

# Uma investigação da relação entre ciência e tecnologia para o estudo de máquinas térmicas através de uma aplicação empírica das medidas de atitudes dos estudantes.

An investigation of the relationship between science and technology for the study of heat engines using an empirical application of the measures of students' attitudes.

*Márcio Oliveira Silva<sup>1,2</sup>, Marco Antônio Barbosa Braga<sup>1</sup>*

1. CEFET/RJ, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

2. C.J., Colégio dos Jesuítas.

*marcioliveirasilva@yahoo.com.br, bragatek@cefet-rj.br*

## Resumo

O presente trabalho apresenta o início da aplicação de uma proposta pedagógica para o ensino de máquinas térmicas direcionada a alunos do ensino médio. Discute-se aqui a história do desenvolvimento, construção e criação de máquinas térmicas. Propõe-se desenvolver um estudo da teoria científica das mesmas, a ser completado com o uso de um aparato prático que irá demonstrar o funcionamento de uma máquina real. E para a aplicação dessa proposta faz-se necessário conhecer as relações entre ciência e tecnologia (C&T) que os estudantes trazem consigo. Para esse fim, foi feita uma pesquisa qualitativa com 134 alunos do ensino médio com proposições sobre ciência e tecnologia. Neste trabalho, foram usadas e analisadas quatro perguntas do COCTS (*Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*), e suas proposições.

**Palavras-chave:** Ensino de Máquinas Térmicas; Ciência e Tecnologia (C&T); História da Ciência.

## Abstract

This paper presents the starting point to implement an educational proposal for the teaching of thermal machines aimed at high school students. It is discussed here the history of the development, construction and creation of thermal machines. It will be developed a study of their scientific theory, to be completed with the use of an apparatus that will demonstrate the practical operation of a real machine. And to implement this proposal it is necessary to know the relationship between science and technology (S&T) that students bring with them. To this end, 134 high school students were quizzed with propositions on science and technology to

embody a qualitative research. In this work, we use and analyze four questions from the COCTS (*Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*), and their propositions.

**Key words:** Thermal Machines Education; Science and Technology (S&T); History of Science.

## Introdução

Estamos vivendo um tempo em que a evolução tecnológica faz parte do nosso cotidiano. A sociedade atual vive a tecnologia, estamos consumindo-a de todas as formas e possibilidades. Da hora em que acordamos até a hora de dormir, a tecnologia está em nossa volta. O mundo é tecnológico. Acordamos com um despertador digital, com tela de silício, ao som de um rádio que recebe frequências moduladas e dispersa melodias através da vibração de um alto-falante provocada pelas variações de um campo magnético induzido por uma corrente elétrica. A tecnologia está envolvida em aparelhos de telecomunicações, eletrodomésticos, transporte, medicamentos, engenharia e alimentos.

Além disso, se comprarmos uma TV de última geração, é possível que, logo após a leitura deste texto, da passagem de poucas semanas, ou até mesmo em horas, percebamos que o aparelho adquirido já está ultrapassado. Um aparato tecnológico de última geração é novidade como o tempo de vida de uma efemeróptera, um inseto que na fase adulta não tem boca e trato intestinal desenvolvidos, e por isso vive apenas algumas horas. Nunca conseguiremos acompanhar essa evolução. Lembrando o Paradoxo de Zenão, não importa o quanto Aquiles tente alcançar a tartaruga, ela estará sempre um passo à frente. Assim, como a ciência, que sempre apresenta alguma novidade ou um novo achado a cada dia, nas diversas áreas do conhecimento. Estamos vivendo no mundo moderno. E, inseridos neste contexto de mundo, a atualidade, vivem nossos alunos. Tudo é imediato. Eles estão cercados, convivem e comungam com todo tipo de tecnologia. Com isso, sua habilidade de manejar, usar e entender os propósitos de uma nova tecnologia é superior à de seus antepassados. Durante seu período escolar, aprendem ciência e raramente ouvem falar em tecnologia. Mas como será que esses alunos conseguem perceber a relação entre ciência e tecnologia?

Para investigar essa questão fizemos uma pesquisa sobre a visão de um grupo de alunos sobre a questão da tecnologia e da ciência. Este trabalho faz parte de uma proposta maior onde será abordada a história da criação das máquinas térmicas, assim como a técnica de sua construção e a ciência envolvida no funcionamento de um motor a vapor. Para isso, será construído um material paradidático abordando a história do desenvolvimento das máquinas térmicas que apontará as dificuldades surgidas, bem como, as consequências sociais e tecnológicas advindas de sua criação.

