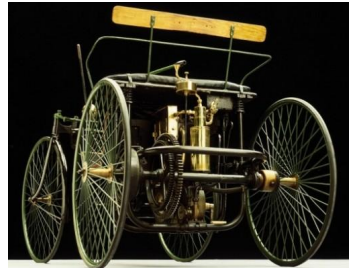
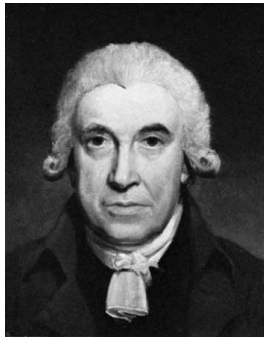
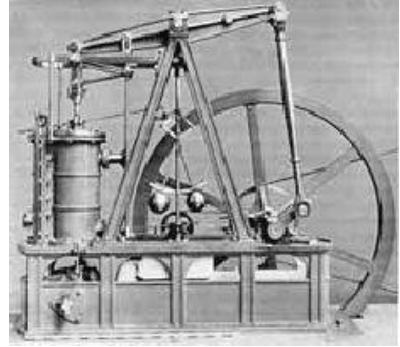
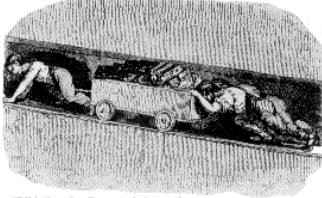


# Energia



**DA REVOLUÇÃO À CONSCIENTIZAÇÃO**

**Nilton Von Rondow Júnior**

## **Ilustrações da capa:**

Da esquerda para a direita e de cima para baixo:

- 1- Trabalho infantil no período pré-industrial:  
[nautilus.fis.uc.pt](http://nautilus.fis.uc.pt)
- 2- Máquina a vapor de Watt: [nautilus.fis.uc.pt](http://nautilus.fis.uc.pt)
- 3- James Watt: [britannica.com](http://britannica.com)
- 4- Primeiro automóvel: [benzinsider.com](http://benzinsider.com)
- 5- Eletrodomésticos:  
[vestibular/roteiro\\_estudos/eletricidade\\_dia\\_dia.aspx](http://vestibular/roteiro_estudos/eletricidade_dia_dia.aspx)
- 6- Reciclagem e preservação do planeta: [top30.com.br](http://top30.com.br)

# **Introdução**

A idéia de se fazer um livro paradidático como produto final de meu trabalho de mestrado surgiu de uma angustia pessoal e profissional. Não é novidade para ninguém que o brasileiro de uma forma geral lê muito pouco e meus alunos do Ensino Médio, com algumas exceções, não são diferentes. A leitura pode levar a pessoa a novas descobertas, além de se deparar com pontos de vista muitas vezes conflitantes com o seu. Como se não bastasse, cada pessoa que lê um texto pode obter dele impressões muito particulares e, uma mesma pessoa, em uma segunda ou terceira leitura em épocas distintas de sua vida, certamente não fará a mesma “leitura” de um capítulo ou de uma obra inteira.

Desta forma, imaginei algo que permitisse ao professor e aos alunos uma discussão sobre assuntos relacionados ao conteúdo didático e formador da grade curricular, mas que invariavelmente não aparece nos

livros adotados pelas escolas por questões que não cabe a nós discutirmos aqui (está implícita aí a definição de *paradidático*). Faltava, a meu ver, uma ferramenta para ser usada em sala de aula e que suscitasse debates e discussões. Nestes momentos o aluno poderia expor seus pontos de vista além de conhecer aqueles de seus colegas. Ficaria instigado a (quem sabe) buscar novas fontes de consulta, tão abundantes nestes tempos de world wide web.

Gostaria, entretanto, de tecer alguns comentários sobre a utilização deste paradidático. Em toda a minha vida como estudante invariavelmente os professores que propunham leituras de livros ou textos procediam da mesma forma: estabeleciam um tempo para que os alunos ficassem de posse dos mesmos e, posteriormente, davam questionários ou produções de texto, muitas vezes sem um debate sobre o tema. Considero que algo diferente pode ser feito.

Como o livro é composto por sete capítulos e seu conteúdo abarca desde a conservação da energia, passando pela termodinâmica até as discussões sobre o futuro do planeta, o professor pode mesmo permitir que os alunos tenham um tempo para leitura individual e pode

avaliar se ela ocorreu através de um questionário. Entretanto, considero que uma leitura coletiva e um debate em sala são fundamentais para um posterior aprofundamento.

Outra forma interessante de se trabalhar é, após uma leitura de todo o livro por toda a turma, cada grupo de alunos poderá tomar um certo capítulo como referência e fazer uma apresentação para os demais colegas, com aprofundamentos e discussões.

Por fim, é importante que os alunos criem gosto pela leitura. Claro que isto passa pela família e pelo incentivo recebido pela criança ou pelo jovem em casa, mas a escola e o professor são peças importantes neste processo.

Espero que este trabalho contribua de alguma forma para aqueles que optarem pela sua utilização, sejam professores ou alunos. Há uma questão importante proposta pelo texto em seus capítulos finais: uma mudança de postura frente aos diversos e graves problemas que nossa “casa”, o planeta, vem enfrentando. Problemas que nós criamos e que nós deveremos solucionar e isto só será possível quando passarmos a

pensar e agir de forma mais planetária e menos individualizada.

*Nilton von Rondow Júnior - Janeiro/2010*

*Dedico este trabalho aos  
meus alunos que,  
ano após ano,  
me ensinam a ser  
uma pessoa melhor.*

*“A aranha realiza operações que lembram o tecelão, e as caixas suspensas que as abelhas constroem, envergonham o trabalho de muitos arquitetos. Mas até mesmo o pior dos arquitetos difere, de início, da mais hábil das abelhas, pelo fato de que, antes de fazer uma caixa de madeira, ele já a construiu mentalmente. No final do processo do trabalho, ele obtém um resultado que já existia em sua mente antes de ele começar a construção. O arquiteto não só modifica a forma que lhe foi dada pela Natureza, dentro das restrições impostas por ela, como também realiza um plano que lhe é próprio, definindo os meios e o caráter da atividade aos quais ele deve subordinar sua vontade.”*

*Karl Marx, O Capital*

*“É precisamente a alteração da natureza pelos homens, e não a Natureza enquanto tal, que constitui a base mais essencial e imediata do pensamento humano”*

*Friedrich Engels, Dialética da Natureza*



# **Sumário**

## **Capítulo 1: Fazendo história**

*Vamos discutir em que nível cada um de nós, mesmo individualmente, é capaz de interferir em nosso tempo e ditar novos rumos.*

## **Capítulo 2: Energia: do carvão às fontes alternativas**

*Da entrada em cena do carvão até a busca por fontes renováveis e menos poluentes.*

## **Capítulo 3: As teorias sobre o calor**

*O desenvolvimento da ciência do calor.*

## **Capítulo 4: James Watt e as máquinas térmicas**

*O aperfeiçoamento das máquinas térmicas e a importância das mesmas no processo de industrialização.*

## **Capítulo 5: Os combustíveis fósseis e os veículos auto-motores**

*O início do uso sistemático dos combustíveis fósseis e a entrada em cena do automóvel.*

## **Capítulo 6: A eletricidade**

*O advento da eletricidade e sua importância no processo de industrialização já instalado.*

## **Capítulo 7: Pensando o futuro**

*O que fazer agora para melhorar as condições de vida no planeta?*

## **Bibliografia**

# CAPÍTULO 1

## Fazendo História

A história da humanidade é muitas vezes interpretada a partir de uma sequência cronológica de acontecimentos entrelaçados – um associado ao outro. Tais associações são às vezes intensas outras vezes nem tanto. Aqueles que optam por uma análise histórica segundo este ponto de vista costumam incorrer em erros de interpretação ao desprezarem fatos e pessoas, em princípio, de menor relevância, mas fundamentais para a compreensão dos processos históricos.

Quando tratamos da História da Ciência as coisas não são lá muito diferentes. Se indagarmos qualquer pessoa a respeito de descobertas importantes no campo da ciência e sobre os cientistas que as protagonizaram, surgirão nomes como Einstein (talvez seja o primeiro a ser citado), Newton, Galileu, Pasteur, Thomas Edison, Oswaldo Cruz e tantos outros. A maioria das pessoas, entretanto, tem a falsa idéia de que tais personalidades deram novos rumos para a ciência sem muito esforço e, o que é pior, trabalharam sozinhas, ou pelo menos é essa a impressão que os livros e os cursos de ciências deixam para o público de uma maneira geral. O caso da Teoria da Relatividade proposta por Albert Einstein em 1905 é um bom exemplo. Muitos acreditam que este cientista tenha tirado uma “carta da manga” ao deduzir a teoria, ou seja, apresentou algo inesperado e

inédito para a comunidade científica. Entretanto, o experimento realizado por Michelson e Morley em 1887, além das equações propostas por Lorentz, formavam aquilo que podemos classificar como “pano de fundo” para as conclusões e proposições do grande cientista alemão.



Fonte: [www.htforum.com/vb/showthread.php?t=107701](http://www.htforum.com/vb/showthread.php?t=107701)

*Figura 1 – Albert Michelson e Edward Morley – Em 1887 realizaram um experimento importante para o estabelecimento da Teoria da Relatividade em 1905, mesmo que alguns historiadores da ciência não reconheçam isso.*

Na verdade, cada um de nós é um personagem desta História escrita todos os dias a partir de tudo que acontece a nossa volta. Temos, sim, muita importância no desencadear dos fatos e **nunca devemos subestimar a relevância de nossos atos**. Vivemos o nosso tempo e, de forma individual ou coletiva, cada decisão que tomamos ajudará na determinação dos rumos da nossa história e da coletividade na qual estamos inseridos. As gerações futuras falarão

de nós, de nossas atitudes, de nossos feitos, de nossa forma de pensar e sobre tudo mais que fizemos agora, em nosso próprio tempo. Carregamos nos ombros, portanto, uma parcela de responsabilidade pelo que será escrito a nosso respeito em outros tempos e, principalmente pelas nossas escolhas, determinantes do mundo futuro.

Nesta primeira década do século XXI, basta ligar a TV ou abrir um jornal para lermos ou ouvirmos expressões como “aquecimento global”, “desmatamento”, “acionamento de energia”, “biodiesel”, “efeito estufa”... Este é o nosso tempo. Este é o nosso momento histórico e é sobre ele que devemos pensar e refletir para agirmos com lucidez. Os problemas que hoje nos afligem, se não resolvidos ou se mal resolvidos, talvez não possam ser solucionados nas próximas décadas. As conseqüências, por exemplo, do aquecimento global para a fauna de algumas regiões podem tornar-se irreversíveis em pouco tempo. Poderíamos culpar as grandes empresas pela poluição do planeta, ou mesmo os Estados Unidos, responsáveis por 25% de toda a poluição da Terra, ou mesmo a China, pela produção frenética de bens de consumo, afinal, são mais de 1,3 bilhões de habitantes naquele país que precisam trabalhar... É, poderíamos...

