

Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem

Hélio Tessmer

e-mail: htess@terra.com.br

Rua Cel. Genuíno Sampaio, 70 - Bairro Vila Nova
93520-350-Novo Hamburgo-RS

Abstract: The article presents a historical synthesis about the evolution of the energy consumption by the humankind since the Pré-History until nowadays. It is described the main primary energy sources and their use in the different civilizatory processes of the humanity.

Key words: Energy consumption. Historical evolution. Civilizatory processes.

Resumo: O artigo apresenta uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem desde a Pré-História até o ano 2000 d.C. São citadas as principais fontes primárias de energia e seu uso acompanhando a evolução dos processos civilizatórios da humanidade.

Palavras chave: Consumo de energia. Evolução histórica. Processos civilizatórios.

O Período Neolítico até as Civilizações Antigas

O homem viveu em longos períodos no estado nômade, onde a energia que utilizava era proveniente da força muscular. O uso do fogo, iniciado a algumas centenas de milhares de anos – homem de Pequim há 400 mil anos, foi o primeiro avanço tecnológico, bem como os utensílios para caça e pesca.

Há cerca de doze mil anos ocorreu a primeira grande revolução energética, no início do chamado período neolítico, na qual o homem passa do uso da energia primária fornecida pela natureza para uma energia final derivada de diversos tipos de conversores, com a produção agrícola e a pecuária. Estes são conversores biológicos com o transporte e armazenamento em grosso e com a preparação culinária de alimentos. Com a utilização de animais de tração tem-se a potência disponível aumentada de no mínimo um fator quatro vezes maior.

Com a sedentarização e o surgimento dos primeiros grupamentos o homem aproveita o excedente de energia armazenável oriundo da agricultura e desenvolve atividades de olaria, artesanato da cerâmica e outros artefatos.

No IV milênio antes de Cristo emergem um conjunto de focos civilizatórios de grande influência posterior. Estes focos surgem nos grandes vales aluviais como o Indu, Tigre, Eufrates, Nilo e utilizam a cultura irrigada de cereais. Caracterizam-se pelo início da ordenação inteligente da natureza e pela produção calculada de bens de consumo. Surgem os primeiros Estados com eminentes construções arquitetônicas.

Outros exemplos de aproveitamentos de conversores energéticos desenvolvidos por grupos humanos em ambientes ecológicos menos favoráveis à cultura de cereais é a criação de ovelhas em montanhas, o uso de cavalos nas estepes asiáticas, de camelos nas áreas áridas do norte da África. Mais tarde o aproveitamento dos ventos com a navegação marítima. Estas linhas energéticas marcaram a história nos três milênios que antecederam nossa era no Oriente Próximo.

Por um longo período, incluindo as civilizações grega e romana a energia motriz mais eficiente e solicitada é a do homem. Em Atenas na Grécia a mão-de-obra escrava correspondia a 80% da população.

Os ventos na navegação a vela foram um aproveitamento energético importante, que atingiu o seu ápice com o povo fenício no segundo milênio antes de Cristo. O mar Mediterrâneo, o mar Vermelho e o Golfo Pérsico constituem importantes meios para o transporte marítimo de cargas na antiguidade, transporte este associado à navegação fluvial, ao de cavalos e mulas no sudeste da Europa, dromedários e camelos em zonas áridas.

Posteriormente os gregos dominaram a navegação e o comércio nas margens setentrionais do Mediterrâneo. Na época da Grécia clássica já há dificuldades em suprir as

principais cidades gregas com alimentos e lenha do próprio território e ocorre forte expansão marítima para o transporte de cereais, madeiras, etc. Os gregos formam uma frota armada notável para assegurarem o acesso às rotas e portos essenciais, simbolizada pela trirreme, embarcação que combina velame com a força de remadores. Entre os séculos VI e V a.C. foram desenvolvidos vários mecanismos mecânicos úteis como o parafuso, a polia, as rodas dentadas e as engrenagens o que auxiliou na construção de máquinas de guerra e aparelhos de elevação de cargas em portos e minas. Mais tarde criaram-se mós rotativas de eixo vertical para trituração de minerais, a mó de vai-e-vem movida a mão em torno de um ponto exterior para cereais, máquinas e prensas para fabricar azeite e vinho. A mão-de-obra escrava continua essencial.

