

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**Sistemas Energéticos na História e a  
Construção de Paradigmas na Economia  
Política**

Autor: Gustavo de Conti Macedo  
Orientador: Sinclair Mallet-Guy Guerra

93/2006

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS  
ENERGÉTICOS**

## **Sistemas Energéticos na História e a Construção de Paradigmas na Economia Política**

Autor: Gustavo de Conti Macedo  
Orientador: Sinclair Mallet-Guy Guerra

Curso: Engenharia Mecânica  
Área de Concentração: Planejamento de sistemas energéticos

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2006  
S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

M151s Macedo, Gustavo de Conti  
Sistemas energéticos na história e a construção de  
paradigmas na economia política / Gustavo de Conti  
Macedo. --Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: Sinclair Mallet-Guy Guerra  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Paradigmas (Ciências sociais). 2. Recursos  
energéticos. 3. Energia. 4. História econômica. 5.  
Ciência – História. I. Guerra, Sinclair Mallet-Guy. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Power systems in history and the construction of political  
economic paradigms

Palavras-chave em Inglês: Political economic paradigms, Power systems,  
Energy, History of science, History of economic  
thought

Área de concentração: Planejamento de sistemas energéticos

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: José Ricardo Figueiredo, Gildo Magalhães dos Santos Filho

Data da defesa: 20/10/2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS  
ENERGÉTICOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

## Sistemas Energéticos na História e a Construção de Paradigmas na Economia Política

Autor: Gustavo de Conti Macedo

Orientador: Sinclair Mallet-Guy Guerra

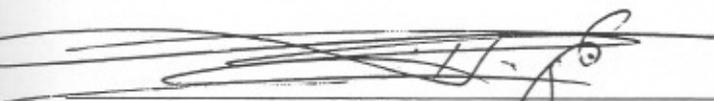
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



---

**Prof. Dr. Sinclair Mallet-Guy Guerra, Presidente**

**Instituição: UNICAMP**



---

**Prof. Dr. José Ricardo Figueiredo**

**Instituição: UNICAMP**



---

**Prof. Dr. Gildo Magalhães dos Santos Filho**

**Instituição: USP**

Campinas, 20 de outubro de 2006

## **Agradecimentos**

Este trabalho não poderia ter sido levado a cabo sem a ajuda das orientações pacientes e os ensinamentos do mestre e amigo Prof. Dr. Sinclair Mallet-Guy Guerra.

Agradeço também ao Prof. Dr. Gildo Magalhães pelas aulas informais e formais, pela disponibilidade para conversar sobre o tema e propor bibliografias e caminhos a serem seguidos.

Ao Prof. Dr. Figueiredo por suas recomendações e correções oportunas.

À minha mãe pelo suporte emocional e financeiro. Por escutar quando eu precisava falar e por falar quando eu precisava escutar.

À Giovanna por conseguir dar algum valor aos meus conhecimentos. Pelo carinho e, às vezes, paciência.

Aos meus irmãos que merecem tudo de bom.

Ao amigo Eduardo Henrique Alves Braga pelas indicações bibliográficas de botequim e ao amigo Marcelo Saber Bitar pelo apreço às tradições e tudo o mais.

“De lá marchou sobre Babilônia, logo inteiramente submetida. Ele admirou especialmente (...) o abismo de onde jorra continuamente, como de uma nascente inesgotável, um jato de fogo, e a torrente de nafta que transborda e forma, não longe do abismo, um lago considerável. A nafta se parece com o betume (...) e mesmo antes de entrar em contato com a chama, acende-se pela projeção luminosa desta e abrasa o ar ambiente. (...) Não se sabe ainda, ao certo, como a nafta se produz: ignora-se se é uma espécie de betume líquido ou um fluido de natureza diferente, que, coando daquele solo naturalmente gordo e permeado de fogo, alimenta a chama”

Plutarco (46-120 D.C.) narrando a conquista da Pérsia por Alexandre, o Grande (356-323 A.C.).

## **Resumo**

MACEDO, Gustavo de Conti, *Sistemas Energéticos na História e a Construção de Paradigmas na Economia Política*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006. 146 p. Dissertação (Mestrado)

Em que medida os sistemas energéticos de cada período histórico repercutem na elaboração das teorias econômicas? Esta é a pergunta que se tenta responder neste trabalho. A resposta é interessante. A atividade de produção de energia torna-se muito importante a partir da Revolução Industrial européia, pois desde então uma falha na oferta de insumos energéticos colapsaria toda a produção de bens de consumo levando ao caos e à morte centenas de milhares de pessoas. Os autores econômicos, por sua vez, na edificação de suas obras, são certamente influenciados por questões a eles contemporâneas, e os problemas no campo da energia são uma categoria que tem direcionado sistematicamente, em várias medidas, os argumentos teóricos do funcionamento das relações econômicas entre os agentes. A relação dialética entre tecnologia, energia e ciência é vista aqui segundo os principais eventos histórico-científicos desde o século XVI até o final do século XX, do carro de boi às células fotovoltaicas.

### *Palavras Chave*

- Paradigmas da economia política, sistemas energéticos, energia, história da ciência, historia do pensamento econômico.

## **Abstract**

MACEDO, Gustavo de Conti, *Power Systems in History and the Construction of Political Economic Paradigms*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1993. 146 p. Dissertação (Mestrado)

In which measure the power systems from each period of history affect the economic theory building? Answer this question is the meaning of this work. The answer is interesting. The activity of power production became very important since the European Industrial Revolution. Since then, a gap in the power supply would collapse the production of all goods, bringing chaos and death to society. Contemporaneous energy issues, on the other hand, have influenced scientists and economic writers (and their theories about how people are economically related with themselves) in many ways. The dialect relationship among technology, power and science is seen here following the main historical-scientific events, since the XVI century till now, from water wheels to photovoltaic cells.

### *Key Words*

Political economic paradigms, power systems, energy, history of science, history of economic thought.

# Índice

Lista de Tabelas.....	V
1.Introdução.....	1
2. A influência dos moinhos, da vela e do canhão sobre o pensamento econômico dos mercantilistas e de William Petty .....	5
2.1 A Revolução tecnológica e científica dos séculos XVI e VII.....	7
2.2 Saber intelectual versus saber técnico.....	10
2.3 Energia, comércio e produção .....	12
2.4 Pensamento econômico: os sistemas energéticos no pensamento dos bullionistas e mercantilistas.....	14
2.5 A energia na aritmética política de William Petty .....	17
2.6 Conclusões .....	20
3. O início da utilização dos combustíveis fósseis na Inglaterra e o aumento da disponibilidade energético-alimentar na Europa: fisiocratas e malthusianos.....	22
3.1 Escassez de madeira na Inglaterra: a indústria devoradora de combustível.....	23
3.2 Saber intelectual versus saber técnico .....	30
3.3 A ciência do século XVIII: leis gerais aplicadas às ciências sociais .....	35
3.4 Economia Política no século XVIII .....	36
3.5 Energia e teoria econômica: fisiocratas e malthusianos .....	39
3.6 Conclusões .....	42
4. A disseminação das máquinas a vapor da Revolução Industrial inglesa pelo mundo: Babbage, Marx e a questão do carvão de Jevons.....	43
4.1 Expansão da Revolução Industrial pelo mundo: a era do carvão.....	44
4.1.1 Fontes de energia na Industrialização da Europa continental.....	44
4.1.2 Cidades e proletariado.....	49
4.2 Saber intelectual versus saber técnico .....	52
4.3 Charles Babbage e o estudo das máquinas e manufaturas.....	54
4.4 Karl Marx e energia.....	56