Entretanto, ao invés disso, que tal colocar um espelho diante de nós? Que tal começarmos a tomar atitudes individualmente em nosso dia a dia. É importante ressaltar que tais atitudes individuais influenciam atitudes coletivas. Em casa, por exemplo, podemos separar o lixo que é reciclável daquele que não é. Com certeza você conhece alguém ou alguma empresa interessada em recolher e

reaproveitar papel, plástico, vidro e metal. Basta um pouco de boa vontade de sua parte. É possível também que a prefeitura de sua cidade tenha colocado latões para coleta seletiva próximos à sua casa. Em Belo Horizonte, onde vivem cerca de 2,5 milhões de pessoas, são produzidas 4 mil toneladas de lixo por dia! Isso mesmo que você leu. Já imaginou se não houvesse uma destinação apropriada para ele? Muitas cidades brasileiras não possuem aterro sanitário ou sistema de coleta seletiva.



Fonte: [pqa.pgr.mpf.gov.br/.../lixao%20\(8\).jpg/view](http://pqa.pgr.mpf.gov.br/.../lixao%20(8).jpg/view)

***Figura 2 – Cidadãos que vivem do reaproveitamento do lixo... que todos nós produzimos.***

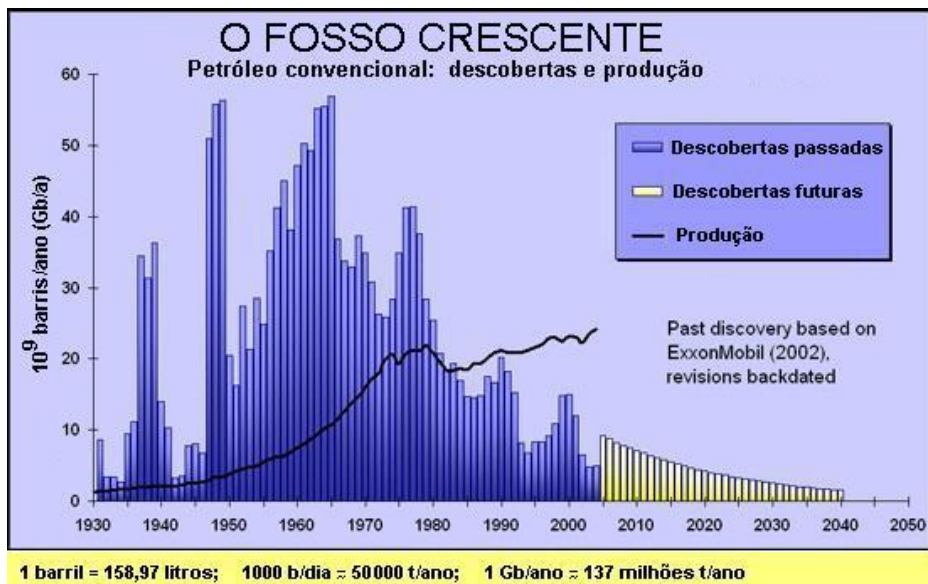
Pois é, toda essa massa de lixo poderia ser diminuída se cada um de nós tomasse atitudes como aquela sugerida acima. Além do mais, há pessoas que tiram o sustento da própria família recolhendo lixo reciclável e reaproveitável. O lixo, apesar de ter

grande importância no que tange à poluição do planeta, não é o único vilão. As formas de obtenção de energia também devem ser analisadas com cuidado. Em breve algumas delas não estarão mais disponíveis, como o petróleo. Este e outros combustíveis fósseis, inclusive, são os maiores responsáveis pelos gases tóxicos presentes hoje na atmosfera.

O uso de fontes de energia renováveis é um caminho, uma saída para tal problema. No entanto, construímos nossa sociedade baseada no petróleo e seus derivados, na energia elétrica (obtida das mais diversas formas) e na energia nuclear. É muito difícil alterar toda a estrutura de funcionamento da sociedade de uma hora para outra ou mesmo a médio prazo. As fontes renováveis podem ser uma alternativa, até mesmo pelo fato de o petróleo estar com os dias contados, como mostra o gráfico da figura 3. Ainda neste século, esta fonte energética poderá se esgotar. No Brasil, por exemplo, os carros a álcool já circulam desde 1976. No entanto, pesquisas mais aprofundadas sobre os motores a álcool, se iniciadas naquele ano, poderiam hoje permitir que nós brasileiros não precisássemos nos preocupar com a gasolina. Infelizmente não foi bem isso que ocorreu. Muito pelo contrário. O Pro-Álcool (programa do governo brasileiro para o desenvolvimento de tecnologias com este combustível) agonizou nos anos 80 e quase deixou de existir.

Em síntese, falamos muito em desenvolvimento sustentável, energias limpas, preservação da natureza, reciclagem, etc., mas, de concreto, pouco temos realizado. As empresas têm feito alguma coisa sob pressão de leis e normas estabelecidas por órgãos governamentais. Os cidadãos comuns (eu e você) continuam

passivos, sem muita consciência do verdadeiro papel social de cada um. Como já afirmei, este é o nosso tempo, a nossa época e é nela que temos que agir. Nos próximos capítulos vamos voltar nosso olhar para o passado e tentar entender como, há cerca de 250 anos, o homem começou a degradar o planeta de forma mais contundente.



Fonte: [resistir.info/jf/interv\\_pico\\_22mai07.html](http://resistir.info/jf/interv_pico_22mai07.html)

*Figura 3 – Disponibilidade de petróleo para ao longo dos anos. A previsão de novas descoberta para as próximas décadas não é otimista.*



## **CAPÍTULO 2**

# **Energia: do carvão às fontes alternativas**

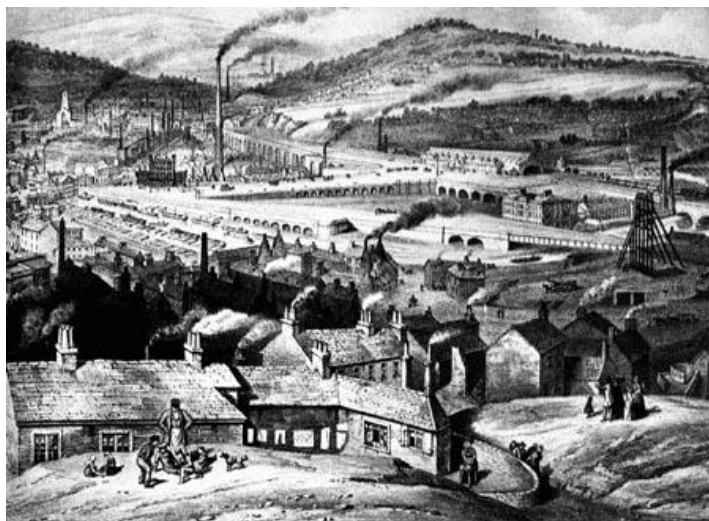
Ao tentar valer-se de uma substância qualquer para produzir energia, o homem passou a promover na natureza pelo menos duas transformações merecedoras de nossa atenção. Em primeiro lugar ele altera as características da própria substância antes de devolvê-la ao meio ambiente. A consequência imediata disso é a geração de subprodutos muitas vezes nocivos ao próprio homem. Uma segunda transformação importante ocorrerá na medida em que mudanças definitivas são observadas no planeta, alterando até mesmo as relações entre os seres vivos (homens, animais e plantas) com interferências no clima, nos recursos naturais...

Atentando apenas para os últimos 250 anos, percebemos como as fontes de energia utilizadas pela humanidade apresentaram-se em uma variedade sem precedentes. Desde o uso do carvão, motor inicial da Revolução Industrial, até as atualíssimas e acaloradas discussões sobre fontes alternativas, muitas outras formas de obtenção de energia foram tentadas e utilizadas. Umas mais poluentes, outras menos. Umas responsáveis por maior impacto ambiental, outras nem tanto. Umas renováveis, outras não. Umas

abundantes, outras mais escassas. A conveniência do uso desta ou daquela fonte é assunto que pode dar “pano para manga”.

## 2.1- O carvão: a hulha e o coque<sup>1</sup>

Inicialmente, por uma questão de conveniência, o carvão disponível nas minas da Grã-Bretanha vai impulsionar as primeiras máquinas a vapor, ainda no não muito distante século XVIII. Elas serão a base das indústrias que germinaram naquele período.



Fonte: [www.klickeducacao.com.br/2006/enciclo/enciclo...](http://www.klickeducacao.com.br/2006/enciclo/enciclo...)

*Figura 4 – Com o crescimento industrial a partir do século XVIII vem também um problema: a poluição ambiental.*

---

<sup>1</sup> Segundo o dicionário “Aurélio”:

**Coque:** carvão amorfo resultante da calcinação e pirólise (decomposição pelo calor) do carvão mineral, na qual ocorrem a liberação de diversos produtos voláteis (que pode ser convertido em gás e vapor).

**Hulha:** carvão

As preocupações ecológicas de hoje vão talvez brotar nas mentes dos europeus algumas décadas depois do início do processo de industrialização. Paralelamente à indústria que surge ou, podemos dizer, até antes mesmo dela, a Inglaterra vê progredir a metalurgia, também grande usuária de carvão como fonte de calor.

Facas, martelos, tesouras, limas, machados, artefatos militares, pregos, fechaduras... eram produzidos a partir da indústria metalúrgica que ora se desenvolvia. As estruturas das fábricas, pontes, estradas de ferro... exigem também um desenvolvimento deste setor.

Temos, portanto, um paralelismo importante de desenvolvimentos: de um lado a metalurgia fazendo uso sistemático do coque e de outro as máquinas a vapor alimentadas com carvão. O uso de tais fontes dá início, por assim dizer, a um processo de poluição e degradação ambiental sem precedentes na história do homem sobre o planeta. As máquinas a vapor (tendo o carvão como fonte energética primária) serão fonte de força motriz por várias décadas até o advento da eletricidade e dos motores a explosão no século XIX, estes últimos alimentados por derivados de petróleo.