A civilização grega enfrentou obstáculos com a escassez de madeira indispensável nos estaleiros e fundições de metais, com variações climáticas que tornavam irregular o uso da energia hidráulica, com comunicações terrestres difíceis e com uma pecuária insuficiente. Roma inicia seu predomínio político-militar na bacia mediterrânea.

Este período de 31 a.C. a 410 d.C. marca o domínio romano o qual também dependia do trabalho escravo. Foi utilizada madeira em escala industrial, especialmente na fundição de metais para a produção de armas. Com isto foi desmatada a Península Ibérica e também a Espanha. Muitas fundições romanas acabaram sendo transportadas para os países nórdicos onde a madeira ainda era abundante.

Foi notável a infraestrutura de transportes construída pelo Império Romano. Com uma rede de estradas, caminhos fluviais e pelo mar Mediterrâneo constituíram um sistema de transportes e comunicações que permitiu dominar vastos territórios do Atlântico à Ásia Ocidental e da Inglaterra à África do Norte, provedores de energia sob a forma de escravos e de alimentos, essencialmente o trigo. Estima-se que anualmente eram descarregados sobre o cais romano 800.000 toneladas de mercadorias no primeiro século de nossa era. No início da era cristã o número de escravos na Itália seria de pelo menos três milhões.

Mas a notável estrutura predatória do Império Romano não se sustentou. O custo de manutenção da enorme máquina militar, a diminuição da corrente de importação de escravos, as invasões pelas forças bárbaras foram alguns fatores que o levaram ao declínio. O descaso com as populações rurais que acabavam abandonando o campo e partiam para a miséria nas áreas urbanas, o excesso de uso de capital em atividades não produtivas formam outros. Mesmo o avanço técnico em obras de engenharia, a utilização de moinhos com força animal ou hidráulica não substituiu a grande dependência da mão-de-obra escrava.

Por fim os escravos revoltavam-se e não havia como contê-los. Foram feitas tentativas para impedir a derrocada do Império sem entretanto surtir efeito, como utilizar soldados para fazerem colheitas, aumentar os impostos de pequenos artesões e proprietários rurais, proibir a mudança de profissão para evitar a rotatividade de mão-de-obra.

Com o fim do Império Romano no ano 410 d.C. inicia o feudalismo que duraria 1400 anos.

A China e sua importância

A utilização da energia na China merece uma referência à parte, onde a produção por conversão da radiação solar utilizando técnicas pré-industriais adquiriu cedo formas características, principalmente pela quase total ausência do escravagismo nas relações produtivas. No meio rural chinês prevaleceu o uso das energias biológicas, em especial a energia física dos homens e das mulheres.

O modelo energético chinês consegue uma alta produtividade alimentar organizada em torno do cultivo intensivo do solo com cereais de alto rendimento calórico – milhete, trigo, arroz com safras contínuas, sistema de irrigação eficiente, uso de biomassa como lenha, palha, capim e rejeitos orgânicos, conversores animais e mecânicos (moinhos) e o trabalho humano. O sistema energético corresponde ao sistema agrícola, adaptado a cada região e cada época. Com o passar dos séculos aprimoraram-se os cultivos, aumentou a produtividade agrícola e a população aumentou extraordinariamente. Esta levava um milênio para dobrar seu número atingindo 138 milhões de habitantes em 1750, passou para 412 milhões em 1850 e superou 1 bilhão em 1980. O alimento básico é o arroz plantado artesanalmente com uso intensivo de mão-de-obra em

todas as etapas desde a preparação da terra, adubação, plantio por repicagem, controle da irrigação, colheita. Obtém-se uma alta produtividade associada a um uso intensivo da energia humana.

Outra característica histórica importante na China desde seu período medieval, foram as inovações tecnológicas implantadas, por exemplo na hidráulica dispositivos de elevação de água tais como poços com balancins (século V a. C.), nórias e bombas de cadeia sem fim (século II d.C.), complexos sistemas de irrigação para grandes áreas, como o sistema Dujiangyan, no distrito de GuanXian, terminado em 230 a.C. e que irriga hoje cerca de 250 mil hectares.

