimentação de Watt e que isso teria melhorado a máquina a vapor seria um tributo notável para Black.

Segundo Robinson, em seu texto de 1822, assim reproduz o que disse Watt a esse respeito:

Embora a teoria do dr. Black sobre o calor latente não tenha produzido melhorias na máquina a vapor, o conhecimento sobre vários assuntos que ele me comunicava e sobre os modos corretos de fazer experiências e das quais ele me deixava participar certamente contribuiu muito para facilitar o progresso das minhas invenções [...] entretanto eu sempre senti e reconheci minhas obrigações para com ele em razão das informações que recebi em nossas conversas, particularmente as relativas ao conhecimento da doutrina do calor latente [...] eu jamais considerei minhas melhorias como originadas daquelas conversas [...] Mas esta teoria, embora útil para a determinação da quantidade da água evaporada pela caldeira e usada pelo cilindro, era conhecida e não levou aos aperfeiçoamentos que fiz depois na máquina.¹²⁹

Com base nestas e em outras evidências, alguns historiadores construíram o argumento de que as melhorias de Watt na máquina a vapor

¹²⁸ J. P. Muirhead, *The Life of James Watt*, pp 308-309.

¹²⁹ J. Watt, in J. Robinson, *A system of Mechanical Philosophy*, vol. 2. p. ix.

foram baseadas em pesquisas científicas e de que a forma de trabalho utilizada pelo inventor era útil para o ambiente científico. É nesse sentido que Watt pode ser considerado um inventor filósofo.

Alguns historiadores contam que este assunto tratado por John Robison implicou na idéia de que Watt se apoiava na doutrina de Black. Aos historiadores que incluem Watt na categoria de inventor filósofo faltaria uma visão abrangente. Eles têm sido contestados pela própria declaração de Watt sobre o assunto. Watt foi, inclusive, induzido a escrever uma carta para David Brewster, em 1814, em que ele expressamente negava ter aplicado a descoberta de Black para o calor latente.¹³⁰

Além disso, Watt registrou em seu Caderno de Experimentos do Vapor que tinha mais interesse no calor latente de condensação do vapor do que no calor latente de vaporização da água e que essa propriedade do vapor era mais importante para seu invento do que a descoberta de Black para o calor latente.¹³¹

Em carta para Brewster, Watt negou que tenha sido pupilo de Black. Procurou também corrigir a impressão dada por J. Robinson e Black de que ele devia o aperfeiçoamento da máquina a vapor às instruções e informações recebidas de Black. Esta carta foi reproduzida na íntegra no volume 2 de *A System of Mechanical Philosophy*, de J. Robinson e em *The Life of James Watt*, de Muirhead. Apesar disso, alguns escritores subsequentes insistem em afirmar que há relação entre o condensador separado e a descoberta de Black do calor latente.¹³²

Exemplo de que esta questão ainda perdura no século XX é o fato de que Eric Robinson e Douglas MacKie, no livro *Partners in science: Letters of James Watt and Joseph Black*, de 1970, referem-se a Watt como dependente do descubrimiento de Black. Segundo eles, "Watt era consciente do significado

¹³⁰ Idem, "Notebook of Steam Experiments", in Eric Robinson citado por Douglas McKie (ed.), *Partners in science*, pp. 433-443.

¹³¹ E. Robinson, "James Watt, Engineer and man of science", *Notes and records of Royal Society of Londres*, p. 223.