## **2.2- Novas fontes: poluição e degradação ambiental**

O desenvolvimento do eletromagnetismo mostrará ser possível a conversão de energia mecânica em energia elétrica e vice-versa. É interessante notar que, até o experimento realizado por Hans Christian Ørsted em 1820, a eletricidade e o magnetismo eram áreas aparentemente sem vinculação uma com a outra. Este cientista observou a deflexão de uma agulha magnética (uma bússola) na

presença de um fio percorrido por uma corrente elétrica. Posteriormente o mundo assistiria à descoberta da indução eletromagnética e a invenção do motor e do gerador elétrico.



Fonte: [br.geocities.com/.../biografias/oersted.htm](http://br.geocities.com/.../biografias/oersted.htm)

***Figura 5 – Em 1820 Ørsted percebe uma conexão entre a eletricidade e o magnetismo.***

A primeira usina hidrelétrica viria a ser projetada e construída entre os anos de 1881 e 1882 a partir da fundamental contribuição de ninguém menos que Thomas Alva Edison, famoso pela invenção da lâmpada incandescente. Hoje temos uma enorme quantidade dessas usinas pelo mundo a fora, sejam hidrelétricas, termelétricas ou termonucleares. Destacam-se no Brasil as usinas de Itaipu (12,6 GW – PR), Tucuruí (4,2 GW – PA), Ilha Solteira (3,4 GW – SP), Xingó (3,0 GW – SE) e Paulo Afonso (2,5 GW – BA), todas elas responsáveis por um grande impacto ambiental, tanto no momento da sua construção quanto de sua operação. A idéia de que usinas hidrelétricas são fontes de energia limpa não é verdadeira. Os

danos causados pela construção das mesmas são muitos e variados. Na formação do lago onde será armazenada a água que fará girar as turbinas, uma grande área normalmente é alagada. É claro que, caso a queda d'água seja pequena, para se conseguir uma boa capacidade geradora é necessário que se armazene muita água. Basta lembrarmos da equação  $E_p = m.g.h$ , onde  $m$  é a massa de água e  $h$  é a altura que ela deve se encontrar de forma a armazenar uma energia potencial gravitacional  $E_p$ . Percebe-se aí como a redução de  $h$  (pequenas quedas d'água) leva à necessidade de um aumento de  $m$ , caso o valor de  $E_p$  seja mantido invariável, ou seja, deve-se formar um lago (represa) de grandes dimensões.



Fonte: [www.agenciaminas.mg.gov.br/maisfotos.php?cod ...](http://www.agenciaminas.mg.gov.br/maisfotos.php?cod...)

***Figura 6 – Na formação do lago de uma usina, grandes áreas são inundadas. Na foto acima temos a Usina de Nova Ponte, em Minas Gerais.***

São muitos os casos de cidades inteiras alagadas e animais deslocados de seus *habitats* naturais quando da construção de uma usina hidrelétrica. Como se isso não bastasse, as plantas submersas pelo lago da usina, que obviamente não podem ser deslocadas para outros ambientes, apodrecem dentro d'água e liberam também metano e gás carbônico para a atmosfera. É bom lembrar que os dois gases citados participam ativamente do processo de aquecimento global. Abordaremos depois os impactos da geração de energia elétrica em usinas termelétricas e termonucleares.

O mesmo século que assiste ao início da geração de eletricidade a partir de energia mecânica, vê também a invenção dos motores a explosão, estes valendo-se de derivados de petróleo, assunto que abordaremos ainda no capítulo 5. Neste caso, a popularização desta invenção trará consigo um bem de consumo importante para a humanidade: o automóvel. Além de impulsionar outras indústrias, como a do aço, os veículos automotores mostraram-se muito úteis e práticos quando o assunto é encurtar distâncias. Irão também tornar-se símbolos de *status* para o homem moderno. Se o desenvolvimento da eletricidade trouxe os eletrodomésticos, o motor a explosão trouxe o automóvel e... o acidente de trânsito.

Hoje, mesmo quem não dispõe de um carro, com certeza em algum momento fará uso de um trem, de um metrô ou de um ônibus. A utilização em massa desses meios gera, também, poluição “em massa”. Partimos, então, nas últimas décadas do século XX pela busca de energias alternativas como o álcool e o biodiesel. Estes, por sua vez, são acusados de nos conduzirem a uma inevitável carestia de alimentos, por requererem grandes áreas de plantio de cana-de-açúcar

ou mamona. Chegamos a outro impasse. Entretanto, não há, em princípio, uma saída evidente para tal questão. A busca pelo equilíbrio, em todos os sentidos, é a saída. É provável que o fim do petróleo em 50 ou 100 anos leve a humanidade a se adequar a uma nova realidade, ou seja, produzir alimentos em quantidade suficiente para matar a fome de todos e, ao mesmo tempo, gerar energia para veículos e indústrias.

### **2.3- Pesquisa, discussão e debate:**

- 1- Neste início de século XXI, como o homem vem utilizando os recursos energéticos que o planeta disponibiliza? Há alguma fonte de energia já utilizada pela humanidade que hoje se apresenta esgotada?
- 2- Como se obtém o carvão, a hulha e o coque? Qual é a utilidade de cada um?
- 3- Quais as vantagens e desvantagens que as usinas termelétricas e termonucleares têm em relação às hidrelétricas?

# CAPÍTULO 3

## As teorias sobre o calor

Ao tentar criar modelos capazes de explicar os fenômenos associados ao calor, o homem, em princípio, entendeu que tal entidade física era na verdade uma **substância** capaz de fluir de um corpo mais quente para outro mais frio. Tal idéia perdurou por muito tempo até ser sepultada nos séculos XVIII e XIX quando se passou a adotar um outro modelo. A associação entre calor e energia mecânica ocorrerá a partir dos trabalhos de alguns cientistas como **Rumford, Carnot, Clausius, Joule e Kelvin**.

Como todo modelo criado para entendimento de um fenômeno natural, a idéia de que o calor era uma substância “funcionou” bem por muito tempo, principalmente no que tange à **propagação** do mesmo. O modelo do calor como substância foi, entretanto, substituído por outro mais adequado, em conformidade com observações de alguns experimentos.

Apesar disso, a idéia do calor como substância (calórico) serviu muito bem aos cientistas e inventores do século XVIII quando estes conceberam as primeiras máquinas térmicas, ou seja, era possível explicar o funcionamento das mesmas através desta teoria. Isto mostra que a substituição de uma concepção científica por outra não se dá de forma natural. Obviamente muitas pessoas nesta época relutaram em aceitar uma teoria (calor como forma de energia) em



lugar de outra (calor como substância). Viriam ainda algumas décadas e o trabalho de renomados cientistas até que a teoria do calórico fosse definitivamente abandonada.

### 3.1- O conde e os canhões

Ainda no século XVIII, o **Conde de Rumford** realizou alguns experimentos onde ficava claro que o calor não poderia ser uma substância. Trabalhando na fabricação de canhões, o Conde aproveitou-se dos aparatos destinados à confecção dos mesmos para realizar suas observações. Uma broca movida por um moinho tocado por cavalos deveria perfurar um bloco de ferro e, daí, o canhão seria construído.



Fonte: [es.geocities.com/.../fisicos/rumford.htm](http://es.geocities.com/.../fisicos/rumford.htm)

*Figura 7 – Benjamin Thompson (1753-1814), O Conde de Rumford.*

Imaginava-se que os pequenos pedaços de metal, resultantes da ação da broca sobre o mesmo, liberariam o *calórico* que faria ferver a água usada no resfriamento do processo. Rumford, entretanto, realizou tal tarefa com uma broca “cega”, ou seja, sem corte, e observou que a fervura da água ocorria da mesma forma. Isto não condizia com uma teoria de conservação do fluido calórico presente nas peças em questão.

Ao perceber que o calor gerado no processo não provinha da matéria constituinte das partes envolvidas, imaginou que este deveria ser resultado do esforço realizado para girar as brocas cegas.

Não seria possível, portanto, admitir-se que o calor neste caso fosse entendido com uma substância presente nos corpos mais quentes e que, então, fluiria para os corpos mais frios quando estes estivessem em contato. Concluiu-se que o calor gerado para a fervura da água ou para o derretimento de algumas pedras de gelo nela flutuando viria do trabalho mecânico realizado pelos cavalos ao girarem o moinho. Faltava, portanto, uma teoria capaz de promover a ligação entre tais fenômenos e ela não tardaria a ser desenvolvida.

### **3.2- O ciclo de Carnot**

Sadi Carnot, filho de um importante integrante da Primeira República Francesa, estudou na escola Politécnica de Paris e, em princípio, hesitou entre a idéia de calor como fluido e outra que tratasse do mesmo como resultante da energia mecânica das partículas que compõem um corpo.

Analizou com cuidado o funcionamento das máquinas a vapor em operação, dando especial atenção para a energia perdida em

cada ciclo de funcionamento da máquina. Adotou a idéia de que qualquer motor poderia ser dividido em três partes:

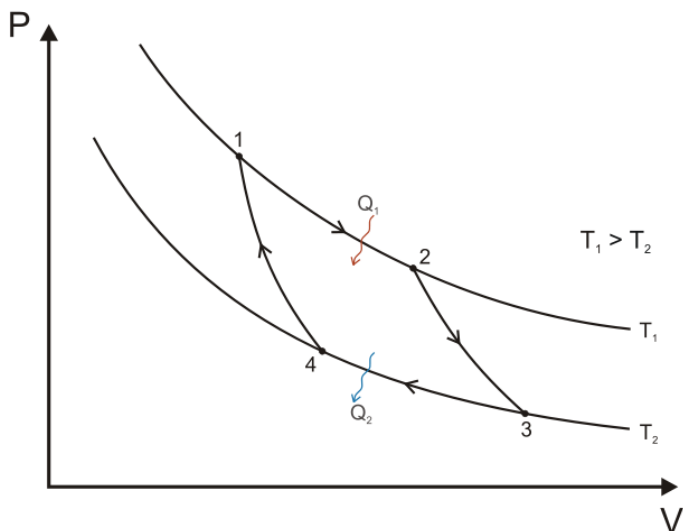
- 1- Uma fonte de calor;
- 2- Uma substância que conduzia o calor e
- 3- Um recipiente para o calor.

Em um motor a vapor, por exemplo, a “fonte quente” seria uma caldeira onde se obteria energia para ferver a água. Uma fração da energia obtida na caldeira seria convertida em trabalho mecânico e o restante seria dispensado para o ambiente, ou seja, este último faria o papel de “fonte fria”. O fluxo de calor da “fonte quente” para a máquina ocorria em função de uma diferença de temperatura, com a paralela realização de um trabalho mecânico.