Os chineses foram pioneiros em inúmeros inventos mecânicos, antecedendo os europeus em alguns casos em séculos. Na tração animal substituíram o arreo de garrote para cavalos por arreo de peitoral desde 1000 a.C. e depois usaram o arreo de quarto dianteiro a partir do século III d.C. Tinham rodas hidráulicas para mover foles, martelos metálicos, moinhos hidráulicos horizontais, a conversão do movimento rotativo em movimento longitudinal com bielas motrizes e haste de pistão, moinhos de vento, a fabricação do bronze no século VIII a.C. e do ferro por forjamento e gusa por cadinho no século VI a.C. Além do carvão vegetal é empregado combustível fóssil (hulha) nas fundições, na cocção de alimentos e no aquecimento doméstico desde muito antes do mundo ocidental. No século II a.C. fabricam aço e já possuem altos fornos.

Quando na Europa entre 750 e 1100 d.C. são exploradas as florestas em larga escala, a China generaliza o emprego de energias fósseis para atender a crescente demanda de combustível da população, de metal para a agricultura, exércitos e Estado, também para compensar o desflorestamento de numerosas regiões da China do Norte.

Na agricultura destaca-se a tração animal, com o uso de búfalos na rizicultura, bois, cavalos e mulas, sendo este recurso energético equiparável a energia humana usada intensivamente.

Durante dois milênios a China dispôs, portanto, de uma estrutura energética diversificada e a mais complexa que existiu antes da emergência do capitalismo industrial ocidental, daí o seu avanço relativo sobre as outras civilizações até o século XVII. Apesar de numerosas crises internas ocorridas nestes dois milênios, o uso de animais, biomassa, carvão mineral, conversores mecânicos de energia da água e do vento, tudo acrescido do trabalho humano formou um perfil energético capaz de sustentar séculos a fio uma grande civilização.

A Idade Média na Europa

No fim do Império Romano suas cidades passaram a se despovoar, pois os mais ricos preferiam se instalar em vilas fortificadas, protegidos por exércitos próprios. A escravidão seria substituída por uma nova ordem social – a servidão. Assim nascia a idade medieval e morriam as grandes cidades do Ocidente. Quase toda a atividade humana da época acontecia no campo. Todos viviam em estreita dependência da agricultura. O feudo constituía a unidade de produção. A descentralização foi completa.

O dinheiro passou a ter pouco valor, pois tudo era pago em espécie. Assim produtores e consumidores passaram a fazer parte do mesmo grupo. Cada consumidor feudal teria de ser autosuficiente.

Após o feudalismo clássico que durou em torno de 700 anos, ocorreram as Cruzadas, o que ocasionou um sensível aumento no comércio. Assim começaram a renascer as cidades, embora pequenas, por ocuparem pouca mão-de-obra com a faina principal que eram as atividades comerciais. Surgiram novos hábitos de consumo, principalmente entre os senhores feudais. Os servos passaram a ser pressionados além da capacidade de sua resistência, fazendo-os fugirem para as cidades.

O uso de energia baseava-se nos bioconversores (lenha, tração animal) e fontes renováveis como a hidráulica e ventos. A agricultura, base da economia, usava a energia de animais de tiro como bois e cavalos, que também eram os principais meios de transporte. A lenha e o carvão vegetal eram intensamente utilizados, para cocção de alimentos e padarias, aquecimento, olarias, forjas, manufatura de vidros. A madeira para marcenaria, construções civis e estaleiros. Tal era a devastação florestal para estes usos e também para expansão das

áreas de agricultura que a Europa teve sérias dificuldades com o suprimento de madeira e lenha. Em vastas áreas as florestas acabaram-se.

Muito importantes foram os moinhos hidráulicos mais usados numa primeira fase, e a seguir os moinhos a vento, que representaram uma descentralização de poder no controle por engenhos pelos senhores feudais e pelo clero. Os moinhos eram largamente usados no trato de cereais – descascamento, quebra e moagem, fabricação de óleos, para acionar foles em forjas, marteletes no preparo de couros, apisoar tecidos e malhar peças de ferro, preparo de tanino para curtumes, para levantes de água, etc. Representaram uma protoindustrialização e um caminho irreversível na utilização de recursos técnicos de melhor rendimento produtivo ao homem. Marcaram o início dos empreendimentos capitalistas energéticos.

Paralelamente eram introduzidos aprimoramentos nas técnicas agrícolas, como a rotatividade de culturas, como exemplo a alternância no cultivo de cereais e forragens no mesmo terreno, a substituição dos toscos arados de madeira pelos arados de ferro com aiveca (século XIII), o uso de cavalos na aragem ao invés de bois.