¹³² J. Watt para David Brewster in J. Robinson, *A system of Mechanical Philosophy*, vol. 2. pp. iii-ix. Também in J. P. Muirhead, *The life of James Watt*, pp.494-451.

do calor latente para a solução do problema de salvar o calor perdido com o uso do velho método de esfriar o cilindro com água fria".¹³³

Como ressalta E. Robinson, alguns experimentos de Watt em calor latente mostram enganos não somente na aritmética, mas também na compreensão de processos físicos.¹³⁴ Essa observação baseia-se em uma declaração de David Brewster sobre as realizações de James Watt em matemática e na confirmação James Watt Jr. sobre a pouca prática matemática do pai. Educado pelo pai e pelo avô, Watt sempre defendeu o estudo de matemática, mas dava pouca atenção aos axiomas e nunca esteve ocupado com questões matemáticas que fossem abstratas e não levassem a resultados práticos imediatos.¹³⁵

Esses pontos, segundo E. Robinson, não são tentativas de mostrar que Watt tem deficiências para ser considerado um homem de ciência, mas sim evidenciar o mal-entendido que ainda prevalece sobre alguns dos trabalhos científicos que ele empreendeu e o significado de suas invenções.¹³⁶

O caso da chaleira

Em muitos livros, inclusive didáticos, os autores mencionam esse episódio como forma de ilustrar o grande interesse que Watt sempre teria tido em relação ao vapor. Será que a invenção da máquina a vapor teve mesmo relação com o vapor que saía do bico de uma chaleira e que erguia a tampa do utensílio quando a água fervia?

No livro de M. Arago de 1839, há a preocupação em valorizar a figura do personagem desde a infância e passar a idéia de que ele foi menino prodígio. O autor afirma que Watt possuía uma memória excelente e que a natureza o tinha dotado da faculdade da atenção, mas isso não o isolava de seus colegas de escola. Diz ainda que Watt nunca aprendera suas lições repetindo-as como um papagaio. Tinha necessidade de elaborar e fazer experiências que

¹³³ E. Robinson and D. McKie, *Partners in science: Letters of James Watt And Joseph Black*, pp. 488-489.

¹³⁴ E. Robinson, "James Watt, Engineer and man of science", *Notes and records of Royal Society of Londres.* pp. 223- 224.

¹³⁵ D. P. Miller, *Discovering Water: James Watt, Henry Cavendish and the Nineteenth-Century 'Water Controversy'*, pp. 129-168.

¹³⁶ E. Robinson, "James Watt, engineer and man of science", *Notes and records of Royal Society of Londres.*, p. 223.

prendessem a sua atenção.¹³⁷ Para confirmar esse comportamento genial de Watt, Arago cita a fala de uma tia de Watt, irmã da mãe dele. Por volta de 1750, numa tarde, em torno de uma mesa de chá, a tia disse: “James, eu nunca vi um menino num jeito tão ocioso assim! Na última hora você não falou nenhuma palavra, não tira o olho da chaleira, tira a tampa da chaleira e coloca-a novamente, vez ou outra segura uma taça ou uma colher acima do vapor que que sai do bico da chaleira e pega as incontáveis gotas de água formadas pela condensação do vapor. Tenha vergonha e deixe de gastar seu tempo dessa maneira!” Isso faz supor que Watt tenha se ocupado ativamente em investigar a condensação do vapor desde criança.

A história de Watt e a chaleira foi uma entre muitas informações que James Watt Jr. transferiu a Arago quando este visitou a Inglaterra em 1834 para um encontro na British Association for the Advancement of Science em Edinburgh. O principal objetivo de Arago nessa viagem era coletar material para o *elogie* de James Watt que seria entregue na *Academie des Sciences* no final daquele ano. Foi desta forma que começou a série de correspondências e encontros entre Arago e James Watt Jr.¹³⁸

No trabalho de Eric Robinson¹³⁹ o episódio da chaleira é considerado o centro da construção do mito em torno de Watt; uma vez que faz parte de registros manuscritos. Quem colocou esta história em circulação foi James Watt Jr., que considerava este episódio como autêntico e testemunho da verdadeira natureza de seu pai.

Provavelmente Watt Jr. viu essa história não como uma ilustração de idéias sobre a força do vapor, mas como uma situação de contemplação da natureza do vapor por seu pai. Watt Jr. de fato considera que a investigação do pai em torno das propriedades do vapor originou-se da descoberta de fatos relacionados ao calor latente feitas pelo pai ainda na infância.