4.4.1	Materialismo histórico, acumulação, reprodução e exército industrial de reserva.....	57
4.4.2	Marx e a apropriação da natureza.....	59
4.4.3	Fetichismo, maquinaria e energia.....	59
4.4.4	A energia no Capital.....	62
4.5	A máquina a vapor nos transportes.....	63
4.6	A ‘revolução’ marginalista de Jevons e a ‘Questão do carvão’.....	65
4.6.1	William Stanley Jevons.....	67
4.6.2	The Coal Question.....	69
4.7	Conclusões.....	71
5.	Os monopólios e oligopólios da energia e o irrealismo teórico Neoclássico .....	73
5.1	Os limites da máquina a vapor e o advento da turbina.....	74
5.2	Motores de combustão interna.....	75
5.3	Eletricidade.....	78
5.3.1	Iluminação.....	80
5.4	O Petróleo.....	82
5.5	Consumo de massa .....	85
5.6	As novas fronteiras energéticas do final do século XIX.....	86
5.7	Monopólio, oligopólio e petróleo.....	88
5.8	Monopólios e oligopólios energéticos: a visão de Vladimir Lênin.....	91
5.9	A teoria da concorrência imperfeita vista por Joan Robinson.....	96
6.	Do Estado intervencionista de Keynes e Kalecki às privatizações novoclássicas/monetaristas: o setor da energia na mudança de paradigmas.....	100
6.1	As grandes centrais elétricas.....	101
6.2	A nacionalização do petróleo .....	103
6.3	Keynes e Kalecki e o contexto teórico da intervenção do Estado na economia.....	106
6.4	A crise do petróleo: fim do combustível e do keynesianismo?.....	114
7.	Termodinâmica e a economia do meio ambiente.....	124
7.1	Economia do meio ambiente.....	127
7.2	Psicologia ambiental e a termodinâmica na teoria econômica.....	129
7.3	Conclusões.....	134
8.	Conclusão.....	136
	Referências bibliográficas.....	140

## Lista de tabelas

Tabela 3.1: Aumento do preço da lenha em comparação com outras ‘commodities’.....	25
Tabela 3.2: Auto-fornos de forjas em operação de 1750 a 1791 na Inglaterra: produção estimada e dívida entre carvão vegetal e mineral.....	28
Tabela 3.3: Produção de carvão mineral entre 1750 e 1880 (milhões de toneladas).....	29
Tabela 3.4: Produção de ferro entre 1790 e 1880 (milhões de toneladas).....	29
Tabela 3.5: Economistas e suas preocupações.....	37
Tabela 4.1: Capacidade de todas as máquinas a vapor (em milhares de HP).....	47
Tabela 4.2: Exportações européias como porcentagem do PIB.....	64
Tabela 5.1: Número de automóveis emplacados em milhares de unidades.....	78
Tabela 5.2: Porcentagem da produção mundial de energia proveniente do carvão mineral.....	86
Tabela 7.1 Eventos da história da tomada de consciência ambiental.....	131

# Capítulo 1

## Introdução

Os estudos sobre a energia na ciência econômica têm ganhado importância principalmente depois da segunda metade do século XX. Historicamente, a preocupação com a energia sobre a qual se baseia toda atividade produtiva de determinada sociedade aumenta em períodos de escassez de insumos energéticos e conseqüente transição em direção a novos sistemas energéticos.

Assim, quando a energia eólica e hidráulica dos moinhos e velas prolifera pela Europa, William Petty e outros tergiversam sobre a importância destas tecnologias no crescimento da renda de um Estado-nação. As décadas que testemunham a escassez de madeira e a sua substituição pelo carvão mineral nas nascentes indústrias inglesas dos séculos XVII e XVIII não são ricas em escritos sobre questões energéticas devido à dificuldade dos artesãos holandeses e ingleses em descrever os avanços técnicos e também por ter sido, a princípio, um fenômeno localizado na Grã-Bretanha. Quando, porém, a técnica de utilização do carvão mineral para a forja do ferro, vidro e na propulsão da máquina a vapor nas diversas indústrias se espalha para o continente Europeu, a preocupação com o planejamento dos sistemas energéticos surge entre reis, políticos e estudiosos. O livro *'The coal question'* de Jevons discute já em 1865 a possibilidade de substituição do carvão por outra fonte de energia. A indústria havia surgido com a Revolução Industrial e para Jevons aquele século XIX era a era do carvão e não do ferro como muitos costumavam dizer. Dali em diante, crises na oferta de energia teriam efeitos muito mais profundos do que no passado e a necessidade de entendimento da dinâmica da substituição dos sistemas energéticos tornou-se premente.

A seqüência de eventos histórico-científicos que levaram à invenção e efetiva utilização das fontes de energia secundária elétrica e da disseminação do motor à combustão nos transportes tornou o quadro mais complexo e trouxe à baila uma nova questão: operacionalizar uma fonte de energia infinita e barata que não venha a restringir de forma alguma o crescimento da produção material. A energia nuclear quis ser esta fonte energética e por algum tempo acreditou-se que

realmente o seria, todavia os limites ambientais impuseram mais um grau de complexidade à discussão.

Paralelamente, as formas de construção da ciência e da tecnologia passaram por uma profunda revisão, principalmente depois do fracasso moral dos cientistas que descobriram a energia atômica nas primeiras décadas do século XX. Do Cartesianismo, passando por Merton e Popper até chegar a Kuhn, os estudiosos da C&T começaram a questionar os modos de construção científicos e as influências por detrás dos autores. Nas ciências humanas, dentre elas a ciência econômica, a mutabilidade do objeto estudado e a dificuldade de experimentação das teorias dificultam o entendimento da dinâmica de superação de um paradigma por outro. O que é evidente, entretanto, é a existência de fatores subjetivos pouco tangíveis no debate científico como retórica, estilo, *status* do cientista entre os pares, força revolucionária dos jovens, capacidade de persuasão, etc. Estas correlações foram discutidas, na ciência econômica, por diversos autores nas últimas três décadas do século XX como Klamer, McCloskey, Gala e Rego.

De um ponto de vista de longo prazo, os sistemas energéticos também repercutem na construção de algumas teorias econômicas. Autores como Schumpeter, Landes e mais propriamente White, Cipolla e Hemery enxergam a história da humanidade não como a história da luta de classes de Marx — cheia de rupturas dos sucessivos sistemas de produção (escravocrata, feudal, capitalista, socialista) — mas como uma linha contínua (sujeita a mudanças de trajetória e oscilações) movida pelas conquistas tecnológicas de apropriação de sistemas energéticos disponíveis na natureza. A confrontação desta visão histórica da apropriação energética pelo ser humano com a investigação da história do pensamento econômico deu origem ao presente trabalho. A teoria kuhniana foi largamente utilizada para descrever os momentos de suposta sobreposição das escolas do pensamento econômico e os sistemas energéticos de cada época foram considerados os fatores explicativos para algumas importantes mudanças de impostação da teoria.

Desta forma, no segundo capítulo discute-se a lenta introdução dos sistemas de produção de energia eólica e hidráulica que se formaram a partir da tecnologia das velas e moinhos e que impuseram o fim da rigidez institucional católica sobre a ciência. Menos evidente, mas não

menos importante é a teoria de Cipolla sobre o papel da pólvora e do canhão (considerado o tataravô do motor de combustão interna) na dissolução daquele arranjo institucional, cujo ponto culminante foi o renascimento cultural e científico europeu. Herdeiros desta onda renovadora e destas tecnologias os autores mercantilistas e William Petty escrevem sobre a economia pré-Revolução Industrial europeia e pré-Adam Smith.

O terceiro capítulo apresenta as provas existentes de que a escassez de madeira para as pequenas indústrias artesanais na Inglaterra dos séculos XVI e XVII fez do carvão mineral a principal fonte de energia primária da Inglaterra e depois do mundo. Foi um processo lento e que se tornou irreversível com as invenções inglesas da forja de Darby e a máquina a vapor de Watts. Os escritores econômicos nesta época, todavia, preocupavam-se com os reflexos da pressão populacional sobre a oferta de alimentos. Os fisiocratas franceses e o inglês Thomas Malthus construíram suas teorias acreditando erroneamente que o ser humano não seria capaz de fazer aumentar a produtividade agrícola, ou seja, de melhorar a transformação da energia solar em alimentos.

O capítulo quatro, o mais complexo devido à riqueza de acontecimentos do século XIX, apresenta as construções teóricas opostas de Babbage e Marx. Ambas alicerçadas nos reflexos e nas possibilidades que a disseminação da máquina a vapor oferecia chegaram a conclusões opostas. Como apêndice, está o marginalismo neoclássico de Jevons e suas preocupações sobre o fim do carvão.

No quinto capítulo, mostra-se como a concentração das indústrias baseadas na energia elétrica e no petróleo desdisse as teorias smithiana e neoclássica da concorrência perfeita e do arranjo automático da economia e requereu teorias sobre a concorrência imperfeita dos monopólios e oligopólios. De um lado tivemos Lênin; do outro Joan Robinson. O primeiro desconsiderado pelo meio acadêmico; a segunda respeitada e aplaudida em função de um maior formalismo na sua obra e do seu trâmite entre os pares.