A partir do século IX inicia-se um forte crescimento populacional, renovam-se as áreas urbanas, mudam os antigos quadros sociais. Isto é favorecido pela expansão da fronteira agrícola e das melhores técnicas de cultivo e da produção agropecuária.

Nos séculos iniciais do segundo milênio d.C. principia uma mudança básica nos sistemas econômicos com a ampliação na navegação marítima pelo transporte de alto rendimento de cargas na área mediterrânea e no Mar do Norte, que desoneram os custosos transportes terrestres entre a Itália e o Mar do Norte e trouxeram novas fortunas a comerciantes.

A soma destes fatores colaborou para a mudança à um novo sistema energético. Outros fatores que ocasionaram mudanças na sociedade medieval foram os grandes descobrimentos, a Reforma e o Renascimento. Vários conhecimentos técnicos e científicos dariam sustentação a alterações nos sistemas produtivos. Exemplos significativos são a introdução nas fundições dos altos fornos operando a 1150°C na combinação ferro-carbono no início do século XIV e as caravelas com leme de pôpa no transporte marítimo.

A Revolução Industrial

Os últimos baluartes do feudalismo na Europa foram derrubados com a Revolução Francesa, que acontecia ao mesmo tempo em que nascia a Revolução Industrial no século XVIII.

A Revolução Industrial deve ser entendida como o coroamento de um grande avanço científico que se iniciou com o Renascimento, onde grandes gênios impulsionaram a ciência incorporando o método científico.

Entre 1760 e 1840 registraram-se profundas mudanças na Europa. A partir desta época, a Inglaterra assume a liderança do mundo moderno. Com a ampla utilização do conhecimento científico foi possível ter início a fabricação dos bens de produção e consumo em escala industrial. Teve início também a especialização da atividade econômica para a produção de bens, o que não ocorria anteriormente, onde os trabalhadores eram transferidos das atividades metalúrgicas para a agricultura e retornavam a essa sazonalmente. Houve um grande surto de urbanização com o deslocamento de mão-de-obra do setor primário para o setor secundário, ou seja, de bens manufaturados e em menor escala para o terciário ou de serviços.

O aumento na produção de carvão mineral teve grandes reflexos na indústria siderúrgica inglesa. No início do século XVII a Inglaterra tinha grande dependência da importação de madeira de outros países e viu-se na contingência de reciclar-se, passando a usar o carvão mineral ao invés do vegetal. O setor metalúrgico foi montado desde o início em moldes empresariais, altamente capitalizado e provocou outras evoluções importantes com o uso da caldeira a vapor nos transportes ferroviários e na indústria.

A empresa privada tornou-se a maneira mais eficiente de garantir o ritmo do crescimento econômico.

No decorrer do século XIX a Revolução Industrial atingiu grande parte do continente europeu e dos Estados Unidos. As fontes energéticas principais eram a lenha, o carvão mineral e posteriormente a eletricidade no final do século XIX. Em meados do século XX passa a ser

usado em larga escala o mais versátil dos combustíveis fósseis, o petróleo.

A concentração da população nos centros urbanos adquire um ritmo sem precedentes. Em 1800 a população do mundo era de 1 bilhão de habitantes e apenas 2,5 % vivendo no meio urbano. Em 1900 apenas 11 cidades do globo excediam a população de 1 milhão de habitantes. Em 1950 este número passou para 75, em 1978 para 191 e em 1985 passaram a existir 273 cidades com mais de 1 milhão de habitantes, quase todas localizadas no terceiro mundo.

A Evolução do Consumo de Energia

Ao longo da História constata-se que várias formas de energia tem provido nossas necessidades, aumentando o consumo a medida que o homem utiliza novas técnicas. Na Pré-História estima-se que o homem nômade consumia 5 mil kcal/dia, enquanto o agricultor após a revolução neolítica em 5000 a.C. passa a usar 10 mil kcal/dia. Com a urbanização desencadeada ao final da Idade Média (1400 d.C.) e a conseqüente ocupação de vastas florestas européias o consumo elevou-se para 26 mil kcal/dia. Em plena era industrial, por volta de 1875, o uso intensivo do carvão permitiu atingir o nível médio de 77 mil kcal/dia. Estes números representam um crescimento de cerca de 15 vezes nos últimos 12 mil anos, um aumento exponencial com o tempo. Ao se olhar para um curto período de anos, pode-se deparar com uma estabilização ou até, por razões conjunturais, um decréscimo nesta taxa de crescimento, mas a longo prazo a correlação subsiste.