Para Thomas H. Marshall, a veracidade ou não desta história é um assunto irrelevante. Mesmo que ela fosse verdadeira, supor que a chaleira inspirou Watt na sua grande invenção seria um erro. Em primeiro lugar, a pesquisa sobre a natureza do vapor que levou o seu trabalho não começara

¹³⁷ M. Arago, *Historical Eloge of James Watt*, p. 6.

¹³⁸ D. P. Miller, “True Myths: James Watt’s Kettle, his Condenser, and his chemistry”, *Science History Publications Ltda*, p. 10.

¹³⁹ E. Robinson e A. E. Musson, *James Watt and the Steam Revolution*, pp. 22-23.

até pelo menos dez anos após a data daquele episódio. Em segundo lugar, os principais princípios que regem a utilização do vapor como força já eram conhecidos e não estavam aguardando descoberta por um “gênio” ainda em início de vida. Motores a vapor de algum modo fizeram uma longa caminhada até chegar ao mundo industrial. As melhorias propostas por Watt são baseadas em medições precisas e detalhadas. Invenções não são coisa de criança. São o resultado de trabalho árduo e lúcido, embora também resultem normalmente de uma dose de inspiração.¹⁴⁰

O engrandecimento de James Watt é feito por Arago ao comparar nosso personagem com Isaac Newton. Ao ser perguntado sobre como descobriu o princípio da gravidade, o físico teria respondido: “Por estar sempre pensando nela”. A exemplo de Newton, Watt talvez também tenha passado grande parte de seu tempo refletindo sobre o que mais lhe interessava – o vapor. E essa dedicação, segundo Arago, é o verdadeiro segredo dos homens geniais.¹⁴¹

¹⁴⁰ T. H. Marshall, *James Watt*, capítulo 2.

¹⁴¹ M. Arago, *Life of James Watt*, p. 14.

CONCLUSÃO

A máquina a vapor foi fruto de uma série de aperfeiçoamentos das bombas hidráulicas usadas nas minas de carvão. Após sua produção em larga escala, percebemos o impacto desta máquina na produção da indústria inglesa e européia. Com o motor a vapor, foi possível alcançar uma considerável melhoria e economia no consumo de carvão, tornando as indústrias menos dependentes da energia hidráulica para obtenção de energia.

Um sinal desta mudança de paradigma foi a nova geografia de instalação dos parques industriais na Inglaterra: se antes as fábricas estavam próximas de cursos de rios, depois passaram a ocupar terrenos ricos em reservas de carvão.

Watt começa sua carreira como fabricante de instrumentos científicos, inventando máquinas observadoras de perspectiva, novos quadrantes e micrômetros, separando parafusos e medindo dispositivos que posteriormente seriam aplicados em sua máquina a vapor.¹⁴²

Foi como "fabricante de instrumentos matemáticos" que Watt conseguiu ser admitido na Universidade de Glasgow em 1757. O material pesquisado indica que suas habilidades tenham sido rapidamente reconhecidas, uma vez que ele passou a ser tratado pelos professores e estudantes como um amigo e colega e não como um empregado braçal. Seus primeiros passos foram facilitados pelo fato de que ele já era conhecido pessoalmente de alguns funcionários da Universidade.