Fonte: [www.corrosion-doctors.org/.../CarnotBio.htm](http://www.corrosion-doctors.org/.../CarnotBio.htm)

***Figura 8 – Nicolas Leonard Sadi Carnot (1796-1832) e o ciclo de uma máquina térmica proposto por ele nas primeiras décadas do século XIX***



Fonte: [omnis.if.ufrj.br/.../fisica2\\_2009\\_1/fisica2.html](http://omnis.if.ufrj.br/.../fisica2_2009_1/fisica2.html)

**Figura 9 – O ciclo de uma máquina térmica proposto por Sadi CARNOT nas primeiras décadas do século XIX**

No diagrama da figura 9,  $Q_1$  representa a quantidade de calor absorvida da fonte quente para a máquina e  $Q_2$  a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria, sendo  $T_1$  e  $T_2$  as temperaturas das duas “fontes” respectivamente. A área interna do ciclo mostrado no diagrama corresponde ao trabalho realizado pela máquina.

Partidário ainda em princípio do calor como substância (calórico), Carnot teorizou que seria possível a existência de uma máquina perfeita, ou seja, onde todo calor da fonte seria convertido em trabalho. Tal máquina teria um rendimento  $\eta = 1$  (100 %). Dentro deste ponto de vista admitia-se que o calor poderia ser transferido

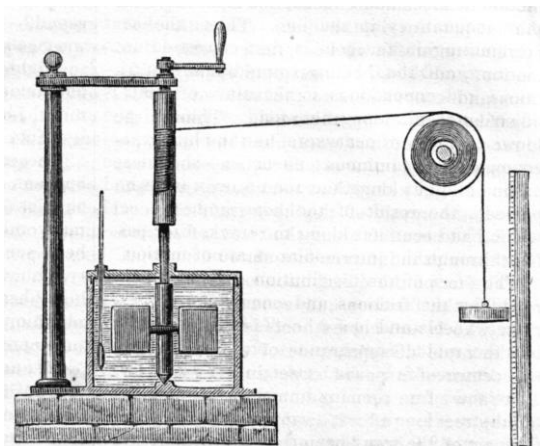
novamente para a fonte, reiniciando-se o processo. O funcionamento das máquinas térmicas seria, então, reversível, apesar de isto jamais ser observado.

Sadi Carnot teve morte precoce, aos 36 anos, no ano de 1832, vítima do cólera. Neste momento caminhava ele para uma teoria cinética do calor o que talvez o levasse à Primeira Lei da Termodinâmica.

### 3.3- O equivalente mecânico do calor

Rudolf Clausius, Lorde Kelvin e James Joule seriam os mentores dos trabalhos nas décadas seguintes. **Joule**, após estudos sobre gases onde investigou os efeitos do calor sobre tais substâncias e as conseqüências da realização de um trabalho sobre os mesmos, criou, em 1847, um aparato capaz de medir quanto de calor é transferido a uma certa amostra de água por meio de um trabalho mecânico (veja a figura 10). Estabeleceu, então, o equivalente mecânico do calor. Em sua máquina, *pesos* caíam de certa altura e produziam movimento em pás inseridas em um recipiente com água. Por meio de um termômetro era possível verificar as variações de temperatura do líquido e estabelecer uma relação entre o trabalho mecânico, realizado pelas pás, e o calor absorvido pela água.

Joule estabelece, então, que 1 *caloria* (quantidade de calor necessária para se fazer com que 1 grama de água sofra um acréscimo de 14,5 para 15,5 °C) corresponderia a 4,186 *newton-metro*, unidade hoje definida como sendo o *joule*, ou seja, 1 cal = 4,186 J.



Fonte: [commons.wikimedia.org/wiki/File:Joule%27s\\_App...](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Joule%27s_App...)

***Figura 10: Diagrama da máquina utilizada por Joule para estabelecer o equivalente mecânico do calor.***



Fonte: [www.rmutphysics.com/.../calorimeter/joule.htm](http://www.rmutphysics.com/.../calorimeter/joule.htm)

***Figura 11 – James Prescott Joule (1818-1889).***

William Thomson (**Lord Kelvin**) nasceu em Belfast, Irlanda, em 26 de junho de 1824. Desenvolveu trabalhos nas mais diversas áreas como a termodinâmica, a eletricidade e até a geologia, quando tentou determinar a idade da Terra e o período a partir do qual nosso planeta apresentou condições adequadas ao surgimento da vida. Desenvolveu também investigações que possibilitaram a construção de um cabo telegráfico unindo a Europa e a América do Norte.

Valendo-se dos resultados de Joule, percebeu que seria necessário construir-se uma escala de temperatura absoluta e não baseada em pontos de fusão e ebulição de uma substância, como se verifica na escala Celsius. Tentou, então, uma escala onde calor e trabalho mecânico tivessem a mesma unidade. Assim, os resultados seriam os mesmos quando se promovesse uma transferência de escala.

**Clausius**, por sua vez, estabeleceu que:

- I. A quantidade de calor que flui da fonte para o “recipiente” depende da diferença de temperatura entre ambos.
- II. O calor não absorvido pelo “recipiente” é convertido em trabalho.

Tanto Kelvin como Clausius observaram que quando um gás se expandia realizando trabalho mecânico, perdia calor, sendo parte deste convertido em energia mecânica e outra parte dispensada para a vizinhança. Clausius, em 1865, estabelece o conceito de **entropia**, muito importante no estudo da Termodinâmica. O desenvolvimento das máquinas térmicas além da entrada das mesmas na indústria serão assuntos tratados a seguir.



Fontes: [www.geol.umd.edu/.../eltfal00/118g/l4/index.html](http://www.geol.umd.edu/.../eltfal00/118g/l4/index.html)  
[www.nndb.com/people/951/000100651/](http://www.nndb.com/people/951/000100651/)

***Figura 12 – William Thompson (1824-1907), o Lord Kelvin, e Rudolph Clausius (1822-1888 ), Físico e matemático alemão.***





# **CAPÍTULO 4**

## **James Watt e as máquinas térmicas**

A necessidade de se produzir trabalho mecânico com maior eficiência levou o homem ao longo sua história a buscar muitos meios para obtê-lo. Uma consequência imediata da busca por ferramentas cada vez melhores foi, além do aperfeiçoamento de tais ferramentas, o desenvolvimento de teorias explicativas dos processos que envolviam o funcionamento de cada uma delas. Por séculos, a tração animal, a força do próprio homem, o vento e os cursos de água foram utilizados como fontes de energia. Pode-se dizer que até o século XVII o homem não sentiu necessidade de buscar outras fontes. Tudo ia bem, até que nas minas de carvão inglesas, no final deste século (XVII), uma nova necessidade irá surgir e o desenvolvimento de uma bomba para sucção de água dessas minas terá grande relevância para o posterior desenvolvimento das máquinas a vapor. Vamos tratar aqui deste desenvolvimento dando especial atenção para o trabalho de James Watt e todo o processo de industrialização observado na Europa dos séculos XVIII e XIX.

## 4.1- Os antecedentes

James watt nasceu na Escócia em 19 de janeiro de 1736 e nesta época os mineiros ainda enfrentavam o sério problema da água que se acumulava no interior das minas de carvão do Reino Unido. Já existiam as bombas de sucção a vapor inventadas nas décadas anteriores, mas as mesmas apresentavam problemas relacionados principalmente à eficiência, ou seja, o consumo de energia era ainda grande em relação ao trabalho produzido. Antes da invenção dessas bombas, ainda no século XVII, valia-se do trabalho de crianças carregando baldes e mais baldes de água por horas a fio ao longo do dia. Certamente esta além de não ser uma forma eficiente de se realizar o trabalho, tratava-se de uma forma perversa de exploração, e alguma coisa precisava ser feita. É bom lembrar que a exploração da mão de obra infantil não será extinto nesta época, infelizmente.



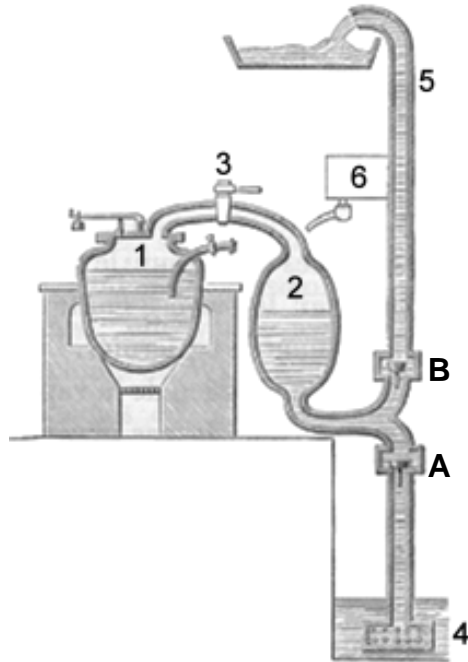
Fonte: [veja.abril.com.br/140508/p\\_135.shtml](http://veja.abril.com.br/140508/p_135.shtml)

***Figura 13: trabalho infantil durante a Revolução Industrial.***

Na tentativa de amenizar tal situação (não com relação à exploração infantil, mas da produção), Thomas Savery, em 1698, apresenta a primeira bomba de sucção que fazia uso de energia térmica, ou seja, produzia-se energia mecânica a partir da água aquecida e convertida em vapor. Sabe-se que a água tem seu volume aumentado em muitas vezes ao passar do estado líquido para o gasoso. Esta primeira máquina, além de ser capaz de sucções apenas em lugares rasos, quando muito exigida interrompia seu funcionamento, chegando às vezes a explodir. A pouca eficiência desta bomba exigiu que um novo modelo fosse idealizado.



***Figura 14 – Thomas Savery (1650-1715). A seguir, o diagrama de funcionamento de sua máquina a vapor.***



Fonte: [www.albertoroura.com/peich.php?maquina\\_vapor](http://www.albertoroura.com/peich.php?maquina_vapor)

***Figura 15 – o diagrama da máquina a vapor de Savery. Muita energia era perdida em cada ciclo de funcionamento. O vapor produzido na caldeira 1 passava pela válvula 3 e preenchia o recipiente 2. Ao ser resfriado pela água do reservatório 6 o vapor diminuía de volume, sugando a água da mina 4. Ao abrir-se novamente a válvula 3, com a válvula A fechada e a válvula B aberta, a água era expulsa pela tubulação 5.***

As figuras 14 e 15 mostram, respectivamente, Thomas Savery e sua máquina. Na máquina de Savery o vapor vindo do boiler penetrava no cilindro ocupando todo o espaço interno deste. Ao ser resfriado, o vapor condensava-se e, é claro, diminuía de volume, formando um vácuo. Estando a válvula inferior aberta a água a ser sugada da mina subia pela tubulação em direção ao

cilindro ocupando o lugar do vácuo. Em seguida, estando o cilindro preenchido com água, fechava-se a válvula inferior, abria-se a válvula superior e admitia-se mais vapor no cilindro, expulsando a água e reiniciando-se o processo. Para que o vapor se condensasse jogava-se água fria sobre o cilindro. Décadas depois James Watt iria descobrir que as variações de temperatura sofridas pelo cilindro em cada ciclo prejudicavam o desempenho da máquina, pois, no ciclo seguinte, o vapor que entraria no cilindro seria parcialmente condensado em função da baixa temperatura deste último.