No sexto capítulo, discute-se quem veio primeiro: a intervenção estatal no setor da energia ou as teorias contra-cíclicas de Keynes e Kalecki. A teoria keynesiana, como ficou posteriormente conhecida, defendia a intervenção do Estado na economia para a correção de

falhas de mercado na promoção do pleno emprego e foi amplamente utilizada pelos condutores de política econômica até a década de 1970, quando as crises do petróleo apresentaram um fenômeno econômico não explicado pelos keynesianos: a stagflação. O ponto 6.4 — A crise do petróleo: fim do combustível e do keynesianismo? — apresenta a questão e as repercussões.

No sétimo e último capítulo, faz-se uma reflexão sobre a introdução de conceitos termodinâmicos na teoria econômica levada a cabo por Georgescu-Rögen e que formaram uma nova escola do pensamento econômico: a economia do meio ambiente, cuja meta bastante ambiciosa é a de formular uma teoria do valor em bases energéticas.

## **Capítulo 2**

### **A influência dos moinhos, da vela e do canhão sobre o pensamento econômico dos mercantilistas e de William Petty.**

A revolução científica ocorrida na Europa dos séculos XVI e XVII foi movida por um ideal de ruptura para com a rigidez institucional da Idade Média. Por um lado, o monopólio intelectual e o universalismo cultural da igreja católica e, por outro, o particularismo legislativo dos feudos foram desmontados paulatinamente com a lenta introdução de tecnologias energeticamente mais eficientes. Estas começaram a substituir máquinas movidas a energia humana e animal por outras movidas à água e a vento para a produção manufatureira, agrícola e para o transporte.

Foi exatamente no transporte, onde a introdução de tecnologias mais eficientes na utilização da energia eólica (como mastro principal, três mastros, vela redonda, bússola e capacidade de carga em grande escala) propiciou o alargamento comercial e a conseqüente transição verso economias mercantilistas.

A produção intelectual procurava, através das ciências naturais, romper com o inflexível sistema educacional impondo novos métodos de análise, novas preocupações, um novo conceito de acumulação de conhecimento e uma nova linguagem de entendimento: a matemática. Desta forma, primeiro a astronomia e a filosofia, e logo após outros campos do conhecimento, renderam-se a estes novos paradigmas. Na economia política, esta nova realidade trouxe preocupações diferentes dos ditames morais e regulatórios da Idade Média. Os avanços na tecnologia e na apropriação energética e material impuseram uma pauta de discussão na qual o comércio e o acúmulo de moedas pareciam ser a pedra de toque do desenvolvimento de uma nação (ou melhor, do enriquecimento do Rei) e assim foi analisado pelos bullionistas e mercantilistas. A matemática é introduzida como linguagem científica nas análises econômicas por William Petty e a aritmética política, pertencentes a uma segunda geração de pensadores da revolução científica, já no século XVII, preocupados com temas mais práticos que acadêmicos.

O alargamento das fronteiras comerciais proporcionou maiores fluxos de mercadorias e o desenvolvimento de indústrias locais como a naval, a têxtil e a metalúrgica. As fontes energéticas eram a água, o vento e a lenha, ou seja, fontes renováveis. Quem dominava mais eficientemente estes recursos disponíveis, dado o estado da tecnologia, era a Holanda. Neste período embrionário, pré-revolução industrial, a Holanda surge, então, como paradigma de desenvolvimento à medida que supera em riqueza a França, e os fatores que levam a isto são individualizados pelos escritores econômicos da época. De fato, a discussão proposta por Petty procura enumerar os motivos pelos quais a Holanda, sendo um país pequeno e não populoso, pode ser mais rico do que a França. Especificidades geográficas e inserção no comércio internacional foram os fatores explicativos. A produção tecnológica e a eficiente apropriação energética (disponibilidade de ventos e conseqüentemente de moinhos) foram reconhecidos por Petty como uma das causas principais do domínio holandês sobre o comércio internacional.

O mercantilismo e a aritmética política, portanto, são contemporâneos: (i) ao uso de sistemas energéticos renováveis como a lenha, a água e o vento; (ii) à lenta transição feudalismo para o capitalismo; (iii) à mudança da agricultura para o comércio como setor econômico preponderante; (iv) à disseminação do uso da linguagem matemática nas ciências naturais e sociais em contraposição à lógica escolástica. Não constituem escolas de pensamento estruturadas em teorias e hipóteses bem definidas. O momento é de competição no comércio internacional entre países e principados, proporcionada pelos avanços tecnológicos na apropriação energética, e os argumentos econômicos são pautados por esta realidade. A ânsia em resolver os problemas práticos impossibilita uma construção analítica menos corporativista e coerente com a realidade. Todavia, trata-se da gestação do pensamento econômico e, como tal, apresenta-se de forma confusa e não bem definida, introduzindo temas e linguagens que serão definitivamente organizados a partir de Adam Smith.

A primeira parte deste capítulo procurará situar os escritos econômicos dos séculos XVI e XVII no contexto das revoluções científicas e tecnológicas do período e precedentes, que estão no âmago da lenta transição feudalismo-capitalismo. A segunda parte discutirá a mudança do foco de atenção dos autores de assuntos teológicos, lógicos e éticos para as “coisas práticas da vida” tal como ocorreu nos dois séculos estudados. Na terceira parte, será discutido o progresso

na apropriação de sistemas energéticos e como isto transformou a realidade feudal, alterando também as preocupações dos letrados preocupados com as questões sociais, induzindo-os a perceber o comércio internacional como o fator explicativo do enriquecimento de um Estado. Na quarta e na quinta parte, os pensamentos econômicos do período serão esmiuçados, e procurar-se-á ressaltar a influência dos sistemas energéticos e da tecnologia nos escritos, bem como a visão sobre estes temas dos autores ou das escolas de pensamento.

## 2.1 A Revolução tecnológica e científica dos séculos XVI e XVII

A aritmética política é uma divisão metodológica do pensamento econômico do século XVII, cuja fundação é comumente associada ao inglês William Petty (1623-1687). O nome aritmética política pode ser explicado por uma carta publicada em 1927-28 sob o título *The Petty-Southwell Correspondence* originalmente escrita em 1687:

“[A álgebra] foi trazida pelos Mouros da Arábia à Espanha, e de lá ao nosso país, e William Petty a utilizou para assuntos outros que não aqueles puramente matemáticos, isto é, na política sob o nome de Aritmética Política, reduzindo muitos termos de reflexão em número, peso e medida, para permitir um tratamento matemático”.<sup>1</sup>

Os séculos XVI e XVII observam a afirmação da física quantitativa sobre a velha física entendida como a descrição das qualidades sensíveis dos objetos; em todos os campos da pesquisa científica as medidas de quantidade são utilizadas sobre o objeto de análise. A concepção matemático-mecânica do homem e do mundo é encontrada em vários autores deste século como Hobbes (1588-1679), professor de anatomia e astronomia de Petty em 1645-46 que estuda as razões matemáticas da anatomia humana, Descartes (1596-1650) criador da geometria analítica que no seu *Compendium musicae* indaga sobre as relações matemáticas na música, Francis Bacon (1561-1626) que desenvolve o método indutivo, Newton (1642-1727) que defendeu um universo regido por leis universais passíveis de expressão matemática, Giordano Bruno (1548-1600)<sup>2</sup>, Kepler (1571-1630), Copérnico (1473-1543), Galileu (1564-1642)<sup>3</sup> e tantos outros.

---

<sup>1</sup> Petty, W. *Carta a Southwell*, 1687, 15p.

<sup>2</sup> Giordano Bruno, em seus escritos do *Spaccio*, parece ter sido o primeiro defensor da idéia de “progresso”. Reivindica “plena dignidade da ação técnico-econômica, do esforço de transformação e produção em face da rigorosa e impropícia natureza” (Rossi, 1989, 74p.).

Sinteticamente, o estado de ânimo da revolução científica dos séculos XVI e XVII prega: 1) O apelo à “experiência”, o que implica existência de “verdades científicas”, ou até, “neutralidade da ciência”; 2) a convicção de que o saber científico é cumulativo, o que implica desenvolvimento linear e permanentemente incompleto e, mais que isso, a democratização do conhecimento como condição para se alcançar a ‘verdade’; 3) há uma linguagem científica universal e esta é a matemática; 4) a libertação da limitada inteligência humana dos preconceitos e amarras institucionais que obstruem seu funcionamento normal; 5) a independência da ciência da teologia.<sup>4</sup>

Esta percepção do mundo surge como contraponto à concepção estritamente religiosa dos séculos precedentes. A mudança, seja das preocupações seja do método de análise, é radical para os pensadores da época comparativamente à Idade Média. Agostinho d’Ippona (354-430) e Tommaso d’Aquino (1225-1274) foram os grandes autores da época medieval, e suas preocupações poderiam ser resumidas, em largas linhas, a questões éticas e de regras de conduta (ciências sociais) e adequação dos fenômenos naturais aos escritos bíblicos (ciências naturais). O método é o princípio da autoridade e da fé.