Segundo o próprio Watt, a máquina a vapor levada a ele para reparos tinha uma escala reduzida e se tratava de um instrumento de laboratório. Ele analisou-a e estudou os processos físicos que a envolviam. Neste processo, executou experiências

¹⁴² E. Robinson, *James Watt, Engineer and Man of Science*, p. 230.

independentes, como aquelas que o levaram a considerar o calor latente de vapor e, ainda, a relação entre pressão e temperatura de ebulação e volume do vapor.¹⁴³

O argumento geral que justifica o avanço de suas descobertas é a existência de um “ambiente científico” propício devido não apenas às sociedades filosóficas, mas às instituições educacionais e bibliotecas e ao contato com oradores populares. Apesar da convenção para reconhecer como “científico” o saber produzido com métodos científicos, deve-se observar que, de fato, um “ambiente tecnológico” estimulava o avanço científico até o ponto em que um e outro se casaram.¹⁴⁴

Mas se a invenção de Watt não surgiu diretamente de uma única descoberta de Black, tampouco isto pode ser isolado do ambiente científico em que ele estava imerso. Por isso podemos dizer que as melhorias feitas na máquina a vapor foram favorecidas pelo meio em que seu inventor se encontrava.

Parte da reputação e da fama de Watt foram construídas a partir da comunidade local, que incorporou o inventor na Academia pela Universidade de Glasgow. Esta instituição não hesitou em enaltecer-lo como um exemplo direto dos vínculos entre universidade e ciência, invenção e riqueza. Por ela, Watt foi apresentado publicamente como um herói local e de nenhuma maneira como uma figura equívoca ou complexa.

De fato, as falhas e fracassos de Watt foram poucos em comparação com suas virtudes e sucessos. Este é o legado de sua imagem para seus contemporâneos. Sua fama se espalhou rapidamente entre os cientistas e filósofos em todos os países.

Eleito membro da prestigiada Royal Society em 1785 e, ainda, da *Royal Society of Edinburgh e da Batavian Society*, Watt foi homenageado ainda em vida. A Universidade de Glasgow homenageou-o com o grau de Doutor em 1806. Dois anos mais tarde, o *Institute de France* fez dele um membro correspondente e, em 1814, ele recebeu o mais alto tributo da instituição ao ser escolhido como um dos oito *Associés Etrangers da Académie des Sciences*.

Gradualmente, Watt foi acolhido como um gênio pela sociedade inglesa. Por seus trabalhos, o governo lhe ofereceu o título de baronete, recusado polidamente por ele.¹⁴⁵

É interessante destacar que o próprio Watt encorajou seus amigos na construção de sua imagem como um inventor filósofo. Isto tinha importância comercial para

¹⁴³ J. Watt suas notas em J. Robison e citado por J. P. Muirhead, p. 75.

¹⁴⁴ A.E. Musson e Eric Robinson, *Science and Technology in the Industrial Revolution*, p. 72.

¹⁴⁵ S. Smiles, *Lives of Boulton and Watt*, p. 508.

sustentar a posição de Watt em suas lutas sobre os direitos de patente. Ser tratado como “filósofo” permitiria que ele fosse levado a uma tribuna como alguém desinteressado em obter lucros comerciais. Qualidades morais que o caracterizavam como filósofo colaboravam o “blindavam” contra acusações de práticas comerciais injustas feitas por seus oponentes. Posteriormente, esta fama se manteve em razão da idolatria de James Watt Jr. pelo pai.

Podemos concluir que Watt introduziu uma nova era para a máquina a vapor ao fazê-la funcionar de forma mais eficaz. Ele soube aliar um “cérebro mecânico” a mãos hábeis: suas invenções são numerosas. Estava tanto interessado em ciência pura como em tecnologia. Para ele, ciência e prática passaram a ter uma relação mais próxima. Entretanto, Watt jamais reivindicou que suas invenções fossem baseadas em teorias científicas, mesmo porque a época das “ciências aplicadas” ainda estava distante.

Percebemos que historiadores e cientistas destacaram e enfatizaram o papel e a importância de James Watt na criação e concepção das melhorias na máquina a vapor devido, em grande parte, ao seu domínio da experimentação científica aliado ao seu espírito empreendedor e pragmatismo.