Sendo assim, este material servirá de ponte para a apresentação de um aparato experimental que simulará o funcionamento de uma máquina a vapor. É notável dizer que esse aparato experimental já feito baseia-se em um Motor de Stirling, cuja patente pertence ao escocês James Stirling, que em 1816 desenvolveu um motor térmico que trabalha com uma fonte de calor externa. Nesse motor, não há válvulas de escape nem explosões, portanto diminui o risco de explosão, ao contrário dos motores contemporâneos à sua invenção, dando assim, ao inventor, motivos para conceber esse mecanismo mais seguro.

## Um pouco sobre história, ciência e técnica

Algumas técnicas e invenções podem revolucionar o modo de vida de uma sociedade por séculos. Segundo o historiador Lynn White Jr. (1985), no início do século X, aparecem três invenções que mostram essa revolução: a moderna coelheira para cavalo, a atrelagem de animais em fila e a ferradura. Essas três invenções deram um novo suporte de suprimento de força motriz não-humana à Europa, podendo assim, obter-se um aumento da produção sem aumento de despesas ou trabalho. Essas invenções fizeram pelos séculos XI e XII o que a máquina a vapor fez pelo século XIX.

Portanto, ao tratarmos da questão do invento de dispositivos térmicos, estamos tentando levar em consideração todos os aspectos que envolvem a criação, desenvolvimento e consequências sociais que estes acarretaram. Logo, é de prima importância ponderarmos a respeito da questão das ciências e das técnicas que levaram ao aprimoramento dessas máquinas. Trabalhadores rurais ingleses haviam sido expulsos dos campos pelo cerceamento de terras promovido pelos proprietários rurais. Assim as cidades tiveram um aumento populacional. Logo, a mão de obra manufatureira ficou mais barata. Entretanto, essa grande produção gerou uma grande escassez de matéria prima. Faltava carvão vegetal para a fundição do ferro como atividade manufatureira, devido à devastação das florestas. Assim, foi necessária a utilização do carvão mineral como fonte de energia. Mas por estar em grande profundidade, era preciso extrair a água que acumulava no interior das minas de carvão mineral. Segundo Braga; Guerra; Reis (2005), a solução foi o desenvolvimento de máquinas a vapor que facilitassem a extração dessa água. Naquele momento, não havia até então uma teoria científica que tratasse do funcionamento das máquinas a vapor. A informação técnica era que se esquentasse uma caldeira com água, esta produziria vapor. Se acoplarmos um pistão nessa caldeira, o vapor a alta pressão empurra o pistão, que poderia fazer girar uma roda se a este estivesse engrenado. Mas ninguém sabia quais as leis da natureza possibilitavam isso (JOHNSON, 2008). A técnica de construção de máquinas a vapor era baseada na experiência e no conhecimento prévio dos engenheiros.

Thomas Savery, engenheiro militar inglês, patenteou, em 1698, uma máquina a vapor que era destinada a retirar água dos poços das minas de carvão. Este formidável mecanismo que não utilizava mais a força animal, na verdade, era uma engenhosa bomba a vapor que diminuía a pressão no interior de um cilindro para puxar a água de uma mina e, em seguida aumentava-a para elevá-la ao nível externo (GASPAR, 2003). Havia um inconveniente que o cilindro poderia chegar a grandes pressões e explodir. Thomas Newcomen corrigiu este problema com outra máquina a vapor que não utilizava vapor a alta pressão, mas êmbolos que se movimentavam no interior de um cilindro, e que estavam conectados a braços oscilantes. Outro notável foi o escocês James Watt, que criou o condensador separado para motores a vapor, em 1789, invenção que revolucionou e tornou os motores a vapor economicamente viáveis. (RONAN, 1983).

Em 1824, o francês, Sadi Carnot, escreveu um tratado chamado "*Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu et sur les Machines Propres a Développer Cette Puissance*" ( Reflexões sobre Potência Motriz do Fogo e Máquinas Próprias para Aumentar essa Potência), neste ele expõe uma teoria sobre a possibilidade de aumentar o rendimento, e por consequência extrair uma maior quantidade de trabalho, de uma máquina térmica maximizando a diferença de temperatura do vapor que entra pela que sai do motor. O ciclo de Carnot, como ficou conhecido, uniu duas universidades do século XIX: a conservação de energia e a propagação do calor (BRAGA; GUERRA; REIS, 2008). A análise de Carnot marcou o início daquilo que Kelvin batizaria de termodinâmica, mas deixaria intacta a ideia de que calor era uma substância (JOHNSON, 2008).