A exaltação aos valores espirituais e da tradição constitui um elemento que freia a liberdade científica, a inovação tecnológica e a expropriação dos recursos naturais. Instituições como as corporações de artes e ofícios e a Igreja, estão em plena sintonia com a produção para o consumo local e com o modo de vida espiritual. Como afirma Weber (1864-1920) e seu famoso “*A ética protestante e o espírito do capitalismo*” a ruptura com as instituições feudais inicia-se com a reforma protestante de Martinho Lutero (1483-1546). Outros autores vêm, no “*Essays de théodicée*” (1710), no qual Leibniz (1646-1716) critica maliciosamente a posição católica

---

<sup>3</sup> Para Galileu, “a filosofia está escrita neste grande livro que permanece sempre aberto diante de nossos olhos; mas não podemos entendê-la se não aprendermos primeiro a linguagem e os caracteres em que ela foi escrita. Esta linguagem é a matemática, e os caracteres são os triângulos, círculos e outras figuras geométricas.” Citado por Randall (1976, 237p.).

<sup>4</sup> O autor Hooykaas, em seu livro *A religião e o desenvolvimento da ciência moderna*, aprofunda a questão da ruptura entre teologia e ciência. Segundo o autor, “(...) os protestantes foram mais numerosos entre os cientistas do que seria de se esperar” em função da proporção de católicos romanos/ protestantes para a população total. Em todos os países da Europa parece que o protestantismo serviu como ideologia de fundo para os estudiosos e cientistas do século XVII.

tradicional da metafísica newtoniana,<sup>5</sup> como a ruptura necessária entre pensamento científico e teologia, ou melhor, “*um passo em direção à exclusão definitiva de Deus do universo*”.<sup>6</sup>

A realidade feudal é lentamente transformada pela introdução de tecnologias cada vez mais eficientes energeticamente como os moinhos a vento e hidráulico, a prensa com caracteres móveis<sup>7</sup>, os navios à vela, o arreo de quarto dianteiro e a pólvora que, aprimorados e difundidos a partir do século X, modificaram a estrutura institucional feudal, as relações sociais e econômicas e a produção científica.

A lenta transformação dessa sociedade trouxe novos problemas aos pensadores econômicos. Conceitos como preço, mercadoria, mercado e riqueza nacional passaram a ser objeto de análise, e os primeiros a pensarem de forma consciente, seja por métodos normativos ou descritivos, foram os bullionistas, mercantilistas e os aritméticos políticos, e suas teorias serão discutidas mais adiante atentando para os contextos energéticos cada vez mais eficientes.

O contexto histórico é de afirmação dos Estados nacionais e a noção de equilíbrio de poder dentro da Europa (*raison d'état*), de expansão comercial europeia monopolista (colonização ultramarina) e da reforma protestante de Martinho Lutero (1483-1546). As reflexões dos pensadores econômicos adotam, em seus escritos, a ótica de “conselheiros do príncipe” preocupados em aumentar o poder econômico do Príncipe e, conseqüentemente, seu poder militar. A riqueza nacional é a principal preocupação das discussões econômicas.

---

<sup>5</sup> A discussão sobre Deus e a extensão da lei da gravidade a todo o universo era recorrente no final do século XVII, e os autores escolásticos defendiam a posição newtoniana, assim como Galileu, Bacon e outros, de que Deus havia providencialmente guiado a evolução do cosmo para a criação, morte e redenção do homem. Leibniz era contrário tanto à generalização da lei da gravidade como à idéia da evolução do universo dirigida por Deus.

<sup>6</sup> Hall, A.R. *Philosophers at war: the quarrel between Newton and Leibniz*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980, 158p.

<sup>7</sup> O primeiro livro impresso na Europa por Gutemberg foi a Bíblia em 1445 e, em trinta anos, a nova técnica já havia se difundido por quase todo o continente. A prensa com caracteres móveis que proporcionou uma notável redução no custo dos livros, sem dúvida foi a que mais repercutiu neste florescimento científico. Spiegel (1971, 94p.) usa como indicador, certamente não ideal, o catálogo da Kress Library da Universidade de Havard, onde, no século XVI, havia cerca de 200 obras (livros e panfletos), no século XVII, 2000 e, entre 1700 e 1776, 5000.

## 2.2 Saber intelectual versus saber técnico

A literatura dos séculos XVI e XVII é extraordinariamente abundante quanto à discussão do contato, que então vinha se realizando, entre saber científico e saber técnico-artesanal.<sup>8</sup> O nascimento da cooperação entre escola e procedimentos técnicos ocorre a partir do século XV.<sup>9</sup> Acusações polêmicas e apaixonadas de ambos os lados revelam a insatisfação com a antiga visão grega, presente nas obras de Aristóteles, Platão e outros, na qual o trabalho manual é tido como depreciativo das qualidades humanas.<sup>10</sup> À diferença da antiguidade clássica e da Idade Média, os técnicos-artesãos da idade moderna escreveram (mesmo que sem rigor e qualidade científica, metodológica e literária) e publicaram livros, expressando-se sobre artes, ciência e sociedade, polemizando contra a tradição escolástica praticada nas universidades.

Atentos a esta lacuna, grupos de intelectuais passaram a se preocupar cada vez mais com aspectos práticos para o desenvolvimento pleno do saber científico. Esta tendência à adaptação dos saberes intelectuais às novas exigências do mundo moderno através do programa educativo para nobres ingleses é traçado por Humphrey Gilbert em seu *Queen Elizabeth Academy*, escrito por volta de 1562.<sup>11</sup> Nele,

“o ensino da lógica une-se ao da retórica, e tendem a dar condições ao aluno para proferir orações políticas e discursos militares. A filosofia política tem a tarefa de estudar a história dos vários estados, os sistemas de governo, os sistemas tributários, a administração da justiça. Mas é no estudo da filosofia natural e da matemática que predomina claramente a transformação do saber ‘físico’ num saber de caráter técnico relativo às fortificações, à estratégia, ao uso das artilharias. A geografia e a astronomia são ensinadas em função da navegação; a medicina, para o atendimento e medicação dos feridos. Os resultados dos estudos e experimentos ‘deverão ser apresentados sem frases enigmáticas e obscuras’. Uma nau armada e um jardim experimental estarão à disposição do

---

<sup>8</sup> Rossi, Paolo *I Filosofi e le Machine: 1400-1700*, 1989.

<sup>9</sup> Antes disso, o padre Franciscano Roger Bacon, também conhecido como *Doctor Mirabilis* (admirável doutor), já havia defendido o espírito científico do pensamento moderno, a importância da experiência e da matemática para a fundamentação da ciência natural. Foi perseguido em várias ocasiões devido às idéias pouco enquadradas no mundo escolástico. Além de procurar aplicar o método matemático à ciência da natureza, fez diversas tentativas para torná-la experimental, sobretudo no campo da óptica. Apesar de argumentar que "ver com seus próprios olhos" não é incompatível com a fé, não conseguiu demover os medievais da desconfiança gerada por qualquer tipo de experimentação. Sob a acusação de ter criticado as obras aristotélicas de Santo Alberto Magno e de Santo Tomás de Aquino, foi aprisionado entre 1277 a 1292.

<sup>10</sup> Para Aristóteles “alguns homens, por natureza superiores, são livres e outros, escravos e, para estes últimos, a escravidão é conveniente, adequada e certa”.

<sup>11</sup> Rossi, Paolo *I Filosofi e le Machine: 1400-1700*, 1989, *Op.cit.* 47p.

estudante. O ensino do direito, das línguas modernas, da música, da esgrima e da dança completará a educação do jovem nobre.”