Um dos resultados desta investigação foi apontar algumas implicações por trás da bibliografia relacionada a Watt. A começar pelos registros de amigos e escritores contemporâneos a ele, percebemos que Watt não é descrito como mero personagem de interesse acadêmico, mas sim como ícone de uma geração de cientistas do século XIX. Esta fama e enaltecimento prevaleceram nos registros divulgados a partir de então. No entanto, para compreender outras dimensões da construção da historiografia e da biografia de James Watt, esta pesquisa mereceria continuação.

BIBLIOGRAFIA

AMSTERDAMSKI, S. *Ciência, in Enclopédia Einaudi.* Lisboa, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1996. (Vol. 33).

ARAGO, D. F. J. & M. ARAGO, *Historical Eloge of James Watt*, London, James Patrick Muirhead, 1839

ARAGO, M. *Historical Eloge of James Watt.* Edinburgh, James Patrick Muirhead, 1839.

_____ Life of James Watt. Edinburgh/ London, Adan & Charles Black/ Longman, Orme, Brown, Green & Longmans, 1839.

BERNAL, J. D. *Ciencia e industria en el siglo XIX.* Barcelona, Ediciones Martínez Roca, 1973.

_____ *Science in History: The Scientific and Industrial Revolutions.* 3^aed., Cambridge, M.I.T. Press, 1969.

BRITO, S. S. “Geração Termo e Hidrelétrica”. In: ROVERE, E. L.; ROSA, L. P.; RODRIGUES, A. P. org. *Economia e Tecnologia da Energia.* Rio de Janeiro: Ed. Marco Zero/FINEP, 1985.

CARDWELL D. S. L. *Turning Points in Western Technology.* Nova York, Science History Publications, 1972

_____ Some Factors in the Early Development of the Concepts of Power, Work and Energy. *The British Journal for the History of Science*, 3 (3, Jun., 1967): 209-224.

CARNEGIE, A. *James Watt*, 1905. www.history.rochester.edu/steam/carnegie/, 12 de dez. 2007.

DICKINSON, H. W. *A Short History of the Steam Engine*. Great Britain, Cambridge University Press, 1939.

_____ *James Watt: Craftsman and Engineer*. Great Britain, Cambridge University Press, 1925.

FAREY, J. *A treatise on the steam engine: Historical, practical and descriptive*. Londres, Longman, Rees, Orme, Brown, and Green, 1827.

FLEMING, D. "Latent Heat and the Invention of the Watt Engine", *Isis*, 43 (1, Abr., 1952): 3-5.

FORBES, R. J. *A energia até 1850. In A invenção da Máquina a Vapor*. Tradução de E. R. R. Costa. São Paulo. FAUUSP, 1976.

HENDERSON, W.O. *A Revolução Industrial 1780-1914*. Trad. Maria Ondina. Lisboa. Editora Verbo, 1969.

HENRY, B. lord. *Lives of men of letters and science, who flourished in the time of George III*. Harrison and Co., printers. Londres, 1845.

HESSEM, B. As *raízes sócio-econômicas dos Principia de Newton* in Gama, R. org. *Ciência e Técnica (antologia de textos Históricos)*. São Paulo. T. A. Queiroz, Editor, Ltda, 1993.

HILIS, R. L. *Power from Steam. A History of the Stationary Steam Engine*. Cambridge. Cambridge University Press. 1989.

_____ "James Watt, Mechanical Engineer". *History of Technology*, 18 (1996): 59-79.

HOBSBAWM, E. J. *A Era das Revoluções*. trad. Maria Tereza Lopes Teixeira e Marcos Penchel. 18^a ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro,. 2004.

HUBERMAN, L. *História da Riqueza do Homem*. 4^a ed. Trad. De Dutra, W. Rio de Janeiro, Zahar editors, 1969.

JACOB, M. C. *The cultural meaning of the scientific revolution*. Nova York, Knopf, 1988.