Na **Figura 1** é apresentada uma estimativa gráfica percentual do consumo de energia por fontes primárias pelo homem em diferentes etapas de sua evolução sociocultural, sendo estas de acordo com a concepção do antropólogo Darcy Ribeiro.

Os Desafios para o Século XXI

Com a perspectiva de esgotamento no século XXI de importantes fontes de energia de origem fóssil como o petróleo e o gás natural a humanidade defronta-se com a necessidade de alterar sua matriz energética na busca de um modelo de crescimento sustentado. Soma-se a isto a complexa questão ambiental com a degradação de recursos e ambientes, a poluição e seus efeitos nocivos, os riscos no uso da energia nuclear, as desigualdades sociais e econômicas, a superpopulação entre outros. Talvez a meta seja atingir um desenvolvimento com crescimento nulo, como preconizado por entidades como o Clube de Roma na década de 1970, com o uso centralizado nas fontes renováveis de energia. A política energética está na base do planejamento econômico, juntamente com outros setores de apoio como transportes e comunicações. A nosso ver, somente com a melhora da qualidade de vida de toda a população haverá bem-estar social e sobrevivência futura, e neste caminho insere-se uma revolução energética.

Notas sobre a Figura 1:

- (1) Tribos de caçadores e coletores.
- (2) Aldeias agrícolas indiferenciadas, hordas pastoris nômades – lavouras, pastagens, cestaria, tecelagem, cerâmica.
Estados rurais artesanais (Halat, Mênfis, Tebas, Mohenjo-Daro) – arados, veículos de roda, tração animal, regadio, tijolos, cobre-bronze, edificações em pedra, silos, veleiros.
- (3) Egito, Babilônia – comportas e canais, adubação, estradas, porcelana, arquitetura monumental, escrita ideográfica, matemática, astronomia, calendários.
- (4) Grécia, Roma – ferro forjado, moeda cunhada, mó rotativa, nora, grua, aquedutos, moinhos hidráulicos, alfabeto.
- (5) Islão, Mongóis – cavalaria, freios, estribos, aparelhos hidráulicos, moinhos eólicos, alambiques, atafonas.
- (6) Espanha, Portugal, Rússia – veleiros oceânicos, bússola, leme fixo, mapas, ferro fundido, armas de fogo, imprensa, máquinas hidráulicas, tornos, ligas metálicas.
- (7) Inglaterra, França, EUA, Alemanha, Itália, Japão – Nestes e em outros países ocorre grande avanço tecnológico nos séculos XIX e XX – máquinas agrícolas, fertilizantes,

agrotóxicos, aço-coque, indústria metalúrgica, motores a vapor, combustão interna, locomotivas, navios, dínamos, eletricidade, iluminação, borracha, turbinas, indústria têxtil, automóveis, aviões, aparelhos elétricos, refrigeração, telégrafo, telefone, rádio, cinema, televisão, concreto armado, transistor, eletrônica, radar, energia nuclear, plásticos e materiais sintéticos diversos, automação, comunicação por satélites, radiotelescópio, computadores.

- (8) Darcy Ribeiro designa esta etapa civilizatória como *Revolução Termonuclear*. No final do século XX ganham impulso a internacionalização de empresas e tecnologias como a eletrônica digital, Internet, biotecnologia, robótica, nanotecnologia.

Obs.: Os gráficos de distribuição percentual de consumo de energia são estimativos; nas etapas da evolução sócio-cultural foram citados nas notas acima alguns paradigmas expoentes de nações políticas e avanços tecnológicos para melhor caracterizar o respectivo período histórico.

Bibliografia

HÉMERY, Daniel; BEBIER, Jean Claude; DELÉAGE, Jean-Paul. **Uma História da Energia**. Brasília. Editora Universidade de Brasília. 1993.

VARGAS, Milton (Org.). **História da Técnica e da Tecnologia no Brasil**. São Paulo. Editora da UNESP/Ceeteps. 1994.

RIBEIRO, Darcy. **O Processo Civilizatório – Etapas da Evolução Sociocultural**. São Paulo. Companhia das Letras. 1998.