Os livros sobre máquinas publicados na Europa na segunda metade do século XVI e primeira metade do século XVII são dedicados à arte militar, à mineração, à metalurgia, à vidraria e à navegação. São estes os problemas apresentados às pessoas da época decorrentes das recentes descobertas geográficas e astronômicas, e da apropriação eficiente de sistemas energéticos, isto é, o vento para a navegação e moagem de grãos, e a energia térmica à lenha para a fundição. São preocupações com a cognição das coisas práticas e são escritas, na grande maioria das vezes, por pessoas estudadas e devotadas a resolverem problemas técnicos, não por artesãos sem estudo.<sup>12</sup> Em meados do século XVII, foram criadas as primeiras associações de pesquisa fundadas na cooperação entre pesquisadores e o Estado para o “avanço e o progresso das ciências e das artes através da colaboração”: *Accademia Del Cimento* (1657); *Royal Society* (1662); *Academie des Sciences* (1666).

A partir da segunda metade do século XVII, com a morte de F. Bacon, Descartes, Galileu, Kepler, surge uma segunda geração de pesquisadores reformadores: Samuel Hartlib, John Dury, William Petty, John Evelyn, Robert Boyle, que se mostram interessados em aperfeiçoar as invenções e a sociedade. Influenciados pelos ideários e métodos da geração anterior são a expressão de uma sociedade que vê aumentar rapidamente o seu bem-estar, graças aos rápidos melhoramentos tecnológicos. Nas palavras de John Wilkins:

“nas minhas pesquisas filosóficas e matemáticas, além da felicidade e do prazer que elas me proporcionam, há também a possibilidade de um efetivo benefício de caráter prático: especialmente para aqueles nobres que arriscam seu patrimônio naquelas onerosas e dispendiosas aventuras, como a extração do carvão mineral, a drenagem das minas (...) e também para aqueles artesãos que são hábeis na prática dessas artes”.

Em William Petty, encontramos elementos que caracterizam a filosofia experimental: a polêmica contra a cultura livresca; a utilidade prática da ciência; a indivisibilidade entre ciência, técnica e artes; e o otimismo do desenvolvimento das máquinas e da ciência.

O entusiasmo destes homens pela técnica e pelas artes mecânicas devia-se a um movimento de contra cultura, isto é, contra a cultura tradicional do escolástico erudito ligado ao sistema educacional universitário, e pró-cientista/experimentador. Para Boyler, “são a filosofia natural, as

---

<sup>12</sup> Georg Bauer Agrícola é um bom exemplo disso. Nascido na Saxônia em 1494, estudou em Leipzig, Bologna e Veneza. Escreveu sobre geologia e mineralogia (entre as publicações o clássico *De Re Metallica*) enquanto ocupava funções de médico e diplomata.

mecânicas e a agricultura, de acordo com o nosso novo colégio filosófico, que valoriza o conhecimento apenas se é útil à prática”.<sup>13</sup> Mais tarde, em 1671, em seu *Considerations touching the usefulness of experimental natural philosophy*, Boyle reafirma o programa científico formulado por F. Bacon, agora para a esfera econômica: “que os bens da humanidade podem ser bastante aumentados em decorrência do interesse dos filósofos naturais pela indústria”.

### 2.3 Energia, comércio e produção

A grosso modo, entre os séculos XI e XV, há um período de lentas transformações decorrentes de esforços deliberados de substituição da energia humana por outras energias observáveis na natureza. O domínio da tecnologia mecânica, neste sentido, substitui os sistemas energéticos de tração animal por máquinas movidas pelo vento e pela água, mais eficientes produtiva e energeticamente. Descartes, no seu *Discurso sobre o Método* (1637), afirma que

“se conhecermos a força e as ações do fogo, da água, do ar, das estrelas, dos céus e de todos os demais corpos que nos rodeiam – com a mesma precisão com que conhecemos os diversos ofícios dos artesãos – poderíamos aplicar-las, de igual maneira, a todos os usos que lhe são próprios e converter-nos, assim, em amos e posseiros da natureza”.<sup>14</sup>

Em toda a Europa, por volta do século XV, encontravam-se cada vez mais instalações mecânicas, movidas por moinhos a água ou a vento, encarregadas de

“curtir ou lavar; serrar madeiras; triturar qualquer coisa, desde azeitonas até minerais; para acionar foles de alto-fornos, martelos de forjas ou molas destinadas a retocar e polir armas e armaduras; para reduzir os pigmentos que se usavam nas pinturas, ou na polpa para o papel, ou no malte para a cerveja. A revolução industrial da idade média, baseada na água e no vento, parece ter alcançado seu máximo refinamento em 1534, quando o italiano Matteo dal Nassaro instalou às margens do Sena uma polidora de pedras preciosas, apropriada pela Casa Real da moeda, em 1552, para a fabricação das primeiras moedas ‘cunhadas mecanicamente’”.<sup>15</sup>

A ansiedade geral em dominar a energia natural e aplicar-la em benefício humano é evidenciada pelas tentativas de gerar o “movimento perpétuo” a partir do século XII na Índia e do

---

<sup>13</sup> Carta de Boyle a Marcomber de outubro de 1646 e publicada em 1744 por Bich em Londres sob o título *Works*, I, p. 20, in Rossi, Paolo *I Filosofi e le Machine: 1400-1700*. 1989, 106p.

<sup>14</sup> Descartes, Renè *Discours de la Méthode*. 1637, pp. 61-62. In: White, Lynn *Medieval Technology and Social Change*. England: Oxford University Press, 1962, 96p.

<sup>15</sup> White, Lynn *Medieval Technology and Social Change*. England: Oxford University Press, 1962, 106p.

século XIII na Europa. O interesse por essas máquinas de movimento que podiam diversificar os meios de força e impulsão despertou a percepção do universo como uma “máquina em perpétuo movimento”. Os êxitos tecnológicos arejavam as mentes e rompiam com a rigidez intelectual e institucional da Idade Média. O crescente domínio da energia mecânica fazia aumentar a idéia e a fantasia de que o universo era um imenso depósito de energias controláveis pela vontade humana. Em 1260, Roger Bacon (1214-1292) escreveu que

“é possível construir máquinas graças às quais os barcos maiores, com apenas um homem manejando, navegarão mais velozmente do que se estivessem repletos de remadores; é possível construir veículos que haverão de mover-se com velocidades incriveis e sem a ajuda de animais; é possível construir máquinas voadoras nas quais um homem ... poderá vencer o ar com asas como se fosse um pássaro ... as máquinas permitirão chegar ao fundo dos mares e dos rios”.<sup>16</sup>

Os limites à apropriação dos recursos naturais em grande escala, já iniciados com o domínio dos sistemas energéticos hidráulicos e eólicos (que fizeram aumentar a produção agrícola, o crescimento demográfico, a expansão das cidades e a produção metalúrgica)<sup>17</sup>, foram definitivamente vencidos com a substituição da energia humana dos remos pela energia eólica na navegação. Os melhoramentos no transporte marítimo desencadearam o desenvolvimento comercial, a acumulação capitalista, a ruptura institucional com o feudalismo, as mudanças sociais e o surgimento dos economistas políticos denominados ‘mercantilistas’.<sup>18</sup>

E esta é a linha de raciocínio desenvolvida por Gottfried Leibniz, no final do século 17 e, posteriormente, por fundadores da chamada Escola Americana de economia política, como Alexander Hamilton, Henry Carey e Friedrich List. Leibniz, cujas raízes históricas estão nos pensadores do Renascimento como Nicolau de Cusa e Leonardo da Vinci,

---

<sup>16</sup> Ibidem, 152p.

<sup>17</sup> Ver por exemplo Rich, E.E., Wilson, C.H. *The Economy of Expanding Europe in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*. Cambridge: Cambridge Economic History of Europe, 1967, Volume IV, chapter I.

<sup>18</sup> Cipolla, Carlo M. *Canhões e Velas na Primeira Fase da Expansão Européia (1400-1700)*. Lisboa: Gradiva, 1989; título original: “Guns, Sails and Empires”, 1965. Vale notar que “a construção de navios, sua manutenção e seu aprestamento representam investimentos que favorecem o crescimento de um verdadeiro capitalismo financeiro” (Hemery, 1986). A expansão na construção de navios, grande consumidora de madeira, que tomou a Europa a partir do século XV, se deu primeiramente na península Ibérica, estendendo-se para a Holanda no século XVI e Inglaterra no século XVII. Na Inglaterra, entre 1649 e 1688, foram construídos 209 novos navios quase todos de guerra. A indústria naval era a esta altura uma das maiores em cada país que a possuía, gerando empregos e renda (Oppenheim, 1896).