Thomas Newcomen, em 1712, vai apresentar uma nova máquina mais eficiente que a anterior. O vapor de água entrava em um cilindro contendo um pistão, empurrando-o para cima. Diminuíase a temperatura do vapor dentro do cilindro injetando água fria no mesmo, promovendo a condensação do vapor. A diminuição do volume do vapor permitia que a atmosfera fora do cilindro empurrasse o pistão em sentido contrário, para baixo.



*Figura 16 – Thomas Newcomen (1663-1729)*

O vapor, então, era introduzido novamente no cilindro empurrando-o novamente para cima e o ciclo se reiniciava. Nestes ciclos, como era introduzido vapor e depois água fria para promover sua condensação, o cilindro sofria variações de temperatura apreciáveis. Apesar de melhor que a máquina de Savery, a bomba de Newcomen ainda poderia ser aperfeiçoada e assim seria feito por Watt.



Fonte: [www.kalipedia.com/popup/popupWindow.html?anch...](http://www.kalipedia.com/popup/popupWindow.html?anch...)

***Figura 17 – A máquina a vapor de Thomas Newcomen. Ele optou por resfriar o vapor injetando água fria dentro do cilindro. No detalhe A vemos o tubo que levava a água fria para o interior do cilindro para possibilitar o resfriamento do vapor.***

## **4.2- Watt: o condensador e o capitalismo**

A máquina de Newcomen apresentava o mesmo problema associado ao resfriamento do vapor dentro do cilindro. Diferentemente da máquina construída por Savery, para produzir tal resfriamento e a conseqüente condensação do vapor, borrijava-se água no interior do cilindro e não sobre ele. A questão é que o cilindro também se resfriava e isso diminuía muito a eficiência da máquina. Em suma, o problema ainda persistia e a eficiência da máquina continuava sendo afetada. O problema, então, era o seguinte: seria possível resfriar o vapor sem que se resfriasse o cilindro?

Ao observar o funcionamento de um protótipo em miniatura da máquina de Newcomen, Watt percebeu que ela operava bem por alguns ciclos e depois parava. Descobriu que isto se devia ao desperdício de calor em cada ciclo de operação da máquina, bem maior que naquela em tamanho natural.

Em princípio Watt tentou utilizar materiais com alto calor específico, ou seja, aqueles em que a temperatura aumenta muito pouco quando se cede a eles uma certa quantidade de calor. Chegou a experimentar um cilindro de madeira, mas esta, apesar de resolver os problemas associados à absorção de calor, possuía baixa resistência mecânica e rachava após algum tempo de uso.

Outro problema estava associado à água no estado líquido que se acumulava no cilindro. Quando o êmbolo subia, diminuindo a pressão sobre a mesma, formava-se um certa quantidade de vapor que, por sua vez, reduzia o vácuo dentro do cilindro.



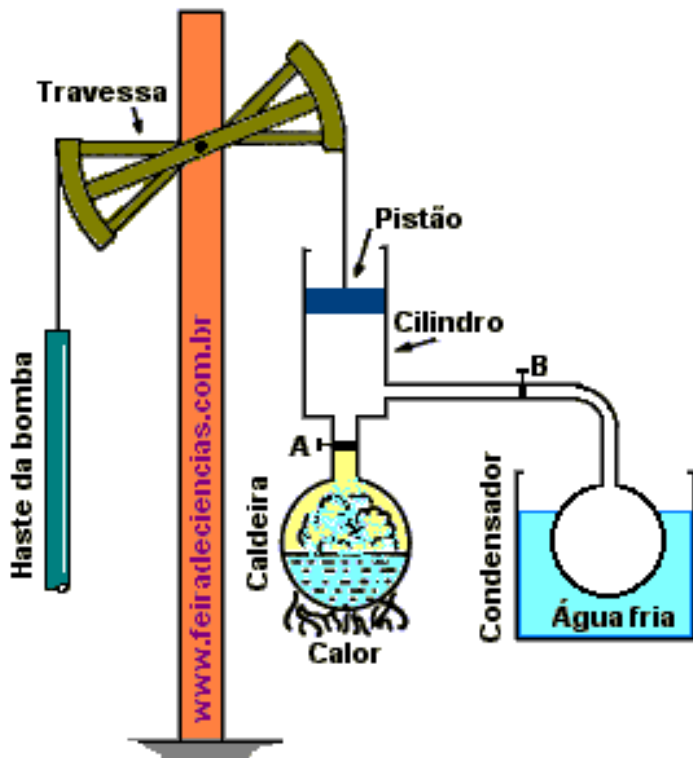
Em 1765 Watt teve a idéia de criar um recipiente à parte onde o vapor seria condensado, ou seja, fora do cilindro. Para isso seria feito vácuo neste recipiente e o vapor do cilindro fluiria até ele quando uma válvula assim o permitisse. Desta forma o cilindro permaneceria sempre aquecido, melhorando a eficiência da máquina.



*Figura 18 – James Watt (1736-1819)*

Em um primeiro momento, Watt e sua nova máquina foram apresentados a John Roebuck, arrendatário de uma mina de carvão próxima a Edimburgo. Este parceiro poderia ajudar Watt a retirar sua máquina do estágio puramente experimental. Uma bomba em tamanho natural chegou a ser construída e instalada na mina e, apesar de subutilizada, a ajuda de Roebuck foi fundamental para Watt. Ele garantiu a patente de sua invenção e, a partir de 1769, ninguém poderia copiar seu modelo e Roebuck ficaria com boa parte (dois terços) dos lucros advindos desta nova máquina. Além disso, por

intermédio de Roebuck , Watt é apresentado a Matthew Boulton, em 1768.



Fonte: [www.feiradeciencias.com.br/sala19/texto78.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala19/texto78.asp)

*Figura 19: Diagrama da máquina de Watt. Nesta nova concepção, o vapor não era resfriado no interior do cilindro. Através da válvula B o vapor fluía para o condensador, mantendo alta a temperatura do cilindro e melhorando a eficiência do equipamento.*

A partir daí foram feitas tentativas de negócios entre os dois empresários e Watt, este preso a Roebuck por meio de um contrato. Como não houve acordo, após 3 anos, em 1771, Watt abandona Roebuck e passa a trabalhar como topógrafo na construção de canais pela Escócia. A morte de sua esposa em 1774 e a falência de seu sócio um ano antes impulsionaram Watt para uma sociedade com Bolton.

Em 1776, a Companhia de Minas Bentley, em Birmingham, instalou a máquina de bombear “Boulton & Watt”. Após uma primeira “apresentação” do funcionamento da máquina, atestando-se perante alguns espectadores que ela era mesmo eficiente, sua popularização ocorreu de forma natural e pedidos de outras regiões chegaram para os sócios Watt e Boulton.

Pode-se dizer que o sucesso do funcionamento da bomba de Watt acelerou o processo de desenvolvimento industrial da segunda metade do século XVIII. A máquina a vapor acabaria sendo utilizada para outros fins e não somente para bombear água de minas de carvão. A indústria têxtil ainda se valia dos moinhos de vento e das rodas d'água como fonte de energia. Entretanto, estes produziam movimentos rotatórios, enquanto que na máquina a vapor de Watt o pistão executava um movimento de vai-e-vem. Resolveu-se este problema com uma associação de engrenagens executando um movimento onde associava-se um vai-e-vem (em linha reta) com um movimento circular. O desenvolvimento da indústria e o surgimento do capitalismo assim como do *capitalista*, impulsionaram o aperfeiçoamento posterior da máquina de Watt. O desenvolvimento científico e tecnológico não acontece sem investimentos e, é claro,

sem investidores. A ciência do calor, a Termodinâmica, também se desenvolveu muito nas décadas seguintes em função de necessidades surgidas ao longo de todo o processo que resultou na Revolução Industrial.

Vale ressaltar aqui que neste importante momento da história da humanidade, o homem, pela primeira vez, de fato passa a não depender exclusivamente da geografia de um determinado ambiente para trabalhar, ou, em outras palavras, passa ter certo domínio sobre o ambiente natural em que vive. A indústria algodoeira, por exemplo, tão dependente dos cursos d'água como fonte de energia mecânica para os moinhos, agora, com a força do vapor, poderia montar suas fábricas em qualquer lugar.

A Europa do século XVIII deve parte de seu desenvolvimento à invenção de Watt. A palavra “invenção” talvez nem fosse adequada neste caso. Savery e Newcomen, ou mesmo Heron de Alexandria, ainda no século III a. C., seriam de fato os inventores de alguma coisa capaz de produzir trabalho mecânico a partir do calor. Entretanto, o aperfeiçoamento introduzido por James Watt ao colocar um condensador separado do cilindro, permitindo que este se mantivesse sempre quente, foi decisivo para que a máquina tivesse sua eficiência aumentada e, assim, abrisse caminho para sua utilização para outros fins.

A contribuição de Watt, assim como a de muitos outros cientistas, é percebida quando se observa todo o desenvolvimento industrial ocorrido no século XVIII. O aumento da eficiência da produção e, como já dito anteriormente, o domínio que o homem passa a ter dos recursos naturais através das máquinas (que só foram

desenvolvidas porque eram necessárias ao sistema que se impunha), são fatores decisivos no que tange à alteração do curso da história: ascensão burguesa e fim do sistema feudal. Saímos de um sistema de produção baseado no artesão e na manufatura para mergulharmos em um sistema de produção industrial que muitas consequências trouxe para nossas vidas. O inchaço das grandes cidades, a poluição e até mesmo em parte o capitalismo são fatores que podemos tomar como exemplos. Por outro lado, o desenvolvimento tecnológico, impulsionado pelo próprio capitalismo, trouxe também conforto e melhor qualidade de vida. Já no século XVIII verifica-se um aumento na expectativa de vida das pessoas, fator que se acentuará no século seguinte com os desenvolvimentos científicos ocorridos na área da Biologia.