A separação temporal de quase cem anos que aconteceu no desenvolvimento de máquinas térmicas entre a invenção e a teoria científica, não ocorreu no desenvolvimento dos motores elétricos. Em 1831, Michael Faraday apresentou a teoria da indução eletroquímica à *Royal Institution*, fazendo uma corrente percorrer um anel de indução feito com enrolamento de cobre e encapado com cordel e tecidos de algodão. Apenas um ano depois da apresentação de Faraday, os primeiros motores elétricos eram fabricados. Naquele momento, ciência e técnica já haviam se fundido, surgindo aquilo que conhecemos hoje como tecnologia, que emprega os métodos e as teorias da ciência na resolução de problemas técnicos (BRAGA; GUERRA; REIS, 2008).

## Pesquisa e Metodologia

Em um primeiro momento, foi feita uma pesquisa com alunos do segundo ano do ensino médio para verificar que conhecimentos, informações e opiniões os mesmos têm sobre ciência e tecnologia. Fizemos uma pesquisa de opinião com 134 alunos do segundo ano do Ensino Médio. Como questão principal, que conhecimentos os alunos têm sobre tecnologia e sua aplicação.

O modelo escolhido para a pesquisa foi o COCTS (*Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*), versão em espanhol do VOSTS (*Views on Science-Technology-Society*), um inventário com 114 perguntas de múltipla escolha construído a partir das respostas dos estudantes canadenses sobre a ciência, e pontos de vista sobre como a ciência está relacionada à tecnologia e sociedade (AIKENHEED; RYAN, 1992). Na versão em espanhol, foram chamados onze juízes especialistas em CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), sendo estes pesquisadores ou professores em epistemologia, para avaliar o grau de cada uma das proposições de cada questão na perspectiva de história, filosofia e sociologia da ciência (VÁZQUES; MANASSERO, 2001). Esses juízes classificaram as proposições das perguntas nas seguintes categorias: (A) adequadas – quando a frase expressa uma opinião adequada sobre o tema; (P) plausível – quando a sentença não é totalmente adequada, mas a frase expressa algum valor adequado e (I) ingênua – quando o ponto de vista da expressão não é nem plausível nem adequada. Para evitar problemas de resposta única, foi sugerido um modelo de múltipla escolha para cada afirmativa, onde cada entrevistado avalia o grau de concordância com a proposição em uma escala de 1 a 9 pontos (VÁZQUES; MANASSERO, 1999). Se o entrevistado discordar totalmente da proposição, ele optará pelo 1, se optar pela neutralidade, a opção é o 5, mas se concordar totalmente, a opção é o 9. No questionário, também há as opções (NE) - Não entendo ; (NS) - Não sei o suficiente sobre este tema para eleger uma opção. Vázques e Manassero ainda propõem uma escala de valorização para cada grau de concordância.

	Escala de grau de concordância								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
concordância categoria	nulo	quase nulo	baixo	parcial baixo	parcial	parcial alto	alto	quase total	total
<b>Adequadas</b>	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
<b>Plausíveis</b>	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2
<b>Ingênuas</b>	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4

Tabela 1 – Pontuação de concordância: Tabela adaptada de Vázquez e Manassero (1999, p.242).

Através de um algoritmo é possível obter o Índice de Atitude Global (IAG), que será um número compreendido entre 1 e -1 para cada questão. Se o índice for positivo, a atitude é valiosa e melhor quanto mais positiva; se o índice for negativo, a atitude é ingênua e cada vez mais ingênua quando o valor da unidade se aproxima de um valor negativo (VÁZQUEZ; MANASSERO, 1999).

### Resultados encontrados na pesquisa

As tabelas seguintes apresentam as perguntas feitas para os alunos, assim como, as proposições de cada pergunta. Cada resposta foi avaliada como sendo adequada, plausível ou ingênua. Essa avaliação foi feita pelos juízes anteriormente mencionados. Os resultados dos Índices de Atitudes (I.A.) que foram encontrados em nossa pesquisa estão informados na última coluna de cada tabela. Quanto mais próximo de +1 este valor estiver, mais bem informada ou valiosa é considerada a resposta obtida; e quanto mais próximo de -1 ficar o valor do índice, menos informada ou mais ingênua é considerada a resposta obtida.