“(…) não vê a riqueza econômica como sendo baseada em recursos naturais *per se*, mas no desenvolvimento da capacidade produtiva do trabalho por meio do progresso científico e tecnológico. Este progresso, por sua vez, depende do poder criativo da mente humana individual para descobrir novos princípios físicos e transformar estas descobertas em novas tecnologias e melhoramentos análogos na organização da atividade humana. São exatamente estes poderes que distinguem o homem de todas as outras espécies de organismos vivos e possibilitaram o aumento espetacular e contínuo do potencial populacional da espécie humana.”<sup>19</sup>

Um século mais tarde, como será discutido no 3, os malthusianos afirmam que há limites para o consumo de recursos naturais, opondo-se à visão de Descartes, Leibniz e Christian Wolff (1679-1754). De um lado os visionários do racionalismo científico-tecnológico e de outro os apocalípticos infiéis da tecnologia. De certa forma, esta contraposição de idéias se repete hoje com os apólogos da tecnologia de um lado (principalmente estadunidenses como Lyndon LaRouche, Jeremy Rifkin, etc.) e o clube de Roma de outro.

#### **2.4 Pensamento econômico: os sistemas energéticos no pensamento dos bullionistas e mercantilistas**

Como se acenou anteriormente, questões morais dominaram os debates sobre temas econômicos em toda a Idade Média. “A doutrina econômica medieval constava (...) de um corpo de definições e preceitos destinados a regular a conduta cristã nas esferas da produção, do consumo, da distribuição e da troca de bens”.<sup>20</sup> A intenção não era entender o funcionamento dos fenômenos naturais ou dos sistemas econômico-sociais, mas impor regras de conduta que não alterassem o *status quo* político-intelectual.

As inovações tecnológicas apropriadoras de energias não-humanas modificaram paulatinamente a estrutura institucional da Idade Média através de melhoramentos nos transportes marítimos de longa distância. O comércio internacional era agora feito em grande escala e a distâncias cada vez maiores, permitindo o acúmulo de riquezas para os países que dominavam a tecnologia náutica. Simplificadamente, os principais melhoramentos foram: após 1300, a adoção da vela redonda e do mastro principal; a transição dos navios de um mastro para o de três; a

---

<sup>19</sup> Tennenbaum, Jonathan *A conexão ecologia-economia: pode o homem melhorar o planeta?* Alerta Científico e Ambiental, Ano 9, Agosto de 2002.

<sup>20</sup> Pribram, 1988 In: Labini, Paolo Sylos, Roncaglia, Alessandro *Pensiero Economico: temi e protagonisti*. Roma-Bari: Laterza, 1995, *op. cit.*, 156p.

bússola; o aumento da capacidade de carga no século XV; e a introdução dos canhões para ataque e defesa dentro das embarcações no século XV.<sup>21</sup>

Neste contexto de domínio da tecnologia náutica, da energia eólica, da energia de explosão do canhão, que inutilizou as muralhas de proteção dos castelos, formam-se os Estados Nacionais. As reflexões sobre os fenômenos econômicos procuram explicar basicamente de onde provém a riqueza de uma nação face às novas formas de acumulação propiciadas pelas tecnologias agora disponíveis. Desta forma, o debate se dá primeiramente entre bullionistas e mercantilistas.<sup>22</sup> Os primeiros, da palavra inglesa *bullion* que significa ouro ou prata em lingotes, representados por autores como Thomas Gresham (1519-79), John Hales (morto em 1571), Bernardo Davanzati (1529-1606) associam a riqueza de uma nação ao estoque de moeda metálica em seu poder. É um tempo em que as informações estatísticas sobre produção são praticamente inexistentes, enquanto os dados sobre moeda são disponíveis quantitativa e qualitativamente. A atenção dos estudiosos se concentra sobre os movimentos do capital e seus determinantes e sobre a qualidade da moeda (pureza do metal). Procuram identificar níveis de taxa de juros atraentes de fluxos de capitais.

Os pensadores ditos mercantilistas enfatizam o papel do comércio internacional. Edward Coke (o idealizador da “*Common law*”), Antonio Serra (autor de “*Il breve trattato delle cause che possono far abbondare li regni d’oro e d’argento dove non sono minieri con applicazione al Regno di Napoli*” de 1613), Thomas Mun (1571-1641) que trabalhou na Cia das Índias e defendia a exportação de moedas em troca de mercadorias a serem reexportadas para outros países europeus, Colbert (o influente financista de Luís XIV), Laffemas (um dos escritores mercantilistas mais antigos da França), Axel Oxenstierna (embaixador da Suécia), defendem a expansão do comércio internacional, na qual este faria aumentar a riqueza da nação em maior medida do que a indústria e a agricultura. Em essência, tanto os bullionistas como os

---

<sup>21</sup> Vale notar que o canhão é verdadeiramente o primeiro mecanismo de combustão interna inventado, constituindo uma apropriação eficiente da energia à explosão. Ver Cipolla, Carlo M. *Canhões e Velas na Primeira Fase da Expansão Européia (1400-1700)*. Lisboa: Gradiva, 1989. título original: “Guns, Sails and Empires”, 1965, pp. 73-75.

<sup>22</sup> Como sugere Magunusson, deve-se considerar que a divisão smithiana entre bullionistas e mercantilistas é simplista e generalizante, devido à dificuldade em situar os diversos autores em uma ou outra linha de pensamento. Contudo, este trabalho optou por não aprofundar esta questão específica, explorada em detalhe por Magnusson (1993 e 1994), e manter a divisão tradicional (adotada por autores como Labini, 1995), focando nos aspectos gerais que caracterizam os escritos econômicos da época.

mercantilistas preocupam-se com a riqueza da nação e a forma de alcançá-la através do fluxo de moedas para dentro do território nacional.

Trata-se da tentativa de explicar dois fenômenos contemporâneos àqueles pensadores propiciados pelo domínio da tecnologia náutica e dos mares por dois países no século XVII: a Espanha, que em posse de todos os “tesouros” do mundo, teria sido levada à pobreza; e os Países Baixos, uma nação pequena e sem recursos naturais ou financeiros que teria se tornado rica. Estes acontecimentos levaram os mercantilistas a eleger o comércio como o grande fator explicativo da riqueza nacional.

Historiadores do pensamento econômico como Heckscher (1931) e Schumpeter (1954), todavia, afirmam que não se pode falar de uma “escola de pensamento mercantilista”. Segundo eles, os autores deste período não chegam a um sistema interpretativo coerente da realidade econômica. Não desenvolvem conceitos nem análises sistemáticas donde possa surgir uma teoria. A utilização dos termos mercantilismo e bullionismo para se referir a doutrinas bem definidas não seria estritamente correta, mas é uma generalização útil para indicar os dogmas econômicos (geralmente relacionados à Inglaterra e França dos séculos XVI e XVII e em certa medida Holanda, Espanha e Itália) e as diferenças com a economia política clássica.<sup>23</sup> Os diferentes autores não acordam sobre como dinheiro, juros, preços e comércio exterior relacionam-se. Os aspectos práticos dominam sobre as reflexões teóricas. As posições expressas sobre o papel do governo (protecionismo comercial, autoritarismo econômico e substituição de importações) são interessantes, mas a principal contribuição ao desenvolvimento do pensamento econômico da época refere-se à visão da economia como um sistema que deve ser desvendado através do método baconiano de argumentação lógica e demonstração dos fatos.<sup>24</sup>

A literatura bullionista e mercantilista assume um papel importante de afirmação do Estado Nacional contra o universalismo da igreja católica e o particularismo da estrutura do poder feudal. O objetivo não é o bem estar individual (como será para Adam Smith), mas a afirmação

---

<sup>23</sup> Magnusson, Lars *Mercantilist economics*. Sweden: Kluwer Academic Publisher, 1993.

<sup>24</sup> *Ibidem*

político-militar do Estado.<sup>25</sup> O apoio à concorrência refere-se apenas à concorrência entre nações, privilegiando sistemas de taxas às exportações de matérias primas e às importações de manufaturados. Todavia, há claramente a expressão de exigências tipicamente capitalistas e empresariais, já que o sistema comercial depende do desenvolvimento de mercados consumidores.