Não é por acaso que Eric J. Hobsbawm, renomado historiador do século XX, em um livro fascinante (*A Era das Revoluções*) cita que por volta de 1780 todos os índices estatísticos relevantes, indicadores de um processo de desenvolvimento econômico e industrial, dão um salto jamais visto na história. Se lembrarmos que Watt e Boulton apresentam sua máquina a vapor para o mundo quatorze anos antes, em 1776, é possível perceber a inquestionável contribuição desta inovação na alteração do curso da história. No próximo capítulo vamos tratar do desenvolvimento da Termodinâmica nas décadas seguintes e, principalmente, nos séculos XIX e XX.

# **CAPÍTULO 5**

## **Os combustíveis fósseis e os veículos auto-motores**

### **5.1- Otto e o motor a explosão**

Vedete do florescimento industrial nos séculos anteriores, a máquina a vapor vai aos poucos sendo, no século XIX, substituída por dispositivos mais eficientes (e talvez mais poluentes) à medida que os combustíveis fósseis vão entrando em cena de forma mais consistente. Já em 1801, Philippe Lebon patenteou um motor que fazia uso de uma mistura de ar e gás, ponto de partida do motor a explosão usado nos automóveis hoje em dia. Lebon não sobrevive para aperfeiçoar sua idéia e ela será retomada por Jean Joseph Étienne Lenoir em 1852. Em 1876, Nikolaus Otto aperfeiçoa a idéia e coloca em funcionamento o primeiro motor de 4 tempos (figuras 21 e 23).

Até chegarmos ao automóvel moderno, tal como o vemos nas ruas hoje, um longo caminho foi seguido. Este novo invento alterará sobremaneira a nossa percepção de distância e de tempo a partir de seu uso de forma mais sistemática. O Brasil, entretanto, efetivamente industrializado cerca de 100 anos depois já no governo JK, não adotará o automóvel com a mesma intensidade e com a mesma velocidade de outros países mais desenvolvidos, como os

EUA, por exemplo. A perua DKW da Vemag será o primeiro carro fabricado inteiramente no Brasil e isso no ano de 1956.



Fonte: [www.carroantigo.com/.../curio\\_nacionais\\_dkw.htm](http://www.carroantigo.com/.../curio_nacionais_dkw.htm)

***Figura 20 – Perua DKW da Vemag modelo 1956, o primeiro carro fabricado inteiramente no Brasil.***

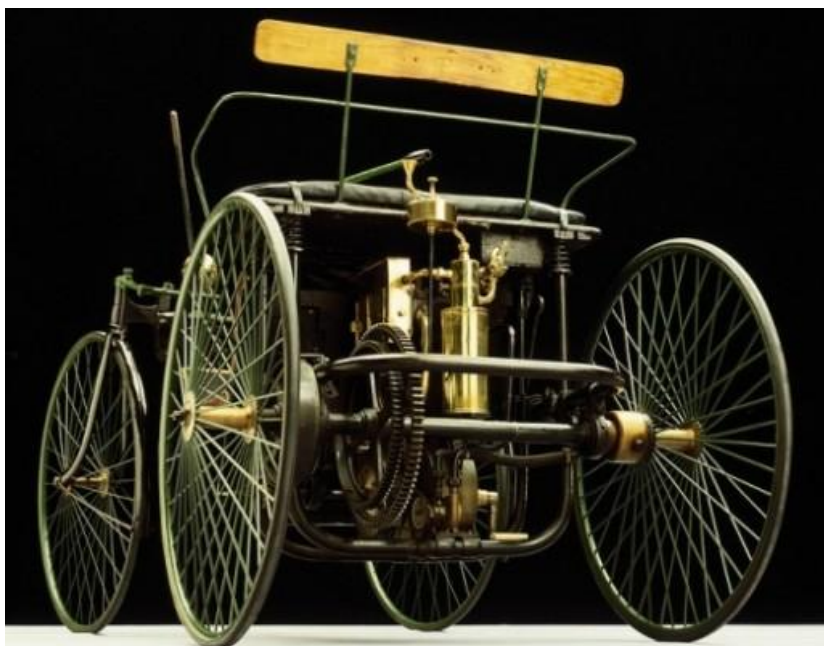
As fábricas de automóveis proliferaram na Europa e nos Estados Unidos na segunda metade do século XIX e rapidamente, além de todas as utilidades associadas à cobertura de distâncias mais longas em intervalos de tempo mais curtos, o carro passará a ser um fator de *status* social. A indústria automobilística, por isso, investirá mais e mais em tecnologia e, é claro, no conforto oferecido pelos automóveis. Nas primeiras décadas do século XX, Henry Ford lança o conceito de carro popular, ou seja, acessível às camadas mais baixas da população e tudo isso em consonância com o desenvolvimento do capitalismo, movimentando o mercado e a cadeia produtiva.



Fonte: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic-art/434878/30178/Nikolaus-Otto-1868>

*Figura 21 - Nikolaus Otto (1832-1891)*





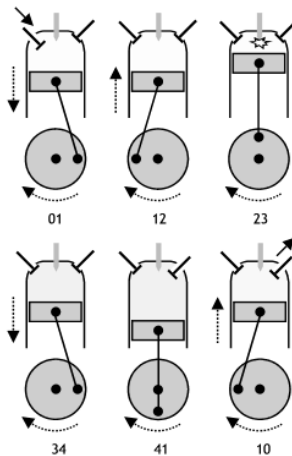
Fonte: <http://benzinsider.com/2008/06/the-history-of-the-gasoline-engine-at-mercedes-benz/>

*Figura 22: modelo desenvolvido pela mercedes-Benz a partir do motor desenvolvido por Otto em 1870*

O funcionamento básico de um motor de 4 tempos não é algo difícil de se compreender. Dentro da câmara (ou cilindro) ocorrem 4 estágios, mostrados na figura 23 e que são:

- 1- A **admissão** do combustível (01), em geral uma mistura deste em forma de gotículas muito pequenas e ar. Repare na figura que a válvula de admissão (à esquerda) está aberta e o pistão faz um movimento descendente;

- 2- A **compressão** desta mistura (12) para que o sistema (combustível + ar) ganhe energia. As duas válvulas agora estão fechadas. Neste instante há realização de trabalho sobre a mistura, elevando sua temperatura;
- 3- A **explosão** da mistura (23), que pode ser detonada por uma centelha (nos casos de gasolina, álcool ou GNV) ou espontaneamente (no caso do diesel). O pistão agora está no ponto mais alto da figura, ou seja, a explosão ocorre no momento em que a compressão exercida sobre a mistura é máxima;
- 4- A **exaustão** da mistura queimada (10) que será liberada para o ambiente por meio dos canos de descarga.



Fonte: <http://www.mspsc.eng.br/termo/termod0520.shtml>

*Figura 23 – esquema de funcionamento de um motor de 4 tempos.*

O disco mostrado na parte inferior das figuras é na verdade um eixo, perpendicular ao plano da figura, que transmitirá um movimento giratório às engrenagens da caixa de marchas a partir do movimento de vai-e-vem do pistão, idéia já presente nas máquinas a vapor do século XVIII.

Poderíamos considerar que com a popularização do automóvel todos ganhariam: a indústria venderia mais e poderia oferecer mais postos de trabalho, a economia teria mais dinheiro circulando e, por fim, não seria necessária uma boa condição financeira para se ter um carro. No entanto, problemas vão surgir, não apenas por culpa do carro popular, é claro.



**Fonte:** <http://www.noticiasautomotivas.com.br/pequim-reduz-transito-para-diminuir-poluicao-nos-jogos-olimpicos/>

***Figura 24 – Engarrafamento em uma grande avenida na China, o país mais populoso do mundo. Poderia muito bem ser em São Paulo ou em Belo Horizonte.***

A facilidade de se adquirir um automóvel vai se propagar pelo século XX e invadir o século XXI. O Fusca (corruptela da palavra alemã *Volks* → *volk* = povo, popular, etc.) será um ícone deste modelo de carro: barato tanto para compra como para manutenção e por isso acessível à maioria das pessoas. Uma série de problemas estarão associados ao excesso de veículos nas cidades. A figura 24 ilustra o principal deles: o trânsito lento. A poluição do ar e o estresse de quem precisa se locomover é inevitável.

Inúmeras são as soluções apresentadas pelas administrações das cidades. O controle de tráfego com semáforos inteligentes e os rodízios de veículos (onde se estabelecem os dias em que o motorista pode tirar seu carro da garagem de acordo com o número final da placa do mesmo) são os mais adotados. Os moradores das grandes metrópoles até agora (final da primeira década do século XXI) têm constatado com muita tristeza que nada disso resolveu o problema. Você já pensou em alguma coisa? Não acredite quando disserem que este problema não é seu.

## **5.2- O automóvel, o engarrafamento, o acidente de trânsito...**

O motor a explosão terá diversas vantagens em relação às máquinas a vapor. A eficiência é, sem dúvida, a maior delas. O montante de energia perdido no funcionamento de uma máquina a vapor era da ordem de 95 a 98% enquanto que em um moderno carro a gasolina essa perda é da ordem de 70%. Ainda assim, estamos tratando de perdas com uma considerável ordem de grandeza. Em um motor a diesel, por exemplo, elas ficam em torno de 60% e não há

muito o que fazer neste sentido. As máquinas térmicas trocam calor com o ambiente ao seu redor e acabam por desperdiçar muita energia.

A indústria automobilística tem investido em pesquisas na busca de veículos que apresentem um consumo de combustível menor, ou seja, que percorram maiores distâncias com um litro de gasolina, álcool, diesel ou 1 m<sup>3</sup> de GNV (gás). Há hoje, por exemplo, os carros *flex* e as motocicletas *mix* sendo possível o abastecimento com combustíveis diferentes ou mesmo com uma mistura deles. Este tipo de motor facilita um pouco a vida do motorista, pois se um combustível sofrer algum aumento de preço ou estiver escasso pode-se optar por outro ou mesmo por uma mistura de ambos. Fica a cargo dos proprietários a tarefa de analisar o desempenho de seus carros no dia a dia, consultar o que recomendam os fabricantes e abastecer os veículos com esta ou aquela proporção de cada combustível.

### **5.3- Vamos pensar...**

Não se pode negar os inúmeros benefícios que o automóvel trouxe para a humanidade. No transporte de cargas e pessoas, nos deslocamentos mais rápidos “encurtando” distâncias, etc. Entretanto, a engenhosa construção de Nikolaus Otto trouxe para nós problemas que precisamos discutir e, se não resolvê-los, pelo menos minimizá-los. Poderíamos citar:

- 1- A poluição do ar;
- 2- As reservas limitadas de combustíveis fósseis. O álcool é a melhor solução? E as áreas cultiváveis?

- 3- O trânsito. Como frear o crescimento do número de veículos nas cidades? Os rodízios têm funcionado?
- 4- O que a indústria automobilística tem feito? O carro elétrico pode ser uma boa solução?
- 5- Qual é a parcela de contribuição que cada um de nós pode dar para solucionar estes problemas?