_____ *Scientific Culture and the making of the industrial west*. Nova York, Oxford University Press. 1997.

JONES, R. V. "The 'Plam Story' of James Watt: The Wilkins Lecture 1969" *Notes and Records of the Royal Society of London*, 24 (2, Abr. 1970): 194-220.

KERKER, M. Science and the Steam Engine. *Technology and Culture*, 2 (4, 1961): 381-390.

KUHN, T. S. As *relações entre a história e a história da ciência*. In *A tensão essencial*. Lisboa, Edições 70, 1977.

_____ *Tradição matemática versus tradição experimental no desenvolvimento da ciência física.* in *A tensão essencial.* Lisboa, Edições 70, 1977.

_____ “The caloric Theory of Adiabatic Compression”. *Isis*, 49 (1958): 132-40.

LANDES, D. S. *Prometeu desacorrentado: Transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, desde 1750 até a nossa época.* Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

MACLEOD, C. *Heroes of Invention. Technology, Liberalism and British Identity, 1750–1914.* Cambridge, Cambridge University Press, 2007.

MAGALHÃES, G. *Energia e Tecnologia.* In: VARGAS, Milton, org. *História da técnica e da tecnologia no Brasil.* São Paulo: Unesp, 1994.

_____ *Força e luz: eletricidade e modernização na República Velha.* São Paulo, Edusp, 2000.

MARSHALL, T. H. *James Watt*, 1925.

www.history.rochester.edu/steam/marshall/ 12 de dez. 2007.

MILLER, D. P. *Dicovering Water: James Watt, Henry Cavendish and the Nineteenth-Century ‘Water Controversy’.* Astigate Publishing. Asatigate, 2004.

_____ “True Myths: James Watt’s Kettle, his Condenser, and his chemistry”. Science History Publications Ltda. 2004.

MORTON. A. Q. "Concepts of Power: Natural Philosophy and the Uses of Machines in Mid-Eighteenth-Century London". *The British Journal for the History of Science*, 28 (1, mar. 1995):63-78.

MUIRHEAD, J. P. *Correspondence of the Late James Watt on His Discovery of the Theory of the composition of water with a letter from his son*. London/ Edinburgh, John Murry/ Willian Blackwood and sons. 1846.

MUIRHEAD, J. P. *The Life of James Watt: With Selections from His Correspondence*. London, John Murray 1858.

MUMFORD, L. *Técnica y civilización* (Tradução espanhola de Aznar de Acevedo). Madrid, Alianza Universidad, 1982.

MUSSON, A. E. & E. ROBINSON. *Science and Technology in the Industrial Revolution*. Manchester. University of Manchester Press, 1969.

"The Origins of Engineering in Lancashire". *The Journal of Economic History*, 20 (2, Jun. 1960): 209-233,

MUSSON, A. E. "Reviewed Work: Robinson, E. and D. McKie: Partners in Science. James Watt and Joseph Black", *The English Historical Review*, 86 (340, Jul. 1971): 593-595.

NUVOLARI, A & G. VERBONG. "The Development of Steam Power Technology: Cornwall and the Compound Engine, An Evolutionary Interpretation". Conference "The Future of Innovation Studies" 'Eindhoven Centre for Innovation Studies (ECIS). Eindhoven. 2001.
http://fp.tm.tue.nl/ecis/papers/i_1_1.pdf, 21 de ago. 2007.

NUVOLARI A. "Collective Invention during the British Industrial Revolution: The Case of the Cornish Pumping Engine". *DRUID Winter Conference*,

Copenhagen, 2001. http://www.druid.dk/uploads/tx_picturedb/dw2001-408.pdf. 21 de ago. 2007.

OLIOSI, E. C. *Joseph Priestley: Uma seleção de experimentos que revelam a presença do flogístico*. Dissertação de mestrado. São Paulo. PUC, 2004.

OUTRAM, D. "The language of natural power: The Eloges of Georges Cuvier and the Public Language of Nineteenth-Century Science", *History of Science*, 16 (1978):153-178

PAPINEAU, D. "The vis viva controversy: Do Meanings Matter?" *Studies in History and Philosophy of Science*. 8 (1977): 111- 137.