A concepção matemática e mecânica do mundo ainda não está plenamente inserida no discurso econômico. Alguns autores, entretanto, fazem referências físicas e metafísicas numa clara transição do mundo espiritual feudal para o mecanicista de mercado. Utilizam expressões metafóricas como “doença do corpo político”, mercadorias como o “corpo do comércio”, e o dinheiro e os títulos como a “alma do comércio”.<sup>26</sup> Estas analogias procuram legitimar a liberdade institucional que começa a surgir com o comércio, comparando-as com o funcionamento do corpo humano e influenciadas pela teoria da circulação sanguínea desenvolvida pelo fisiologista e anatomista inglês William Harvey (1578-1657).<sup>27</sup> Mesmo Thomas More (autor de “A Utopia” de 1516) defende a inocuidade legislativa se não respeitado o funcionamento sócio-econômico, ou seja, uma leitura não muito clara da conexão entre leis econômicas e motivações do agir humano. Este é o início da teorização de regras econômicas fixas e naturais que serão aprofundadas por Petty e os aritméticos políticos.

## 2.5 A energia na aritmética política de William Petty

A aritmética política é entendida não tanto como um ramo da estatística, mas sim como a extensão de uma nova ciência social, ou seja, a afirmação de métodos quantitativos na análise dos fenômenos sociais, em estreita sintonia com a revolução científica das ciências naturais. “Eram

---

<sup>25</sup> Heckscher, Eli F. *Mercantilism*. Londres e Nova York: Routledge, 1994, vol. 2, pp. 273-285. Primeira publicação em sueco em 1931.

<sup>26</sup> *Ibidem*, 308p.

<sup>27</sup> Harvey anuncia a descoberta em 1616, mas a publica em 1628 sob o título *Esertitatio anatômica de motu cordis et sanguinis*.

econometristas. Realmente, a obra que realizaram exemplifica com perfeição o que é a econometria e o que pretendem fazer os econometristas”.<sup>28</sup>

William Petty e seus seguidores, como Gregory King (1648-1712) e Charles Davenant (1656-1714),<sup>29</sup> procuram organizar dados quantitativos da sociedade tal qual uma rudimentar contabilidade nacional, inserindo definitivamente a instrumentalização matemática na economia. Não sistematizam eficientemente a relação entre estoque, insumos e produção do sistema econômico tanto para a sua totalidade quanto para a produção setorial. Todavia, suas estatísticas forneciam uma base importante (não obstante suas enormes deficiências) para as escolhas do Rei no campo fiscal e na política externa. O método é aquele baconiano indutivo, a fusão entre o método dedutivo aristotélico e o empirismo dos alquimistas e técnicos-artesãos. Desta forma, os dados quantitativos sobre os fenômenos sociais são racionalizados conforme a visão do autor.

Os autores Aritméticos Políticos eram administradores consultores com forte formação acadêmica. No que refere a Petty, sua formação é ampla. Marinheiro, médico do exército inglês, anatomista (formado em Paris sob a orientação de Hobbes), inventor (na década de 1640 tenta patentear uma máquina de cópias de manuscritos), catedrático de anatomia e música em Londres, fundador da Royal Society, topógrafo e proprietário de terras.

Tratou de problemas práticos de sua época e país como tributação, moeda, nível de emprego, política e comércio exterior. Não chegou a desenvolver uma teoria econômica consistente, mas teve a originalidade de utilizar os dados econométricos para deduzir conceitos como o da velocidade da moeda, da renda nacional e outros. Petty faz um levantamento sobre a atividade produtiva da época. São contabilizações verticais das atividades mineiras, manufactureiras, agrícolas, pastoris e de pesca, da matéria prima ao produto final.

A preocupação central dos seus escritos, tácita em todas as discussões secundárias, referem-se às causas que levam um Estado a ser rico. Todavia, trata a sociedade como submissa a uma

---

<sup>28</sup> Schumpeter, Joseph Alois *History of Economic Analysis*. New York, Oxford University Press, 1954, 265p.

<sup>29</sup> E outros como o alemão Herman Conring, Richard Cantillon e François Quesnay.

única autoridade política que é o Rei, o que o impede de desenvolver os conceitos de setores econômicos dentro do sistema produtivo e as relações tecnológicas daí decorrentes.

Afirma, então, que o Estado deve se encarregar da proteção militar, da educação (fornecimento de escolas e universidades, embora não descarte a educação privada) e da infraestrutura de transportes e de irrigação como condição para produzir internamente e comercializar externamente até o ponto em que o país tiver *“mais dinheiro do que qualquer outro de nossos vizinhos (nunca menos), tanto em proporção aritmética quanto geométrica, isto é, quando tivermos provisões para um número maior de anos (...)”*.<sup>30</sup>

Aprofundando a questão dos motivos que levam um Estado à riqueza, no “Aritmética Política”, questiona, já no capítulo I, como um *“país pequeno, com pouca gente”* pode *“ser equivalente em riquezas e poderio a outro com território muito mais amplo e população muito maior, e particularmente como a navegação e o transporte marítimo, de maneira excelente e fundamental, conduzem a isso”*. Inicia então sua argumentação dizendo que *“graças a seu engenho um homem pode realizar tanto trabalho quanto muitos sem ele — por exemplo, com um moinho (...), um tipógrafo (...), um cavalo puxando um carro com rodas (...)”*. O autor segue, então, comparando a Holanda e a ‘Zelândia’ com a França (utilizando seus dados estatísticos agregados de contabilidade nacional ainda primitivos), para deduzir os motivos que levaram os dois primeiros (países muito menores em espaço e população) à possuírem riqueza comparável à da França. Chega a duas conclusões. A primeira de ordem geográfica, ou seja, num país pequeno e de terras férteis como a Holanda, os custos militares e de alimentação são menores. Além disso, os dois países estão localizados na embocadura de três rios caudalosos, facilitando o comércio internacional das manufaturas que produzem. A segunda refere-se à disponibilidade energética da Holanda, que sendo um *“país plano (...) em qualquer parte pode-se instalar um moinho de vento, e, como a terra é úmida e vaporosa, sempre há vento soprando, propiciando a economia de muitos milhares de braços (...)”*.

---

<sup>30</sup> Petty, W. *Verbum Sapienti*. São Paulo: Abril Cultural, 1983, 102p.

Ainda com relação à energia, afirma que a Holanda e a ‘Zelândia’ apropriam-se com mais eficiência da energia eólica para o transporte marítimo, traduzida em custos de transporte mais baixos. Estes dois países estariam na fronteira tecnológica na manipulação “*da madeira para construção de navios, botes, mastros e cascos; de cânhamo para cordas, velas e redes; de sal, de ferro, e também de piche, alcatrão, resina, cal, óleo e sebo (...)*”.<sup>31</sup>

A importância que Petty dá à apropriação da energia é, portanto, grande. Trata-a como uma das precondições para o desenvolvimento econômico de um Estado. Refere-se à energia eólica e hidráulica reconhecendo-as como substitutas do trabalho humano. Escreve também sobre a importância da tecnologia em diversas partes de seus livros, concebendo-a como neutra e decorrente de especificidades geográficas. Embora não relacione explicitamente domínio da tecnologia com riqueza, assume que novos inventos economizam o trabalho manual do ser humano que estaria destinado, depois de ter acumulado grande quantidade de bens, a se ocupar com o desenvolvimento da mente e da sua relação com Deus.

## 2.6 Conclusões

Os estudos econômicos, um dos ramos das ciências sociais, possuem particularidades que dificultam a atribuição do *status* “ciência” tal como ocorre nas “ciências naturais”. Pode-se enumerar facilmente duas destas particularidades: (i) dificuldade de experimentação das teorias; (ii) mutabilidade do objeto estudado, qual seja, o comportamento da sociedade e do ser humano. Estes dois fatores, muito mais do que nas ciências naturais, caracterizam a ciência econômica, e as ciências sociais analíticas em geral, como sendo socialmente construídas. Em outras palavras, os pensadores econômicos desenvolvem teorias econômicas fortemente contextualizadas, cujas motivações podem ser o interesse de classe, o estágio de desenvolvimento, a fundamentação de certa doutrina, etc. Mesmo quando fundamentada, como será a partir do século XIX, sobre bases conceituais psicológicas (mesmo que superficiais), nada pode assegurar a imutabilidade do objeto de análise (o modo de agir humano) através das gerações.

---

<sup>31</sup>Petty, W. *Aritimética Política*. São Paulo: Abril Cultural, 1983, cap. I, pp. 115-22.