	<b>10211 - Definir o que é tecnologia pode ser difícil porque esta serve para muitas coisas. Mas tecnologia, PRINCIPALMENTE é:</b>	<b>Categoria</b>	<b>I.A.</b>
A	Muito Parecida com a ciência	Plausível	0,155
B	A aplicação da ciência	Ingênua	-0,663
C	Novos processos, ferramentas, máquinas, aparelhos, dispositivos, computadores ou dispositivos práticos para o uso diário.	Plausível	-0,251
D	Robôs, eletrônicos, computadores, comunicação, automação de máquinas.	Plausível	-0,297
E	Uma técnica para construir coisas ou uma maneira de resolver problemas práticos.	Plausível	-0,101
F	Inventar, criar e testar as coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores e veículos espaciais).	Plausível	-0,330
G	Idéias e técnicas para projetar e construir coisas, de organizar os trabalhadores, empresários e consumidores, e para o avanço da sociedade	Adequada	0,397
H	Saber como fazer as coisas (por exemplo, ferramentas, máquinas, equipamentos)	Plausível	-0,105

Tabela 2 – Resultado do Índice de Atitude dos alunos diante da questão 10211 do COCTS.

	<b>10411 - A ciência e a tecnologia estão intimamente relacionados:</b>	<b>Categoria</b>	<b>I.A.</b>
A	Porque a ciência é a base dos avanços tecnológicos, embora seja difícil ver como a tecnologia pode ajudar a ciência.	Ingênua	0,357
B	Porque a investigação científica leva a tecnologia de aplicações práticas, e as aplicações tecnológicas para aumentar a capacidade de investigação científica	Adequada	0,655
C	Apesar de serem diferentes, eles são tão estreitamente ligados que é difícil de separar.	Adequada	0,385
D	Porque a tecnologia é a base de todos os avanços científicos, embora seja difícil ver como a ciência pode ajudar a tecnologia.	Ingênua	0,548
E	Ciência e tecnologia são mais ou menos a mesma coisa.	Plausível	-0,169

Tabela 3 – Resultado do Índice de Atitude dos alunos diante da questão 10411 do COCTS.

	<b>10412 - A ciência influencia a tecnologia?</b>	<b>Categoria</b>	<b>I.A.</b>
A	A ciência não tem muita influência da tecnologia.	Ingênua	0,784
B	Tecnologia é ciência aplicada.	Ingênua	-0,647
C	O progresso da ciência leva a novas tecnologias.	Plausível	-0,583
D	A ciência se torna mais valiosa quando usada em tecnologia.	Plausível	-0,112
E	A ciência é a base de conhecimento da tecnologia	Plausível	-0,353
F	O conhecimento da investigação científica aplicada é utilizado mais em tecnologia do que em conhecimento de pesquisa científica pura.	Plausível	0,207
G	A tecnologia é a aplicação da ciência para melhorar a vida.	Ingênua	-0,466

Tabela 4– Resultado do Índice de Atitude dos alunos diante da questão 10412 do COCTS.

	<b>10413 - A tecnologia afeta a ciência?</b>	<b>Categoria</b>	<b>I.A.</b>
A	A tecnologia não causa grande impacto na ciência.	Ingênua	0,769
B	A capacidade de criar tecnologia marca o valor do conhecimento científico.	Plausível	-0,180
C	A disponibilidade de tecnologia influencia na direção da pesquisa científica.	Adequada	0,573
D	Os avanços tecnológicos levam ao progresso da ciência.	Adequada	0,654
E	A tecnologia é utilizada pela sociedade para descobrir novos conhecimentos científicos.	Plausível	-0,237
F	A tecnologia proporciona ferramentas e técnicas para a ciência.	Adequada	0,686
G	A tecnologia é a aplicação da ciência para melhorar a vida.	Ingênua	0,536

Tabela 5– Resultado do Índice de Atitude dos alunos diante da questão 10413 do COCTS.

Usando a métrica aplicada por Vázquez e Manassero (2001), podemos calcular o Índice de Atitude Global para cada questão, que é a média global das médias adequadas, plausíveis e ingênuas de cada proposição. O resultado desse cálculo está apresentado na tabela 6, mostrada a seguir. Pelos resultados das médias do Índice de Atitude Global, na questão que argui sobre o significado que eles têm sobre tecnologia (10211), mostra um valor de atitude ingênua, sendo mais expressivo ainda pela proposição ingênua que nos diz da tecnologia como sendo uma aplicação da ciência. Conforme está na tabela 2, com um resultado de (-0,663) para essa proposição. Um resultado inverso aparece quanto à relação entre ciência e tecnologia (10411), embora eles consigam perceber que a pesquisa científica leva a tecnologia a aplicações práticas, melhorando assim a própria tecnologia para fazer novas investigações científicas,

não existe uma concordância de ciência e tecnologia sendo a mesma coisa, como uma resposta plausível. Outro resultado interessante surge na questão se a tecnologia afeta a ciência (10412), dos 134 alunos que responderam o questionário, 94 não deram concordância a proposição ingênua A, que a tecnologia não causa grande impacto à ciência. Chegando a uma porcentagem de mais de 70 % de desacordo a essa proposição, sendo este o valor mais expressivo de nossa pesquisa. Mas para essa mesma questão, temos um Índice de Atitude Global mais expressivo para uma atitude ingênua (-0,161). O melhor resultado de média foi achado na última questão (10413), apesar desta apresentar um índice de Atitude Global de (0,361), ela nos aponta que o assunto sobre as formas que a tecnologia afeta a ciência deve ser discutido em sala de aula.