Pesquise sobre os temas acima e promova um debate em sala de aula com seus colegas e com o professor. Apresente os resultados das pesquisas e das discussões em um mural que possa ser exposto na escola. Mostre que o problema é de todos.

# CAPÍTULO 6

## A eletricidade

### 6.1- Usinas hidrelétricas

Até o advento do século XIX a eletricidade e o magnetismo eram duas ciências desvinculadas uma da outra. Os fenômenos observados com ímãs (o funcionamento de uma bússola, por exemplo) não estariam associados a efeitos elétricos como a eletrização de corpos por meio do atrito entre eles ou mesmo descargas atmosféricas. Há muitos séculos, os fenômenos, tanto elétricos como magnéticos, já vinham sendo estudados e teorizados pelos cientistas. William Gilbert determinara, por volta de 1600, que a Terra era um grande ímã, o que explicaria a atração das bússolas por uma determinada direção. Da mesma forma, Benjamim Franklin já desenvolvera, algumas décadas antes, um importante estudo sobre as descargas atmosféricas. Mas o século apenas se iniciara e muito havia de ser alterado no cenário da Física nos anos de 1800.

Em 1820, Hans C. Ørsted observou que uma agulha imantada (uma bússola) sofria interferências quando um fio percorrido por uma corrente elétrica era colocado próximo a ela. Este fenômeno uniu eletricidade e magnetismo e, a partir daí, muitos outros efeitos foram descobertos e diversos dispositivos eletromagnéticos foram inventados. Michel Faraday vai descobrir, em 1831, que uma corrente variável fluindo por uma bobina poderia

induzir o aparecimento de outra corrente elétrica em outra bobina próxima à primeira.



Fonte: <http://profs.if.uff.br/moriconi/eletro2/>

***Figura 25 – Faraday (1791 - 1867) e um arranjo onde é possível verificar a indução de uma corrente elétrica a partir da variação de outra. Ao ligarmos a chave, por um instante a corrente fornecida pela pilha, inicialmente nula, aumentará até estabilizar-se. Durante este intervalo de tempo o fluxo magnético no núcleo (circular) variará e induzirá corrente na bobina à esquerda, influenciando a posição da bússola.***

No que diz respeito à conversão de um tipo de energia em outra, vamos destacar a possibilidade de se produzir energia elétrica a partir de energia mecânica, como o movimento giratório de turbinas, por exemplo, ligando-as a geradores elétricos. Isto propiciará o surgimento das usinas hidrelétricas aproveitando-se as quedas d'água, bastante comuns na maior parte do planeta. A descoberta de Faraday torna possível esta conversão. Posteriormente viriam as usinas termelétricas e termonucleares em que vapor de água vai fazer girar as turbinas. Abordaremos isto depois. O processo inverso, ou



seja, a produção de energia mecânica a partir de energia elétrica, será possível com o advento dos motores elétricos.

Para efeito de comparação, tomemos dois casos pitorescos quando se fala em eletricidade e usinas hidrelétricas. A primeira usina hidrelétrica construída no mundo (Appleton) foi instalada no rio Fox no estado americano de Winsconsin entre os anos de 1881 e 1882. Possuía uma potência geradora de 12,5 kW, ou seja, mil vezes menor que a usina de Itaipu, a mais potente em funcionamento hoje. Nesta época, Nikola Tesla e Thomas Edison não concordavam sobre a melhor forma de produção e de distribuição da energia elétrica. O primeiro deles defendia o uso da corrente alternada (CA), enquanto que o segundo defendia o uso de corrente contínua (CC). No Brasil, a primeira usina instalada para serviços de utilidade pública foi a de “Marmelos Zero”, no rio Paraibuna, em Juiz de Fora, Minas Gerais. Esta usina possuía potência instalada de 4 MW. Atualmente o governo chinês está construindo, no rio Yang-Tse, aquela que será a maior usina hidrelétrica do planeta. Estima-se que desde o início de sua construção, há cerca de 15 anos, mais de 1 milhão de pessoas já tiveram que abandonar suas casas, alagadas na formação do lago da usina. A necessidade de fornecimento de energia naquele país é enorme, dado o seu avançado processo de industrialização. Vale lembrar que a economia chinesa tem crescido cerca de 9 a 12 % ao ano nos últimos tempos e, é claro, isto não se dá sem um fornecimento de energia compatível.

Você poderia perguntar: “E o meio ambiente? Onde entraria nesta história?”



Fonte: [http://www.apolo11.com/volta\\_ao\\_mundo.php?id=dat\\_20050208-170257.inc](http://www.apolo11.com/volta_ao_mundo.php?id=dat_20050208-170257.inc)

*Figura 26 – imagem de satélite da Usina de Três Gargantas no rio Yang-Tse na China. Nesta imagem é possível perceber a extensão do lago formado na construção da usina.*



Fonte: [http://ocaosambiental.blogspot.com/2007\\_09\\_23\\_archive.html](http://ocaosambiental.blogspot.com/2007_09_23_archive.html)

*Figura 27 – Usina de três Gargantas no rio Yang-Tse, na China. Quando estiver a pleno funcionamento terá potência de cerca de 19 mil MW*

Pois é, os impactos ambientais de uma instalação deste porte são enormes e provocam em nós uma pergunta: até que ponto os interesses econômicos estiveram sobrepostos às questões sociais ambientais?



Fonte: [http://www.mme.gov.br/mme/noticias/destaque\\_foto/destaque\\_0011.html](http://www.mme.gov.br/mme/noticias/destaque_foto/destaque_0011.html)

***Figura 28 – Usina de Itaipu na divisa entre o Brasil e o Paraguai. Observa-se a extensão do lago formado em comparação com a largura natural do rio Paraná.***

Não é possível imaginarmos o mundo hoje sem energia elétrica. Menos de dois séculos se passaram desde a descoberta da conexão entre eletricidade e magnetismo por Öersted até a criação de todo aparato tecnológico existente hoje em dia. Aparelhos eletrodomésticos, indústrias, sistemas de partida de veículos

automotores, celulares..., ou seja, quase tudo à nossa volta utiliza a eletricidade como fonte de energia. Mais uma vez, entretanto, ela não trará apenas conforto e praticidade às nossas vidas. Alagamento de cidades, destruição de áreas de florestas, deslocamento da fauna do local e até mesmo emissão de gases causadores do efeito estufa são alguns dos inconvenientes da instalação de uma usina geradora de eletricidade. São necessários, portanto, estudos sobre o impacto causado pela instalação da usina geradora e estabelecer-se a relação entre custo (tanto financeiro quanto ambiental) e os benefícios que a mesma trará.

## **6.2- Usinas Termelétricas**

A geração de energia elétrica por meio de usinas térmicas no Brasil é, podemos dizer, pequena em relação às usinas hidrelétricas. Nosso país dispõe de um potencial hidrelétrico considerável e não necessita muito do uso de outros tipos de fontes energéticas. Tais usinas são mais exigidas nos períodos de seca quando o nível dos reservatórios das represas das hidrelétricas fica baixo e o volume de água mostra-se insuficiente para atender a demanda de energia.

As usinas termelétricas normalmente valem-se de gás natural, carvão ou óleo como fonte primária de energia. A queima destes combustíveis faz ferver água e produz vapor. Este último, por sua vez, dará às turbinas o torque necessário para que elas, ligadas aos geradores, produzam energia elétrica. A primeira impressão é a de que uma usina termelétrica pode ser instalada em qualquer lugar, diferentemente das hidrelétricas que prescindem de uma queda d'água para sua construção. Não vamos nos ater aqui a detalhes

técnicos. Entretanto, quanto a trazer a usina para perto das cidades, economizando recursos na transmissão da energia, não resta dúvida que as termelétricas levam alguma vantagem sobre as hidrelétricas.



Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/483540>

***Figura 29 – Usina termelétrica Piratininga no estado de São Paulo.***

Por outro lado, a poluição gerada por este tipo de usina é algo preocupante. Na tentativa de minimizar os efeitos dos gases emitidos para a atmosfera, são construídas chaminés com dezenas de metros de altura. Desta forma, a emissão de partículas presentes nesses gases para o ambiente é minimizada e as cinzas recolhidas podem ser usadas na metalurgia e em construções, misturadas ao cimento.



Fonte: <http://blog.socialmoda.com.br/category/meio-ambiente/>

***Figura 30 – Poluição em grande avenida de Pequim. Boa parte dos gases são produzidos por uma usina termelétrica.***

Também associado aos problemas ambientais, deve-se lembrar que a água utilizada na usina não pode ser liberada para a natureza sem que antes tenha sua temperatura reduzida e, por fim, os combustíveis utilizados como fontes primárias apresentam alto custo para sua obtenção, além de estarmos tratando de substâncias com reservas limitadas. Aparentemente este tipo de usina só deve ser concebida se não for possível ou viável a construção de uma hidrelétrica.



Fonte: <http://www.goethe-bytes.de/dw/article/0,,2509368,00.html>

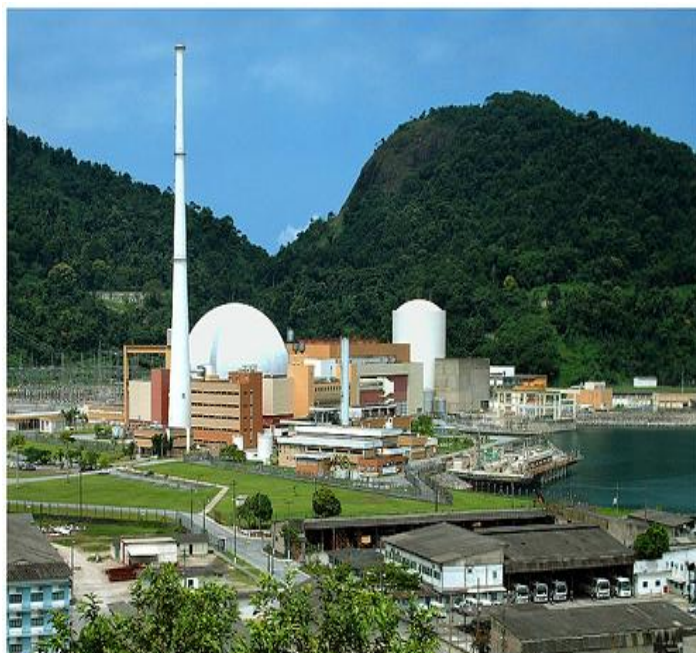
*Figura 31 – Usina termelétrica a carvão instalada em Jaenschwalde, Brandemburgo, Alemanha.*

### **6.3- Usinas termonucleares**

Não muito diferentes das termelétricas, as usinas que utilizam combustível nuclear também apresentam algumas vantagens em relação às hidrelétricas, principalmente no que diz respeito ao local de instalação, reduzindo-se os custos associados às redes de transmissão. Apesar disso, não é novidade para ninguém que as usinas nucleares produzem resíduos que precisam ser acondicionados



de forma adequada e assim ficarão por anos e anos. Os defensores deste tipo de usina afirmam que este armazenamento de resíduos, se feito corretamente, não chega a ser um problema e causa impactos ambientais muito menores que outros tipos de instalações. Além disso, as usinas nucleares ocupam um espaço relativamente pequeno e não emitem gases poluentes para a atmosfera.