PUGH, J. S. & J. HUDSON. "The Chemical Work of James Watt, F.R.S". *Notes and Records of the Royal Society of Londres* 40 (1, Nov. 1985): 41-52.

REID, H. *Remarks on Certain Statements Regarding the Invention of the Steam-Engine*, in M. Arago, *Historical Eloge of James Watt*. Glasgow, Robert Stuart & co., 1840.

The Steam Engine, A being popular description of the construction and action of that engine; with a sketch of its history, and pneumatics. Edinburgh, Peter Brown, 1838.

ROBINSON, E. & D. McKIE. *Partners in Science: Letters of James Watt and Joseph Black*. Cambridge / Massachusetts, Harvard University Press, 1970.

ROBINSON, E & A. E. Musson. *James Watt and the Steam revolution*. Nova York, 1969.

ROBINSON, E. "James Watt, Engineer and Man of Science". *Notes and records of Royal Society of Londres*. 24 (2 abr. 1970): 221-232.

ROBINSON, J. *A System of Mechanical Philosophy*. vol 2. Londres. Murray, 1822.

SCHOFIELD, R. E. *Lunar Society of Birmingham: A Social History of Provincial Science and Industry in Eighteenth-century England*. Califórnia, Clarendon Press, 1963

"The Industrial Orientation of Science in the Lunar Society of Birmingham", *Isis*, 48 (1957):408-415.

"The Lunar Society of Birmingham; A Bicentenary appraisal". *Notes and Records of the Royal Society of London*, 21 (2, Dec. 1966):144-161.

SMEATON, W. A. "Some comments on James Watt's Published Account of His Work on Steam and Steam Engines. *Notes and Records of Royal Society of London*, 26, (1, jun. 1971).

SMILES, S. *Brief Biographies*. Boston, Ticknor and Fields, 1859.

Lives of Boulton and Watt .Philadelphia/London, J.B. Lippincott and Company/ John Murray. 1861.

STEWART, L. "A Meaning for Machines: Modernity, Utility, and the Eighteenth-Century British Public". *The Modern History*. 70 (2, Jun. 1998):259-294.

STEWART, L. & WEINDLING, P. "Philosophic Threads: Natural Philosophy and Public Experiment among the Weavers of Spitalfields" *British Journal for the History of Science* 28 (Mar. 1995): 235-244.

STUART, R. *A Descriptive History of the Steam Engine*. 2^a ed. Londres, Knight and Lacey, 1824.

_____ *Historical and Descriptive Anecdotes of the Steam Engine and of their Inventors and Improvers*, Vol 1. London, Wightman and Cramp, Paternoster – Row, 1829.

TANN J. "Marketing Methods in the International Steam Engine Market: The Case of Boulton and Watt". *The Journal of Economic History*, 38(2, Jun. 1978): 363-391.

USHER, A. P. *Historia de las invenciones mecánicas*, Tradução espanhola por Teodoro Ortiz. México, Fondo de Cultura Econômica 1941.

VON TUNZELINANN, G. N. *Technology and Industrial Progress*. Aldershoot. Edward Elgar, 1995.

_____ *Steam Power and British Industrialization to 1860*. Oxford. Clarendon. 1978.

WATT, J. *Notebook of Steam Experiments*, in Eric Robinson and Douglas McKie (ed.), *Partners in Science*, Londres, Constable, 1969.

WHITE, M. *Rivalidades produtivas: Disputas e brigas que impulsionaram a ciência e a tecnologia*. Traduzido por A. P. Costa. Rio de Janeiro/São Paulo. Record. 2003.

WILLIAMSON, G. *Memorials of the lineage, Early Life, Education and Development of the Genius of James Watt*. Greenock. Thomas Contable, 1861.