<b>Índices</b>	<b>10211</b>	<b>10411</b>	<b>10412</b>	<b>10413</b>
Média- adequadas	0,397	0,520	-	0,638
Média- plausíveis	-0,155	-0,169	-0,212	-0,208
Média- ingênuas	-0,663	0,452	-0,110	0,652
Média de todas as alternativas	-0,149	0,355	-0,169	0,400
Índice de Atitude Global	-0,140	0,268	-0,161	0,361

Tabelas 6 – Médias dos Índices de Atitudes Globais

## **Conclusão**

Concluimos com essa pesquisa introdutória que existe a real necessidade de explorar no material paradidático que será elaborado uma discussão ampla sobre as relações entre ciência e tecnologia. Nesse processo, haverá a necessidade de uma discussão ampla sobre a história de máquinas térmicas, onde se possa apresentar como e onde estas surgiram, assim como as técnicas aplicadas para o seu desenvolvimento e consequências sociais surgidas. O ponto de vista sobre relação ciência-tecnologia que deverá ser superado é o que conceitua a tecnologia como ciência aplicada (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003). Nota-se que grande parte dos alunos concorda que a tecnologia é uma aplicação da ciência. Autores como John M. Staundenmaier (1985) discordam desta proposição, de que a tecnologia é exclusivamente ciência aplicada, mas sem discordar que exista uma relação entre ciência e tecnologia. Um dos seus argumentos é a dependência da tecnologia das habilidades técnicas, onde a distinção entre a técnica e a tecnologia se realiza em função da conexão desta última com a ciência (STAUNDENMAIER, 1985, apud BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003).

Portanto, os resultados desta pesquisa servirão como instrumento norteador para o desenvolvimento do material paradidático, que será aplicado com alunos. Além disso, este envolverá a história das máquinas térmicas, os processos que desencadearam sua evolução tecnológica e os aspectos sócio-culturais que motivaram a criação destes mecanismos. Discutiremos, também, neste material paradidático como o desenvolvimento teórico da termodinâmica surgiu depois das primeiras máquinas a vapor que tiveram uma aplicabilidade

funcional. Lembramos que Sadi Carnot editou seu tratado teórico 126 anos depois da patenteada máquina a vapor de Thomas Savery. Então, ao final da aplicação deste material paradidático, será feita uma nova investigação para avaliar sua eficácia na transformação da visão dos alunos.

## Referências

AIKENHEAD, G.S.; RYAN, A.G. The development of a new instrument: Views on Science-Technology-Society (VOSTS). *Science Education*, v. 76, n. 5, p. 477-492, 1992.

BAZZO, W. A.; VON LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. O que é a tecnologia? In: \_\_\_\_\_. *Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. Madri: Organização dos Estados Ibero-americanos, 2003, p. 35-80.

BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. Surge um novo mecanismo: a máquina a vapor. In: \_\_\_\_\_. *Das Luzes ao sonho do doutor Frankenstein (séc. XVIII)* – Col. Breve História da Ciência Moderna, v. 3, ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2005, p. 29-38.

\_\_\_\_\_. *A belle-époque da ciência (séc. XIX)* – Col. Breve História da Ciência Moderna, v.4, ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2008, 186 p.

GASPAR, A. *Física 2*. São Paulo: Editora Ática. v. 02, 2003, 416 p.

JOHNSON, G. James Joule: Como o mundo funciona. In: \_\_\_\_\_. *Os dez experimentos mais belos da ciência*. São Paulo: Larousse do Brasil, 2008, p. 105-120.

RONAN, C. Os Séculos XVII e XVIII. In: \_\_\_\_\_. *A História Ilustrada da Ciência*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, v. 3, 1983, p.73-156.

VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A. Response and scoring models for the ‘Views on Science, Technology-Society’ instrument. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 3, p. 231-247, 1999.

\_\_\_\_\_. Instrumentos y métodos para La evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología e la sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n. 1, p. 15-27, 2001.

WHITE, L. Tecnologia e invenções na Idade Média. In: GAMMA, R. *História da Técnica e da Tecnologia*. São Paulo: T. A. Queiroz Editor, 1985, v. 4, p. 90-115.