Fonte: <http://www.flickr.com/photos/rostev/413127196/>

***Figura 32 – Usina nuclear de Angra II no estado do Rio de Janeiro.***

Os rejeitos da usina devem ser devidamente acondicionados. Aqueles de baixa e média radioatividade, como roupas e materiais utilizados dentro da usina, são acondicionados separadamente. Já os

resíduos provenientes do próprio combustível, ou seja, de alta radioatividade, são acondicionados em outro ambiente dentro da própria usina e podem até ser reaproveitados no futuro.

Novamente é possível perceber que não se pode decidir pela instalação desta ou daquela usina de geração de eletricidade sem que se faça anteriormente um estudo minucioso dos impactos provocados por cada instalação. A produção de energia a partir de fontes nucleares exige um volume de combustível muito menor que as termelétricas, por exemplo. Uma pequena quantidade de urânio enriquecido liberará uma enorme quantidade de energia quando de sua fissão (quebra do núcleo). A equação  $E = m.c^2$  mostra de certa forma o que queremos dizer. Nela, temos que uma quantidade de energia  $E$  será liberada a partir de uma quantidade de massa  $m$ . Como o número  $c^2$  ( $c = 3 \times 10^8$  m/s  $\rightarrow$  velocidade da luz) é muito grande, será possível obter grande quantidade de energia ( $E$ ) mesmo para pequenas quantidades de massa. Para efeito de exemplificação, imaginemos que vamos converter 1 kg de massa ( $m$ ) em energia ( $E$ ). Teremos, então:

$$E = 1\text{kg} \times (3,0 \times 10^8 \text{m/s})^2$$

$$E = 1\text{kg} \times 9,0 \times 10^{16} \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 9,0 \times 10^{16} \text{ J (A)}$$

O número acima só fará sentido se o compararmos com algum outro que você conheça, portanto, imaginemos uma família

com 4 pessoas e que tenha um consumo mensal de 200 kWh de energia elétrica. Teremos, então:

$$1 \text{ kWh} = 1000\text{W} \times 3600\text{s}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

Então

$$200 \text{ kWh} = 720 \times 10^6 \text{ J} = 7,2 \times 10^8 \text{ J (B)}$$

Dividindo-se (A) por (B), teremos:

$$1,25 \times 10^8 \text{ meses!!!}$$

A energia gerada por 1 kg de material seria suficiente para abastecer esta família por cerca de 10 milhões de anos!!! O número impressiona, não é mesmo? Entretanto, estamos tratando de questões que envolvem o meio ambiente, recursos não renováveis, risco de acidentes com mortes e contaminações por muitos anos (veja o caso da usina de Chernobyl em 1986 e do césio em Goiânia em 1987) e, por isso, nada pode ser decidido sem estudos e de forma precipitada.

Pesquise e discuta com a turma e com o professor:

- Quando é viável a construção de uma termelétrica?
- Que países mais se valem deste tipo de usina?
- Até quando teremos combustíveis para abastecê-las?
- As usinas nucleares são realmente viáveis?

- e. O Brasil pode prescindir deste tipo de usina (termelétrica ou termonuclear)?
- f. Podemos considerar que o projeto “Angra” deu certo?
- g. O que houve em Chernobyl e em Goiânia? Quem falhou? Como evitar que tais acidentes se repitam? Que conseqüências destes acidentes ainda ecoam em nossos dias?

# CAPÍTULO 7

## Pensando o futuro

Os assuntos tratados neste livro remetem a uma palavra: **RESPONSABILIDADE**. Somos todos responsáveis pelo uso racional dos recursos energéticos disponíveis, pelo tratamento adequado do lixo que produzimos, pela preservação de nosso meio ambiente e, por fim, pela manutenção de condições mínimas de sobrevivência para as gerações futuras. De nada adianta exaurir o planeta e esgotar-lhe os recursos se vamos torná-lo inviável a nós mesmos e àqueles que virão. É preciso pensar o mundo de forma mais ampla e tentar enxergar o que está além do “nosso mundo”, fugindo de atitudes individualistas e lembrando sempre que não estamos sozinhos sobre o planeta.

Atitudes simples e corriqueiras podem ter um grande impacto sobre a dinâmica planetária. Qualquer pessoa pode separar o lixo dentro de sua casa e, mesmo que sua cidade não tenha esquema de coleta seletiva, hoje temos um grande número de pessoas que vivem de coletar e vender materiais recicláveis e reaproveitáveis. Certamente não será difícil conseguir que alguém passe em sua casa e recolha aquilo que você separou. Talvez o maior problema que todos nós estejamos enfrentando nestes “tempos modernos” seja o do individualismo.



Fonte: (em sentido horário):

<http://premium.klickeducacao.com.br/2006/enciclo/encicloverb/0,5977,IGP-2896,00.html>

<http://www.xtec.es/-aparra1/true/hambre.jpg>

<http://www.riodaintegracaonacional.blogspot.com>

<http://sosriodosbrasil.blogspot.com/2008/07/falta-degua-em-franca-vira-caso-de.html>

***Figura 33 – A falta de água gera fome e uma série de outros problemas de ordem social. É preciso cuidar bem deste recurso, indispensável à existência de vida na Terra.***

Não que sejamos um bando de egoístas, mas falta à maior parte das pessoas um sentimento e uma visão de mundo mais ampla. Em nossas casas, por exemplo, pensamos no todo, ou seja, se há uma

infiltração em um dos cômodos da construção nos preocupamos com isso, mesmo que não seja em nosso quarto. Com o planeta deveríamos pensar da mesma forma.

O clima, os recursos naturais e os recursos energéticos devem ser tratados como questões planetárias e não apenas deste ou daquele país ou continente. Algumas cidades brasileiras, como Belo Horizonte, por exemplo, têm fartura de água tratada e de boa qualidade, mas isso não dá aos seus moradores o direito de desperdiçá-la e dela fazer uso como bem entender. A mesma coisa acontece com a energia elétrica, os alimentos, etc.. Quando o homem iniciou o processo de industrialização do mundo, na Inglaterra do século XVIII, nem imaginava tudo o que viria pela frente. Questionar as atitudes humanas e os caminhos que o homem opta por seguir em determinados momentos de sua história é papel do próprio homem e ele faz isso quando passa a filosofar sobre sua existência. Deve questionar suas atitudes e suas decisões e, com isso, tentar antever os resultados de suas opções e escolhas.

O estudo da história e da ciência (principalmente da evolução desta última) de forma questionadora, ajudará no entendimento dos caminhos que a humanidade seguiu até aqui. Por que optamos por este ou aquele recurso energético ou tecnológico e o que ele nos trouxe de benefícios e de prejuízos? Passamos a compreender melhor as nossas próprias atitudes e a rever hábitos nocivos a nosso meio social. Atitudes que julgávamos “normais”, achando que não estaríamos prejudicando ninguém, deixam de ser vistas por nós desta forma. Apesar disso, mudanças de atitudes e de hábitos não são nada fáceis, mas é preciso pelo menos nos

conscientizarmos de que não devemos esperar decisões governamentais ou ações de ONG's. Cada um de nós é parte importante deste conjunto de engrenagens que move o planeta.



Fonte: <http://biodanca.blogspot.com/2008/10/lixo-o-que-fazer.html>

***Figura 34 – o frágil planeta precisa de cuidados.***





Fonte: <http://biodanca.blogspot.com/2008/10/lixo-o-que-fazer.html>

***Figura 35 – O lixo: duas possibilidades.***

Reflita sobre o que anda fazendo. Procure usar de forma racional os recursos energéticos e naturais à sua disposição. Não importa se raramente falta água ou energia elétrica em sua casa. Lembre-se que o seu uso de forma inadequada pode levar à escassez do recurso para outras pessoas e até para você mesmo. Tente tornar seu ambiente mais agradável e o melhor jeito de começar uma

mudança é por nós mesmos, em nosso interior e em nossas casas.  
Faça sua parte que a humanidade agradecerá.

# Bibliografia

[premium.klickeducacao.com.br](http://premium.klickeducacao.com.br)

[riodaintegracaonacional.blogspot.com](http://riodaintegracaonacional.blogspot.com)

[ocaosambiental.blogspot.com](http://ocaosambiental.blogspot.com)

[www.sol.sapo.pt](http://www.sol.sapo.pt)

[minhavafilosofia.blogspot.com](http://minhavafilosofia.blogspot.com)

[son.nasa.gov](http://son.nasa.gov)

[Revista Ciência Hoje – vol. 41 – jan/fev – 2008](#)

[www.moderna.com.br](http://www.moderna.com.br)

[www.academia.g12.br](http://www.academia.g12.br)

[www.salonhogar.com](http://www.salonhogar.com)

[w3.ufsm.br/petfisica/extras/joule.html](http://w3.ufsm.br/petfisica/extras/joule.html)

[www.saladefisica.cjb.net](http://www.saladefisica.cjb.net)

[www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org)

[www.infinite-energy.com](http://www.infinite-energy.com)

[www.fem.unicamp.br](http://www.fem.unicamp.br)

[www.mgsteam.btinternet.co.uk](http://www.mgsteam.btinternet.co.uk)

[www.cottontimes.co.uk](http://www.cottontimes.co.uk)

[www.history.rochester.edu](http://www.history.rochester.edu)

[www.bjinforma.com](http://www.bjinforma.com)

[www.ecodebate.com.br](http://www.ecodebate.com.br)

[www.apolo11.com](http://www.apolo11.com)

[www.ager.mt.gov.br](http://www.ager.mt.gov.br)

CORVISIER, André. **História Moderna** – Ed. Difel – 1976 – Itu-SP.

HOBBSAWM, Eric J. **A Era das Revoluções**. Ed. Paz e Terra. 1986 – São Paulo-SP.

SPROULE, Anna. **Personagens que mudaram o mundo: James Watt**. Ed. Globo – 1993 – São Paulo, SP.