Assim, este capítulo procurou mostrar que as teorias econômicas desenvolvidas nos séculos XVI e XVII, o berço do pensamento econômico capitalista, foram fortemente influenciadas por três fatores: (1) a disponibilidade de energia não animal apropriada para a produção e o comércio de bens; (2) uma forte ojeriza ao controle institucional católico do feudalismo sobre a produção e a reprodução do pensamento, que se traduziu no desejo em se desenvolver verdades (ciência) universais ou neutras. Esta concepção levou à universalização do uso da linguagem matemática; (3) em contraposição ao ponto (2) e à concepção neutra da ciência, a construção das teorias econômicas do período preocupou-se com o enriquecimento do Rei e o fortalecimento do Estado.<sup>32</sup>

A apropriação de fontes energéticas não animais cumpre um papel decisivo ao tornar mais eficiente o transporte e permitir o enriquecimento pelo comércio. Os países que dominaram a energia eólica para o transporte marítimo, e a Holanda certamente foi quem desenvolveu navios mais velozes, obtiveram melhores resultados comerciais. Os autores econômicos, atentos a essas transformações técnicas, logo elegeram o transporte e o domínio do comércio internacional como os fatores a serem incessantemente perseguidos pelos Estados. Ademais, estes autores, na sua grande maioria, estavam a serviço do Rei como consultores e administradores da sua riqueza. Sua visão, desta forma, reflete os interesses particulares do Rei. Não propõem hipóteses analíticas sobre o funcionamento econômico a serem testadas, não podendo ainda ser consideradas como um corpo teórico consistente e bem definido. Em outras palavras não constituem verdadeiramente uma ciência econômica.

---

<sup>32</sup>Mesmo quando argumentando sobre o nível de emprego ou o fim da mendicância a preocupação em tirar as pessoas do ócio é “*proporcionar ao Rei os instrumentos mais apropriados para seus negócios de todas as espécies, estando tão firmemente obrigadas a serem seus servidores fiéis quanto seus próprios filhos naturais*”. Em “*Uma proposta de várias ocupações para os mendigos e para quem se encontre sem trabalho*” em Petty, W. *Tratado sobre Impostos e Contribuições*. São Paulo: Abril Cultural, 1983, 22p.

## Capítulo 3

### **O início da utilização dos combustíveis fósseis na Inglaterra e o aumento da disponibilidade energético-alimentar na Europa: fisiocratas e malthusianos.**

Os séculos XVI, XVII e XVIII representam a ruptura lenta porém radical com todos os sistemas energéticos que a humanidade tinha conhecido até então. A lenta substituição da madeira e do carvão vegetal pelo mineral abarcou todas as atividades humanas e ocorreu primeiro na Inglaterra, onde se conjugaram arranjos institucionais a fatores econômicos (escassez de madeira e abundância de carvão mineral) e a avanços técnicos (adequação das técnicas de produção das diversas manufaturas tendo o artesão como figura central).

A explosão populacional ocorrida na maioria dos países europeus durante o século XVIII parece ter ocorrido (como concorda grande parte dos historiadores) devido aos progressivos melhoramentos dos sistemas energéticos agrícolas consolidados ao longo da idade média e que culminaram, no século XVIII, em aumentos importantes da produtividade por área plantada na Europa. A rotação de culturas concomitante com a criação de animais, novas ferramentas em ferro e drenagem e fertilização permitiram a potencialização dos conversores vegetais que, aliados ao avanço sobre áreas ‘inférteis’, a introdução de variedades vindas da América, ao aumento do comércio, saneamento nas grandes cidades e alguns avanços na medicina fizeram cair as taxas de mortalidade.

Parte dos estudiosos da época via o mundo como os fisiocratas e àqueles preocupados com a explosão populacional como Cantillon, Turgot, Necker, Botero, Ortes, Bentham, Condorcet e Malthus. Este último, certamente o mais conhecido, partiu da hipótese de desequilíbrio entre crescimento populacional e oferta de alimentos para explicar o salário de subsistência do trabalhador, fenômeno analisado mais consistentemente por seu contemporâneo Adam Smith, que tratou de propor leis gerais que descrevessem o comportamento do indivíduo e da

coletividade à semelhança da física newtoniana. Esta não ficou restrita aos círculos matemáticos das ciências exatas, mas despertou interesse também dos filósofos, como Kant e os iluministas franceses, ingleses e escoceses, impelindo-os em direção a uma visão mecanicista da realidade.

Este capítulo inicia-se com a lenta substituição do uso energético da madeira para o carvão mineral e as modificações técnicas associadas desde o século XVI, mas discute, sobretudo, a ciência e os escritos econômicos do século XVIII. O fato de não estarem mencionados dois fatos tecnológicos de grande importância do período, ou seja, a invenção da máquina atmosférica de Newcomen de 1712 e a máquina a vapor de Watt de 1779, é uma opção por enquadrar estes inventos e seus reflexos no século XIX já que a máquina de Newcomen serviu apenas enquanto aparato para retirar carvão mineral em maiores profundidades e a máquina a vapor ter seu uso generalizado somente no século seguinte.

Dessa forma, a primeira parte discutirá os fatores que levaram, primeiro a Inglaterra, depois a Europa e o mundo, a substituir a madeira pelo carvão mineral. Na segunda e terceira parte, intituladas '*Saber Intelectual Versus Saber Técnico*' e '*A Ciência do século XVIII: leis gerais aplicadas às ciências sociais*', investigar-se-á quem foram os atores dos desenvolvimentos técnicos na Inglaterra, o estado da ciência na Europa (herdeira de Da Vinci, Galileu, Newton, etc.) e a influência dos cientistas franceses sobre os cientistas sociais. Nas últimas duas partes, ver-se-ão os principais autores econômicos do período destacando as influências que o ânimo científico e o estágio de apropriação energética do período tiveram sobre seus escritos.

### **3.1 Escassez de madeira na Inglaterra: a indústria devoradora de combustível**

As principais manufaturas existentes na Europa dos séculos XVII e XVIII são a do trabalho em madeira, do papel, do couro do metal e do vidro, que utilizam moinhos hidráulicos e de vento<sup>33</sup> e queimam lenha.

---

<sup>33</sup> Os moinhos de vento são transformados em monstros numa das aventuras iniciais dos lavradores travestidos de cavaleiro e escudeiro, Dom Quixote e Sancho Pança na novela satírica de Miguel de Cervantes de 1605. O romântico, ingênuo, atrapalhado, fantasioso e tradicionalista "*desfazedor de agravos e sem razões*" ataca um campo com trinta ou mais moinhos de vento, apesar das advertências de seu escudeiro em convencê-lo do contrário — "*(...) que aquilo não são gigantes, são moinhos de vento; e o que parecem braços não são senão as velas, que tocadas do vento fazem trabalhar as mós.*" — e termina abatido pelas pás junto com seu cavalo Rocinante após uma investida

Os moinhos d'água proliferam pela Europa ocidental a partir do século X e, no século XV, praticamente todos os cursos d'água são utilizados para a geração de energia mecânica, não raramente causando protestos de navegantes e dos usuários daquela água. Por isso mesmo, sua utilização é localizada e constituem, de um modo geral, uma forma de opressão daqueles que o detinham.

Os moinhos de vento, localizando-se mais próximos às cidades, são mais democráticos já que o ar não pode ser declarado propriedade fundiária do senhor feudal e disseminam-se paralelamente e substitutivamente aos moinhos d'água, nas funções de moagem de grãos, tendo em vista a sobrecarga destes últimos em extrair tanino, socar tecidos e na forja de metais.

O fato é que a tecnologia dos moinhos estimulou a produção e proporcionou o “*aumento do consumo de energia proveniente de outras fontes*” que não a força de tração humana ou animal. As novas formas de produção, em cada indústria, não permitiam mais um retorno ao modelo energético anterior. Uma longa fase de pequenos melhoramentos tecnológicos se seguiu, de modo a incorporar os serviços mecânicos dos moinhos nas indústrias. Como consequência, novas demandas por madeira surgiram de modo que, no século XVIII, a demanda por madeira já se encontrava em níveis insustentáveis.<sup>34</sup>

A maior parte dos historiadores concorda com a existência de um longo período de escassez de madeira na Inglaterra, acentuado entre o fim do século XVII e meados do século XVIII. A medida que a escassez aumentava, o preço do carvão vegetal elevava-se.

Os dados da tabela 1 mostram que o preço da madeira subiu consideravelmente acima do preço de outros produtos depois de 1500. Durante o século XVII, o preço da madeira se estabilizou, provavelmente como decorrência da importação de ferro, permitida graças a avanços no transporte marítimo.

---

furiosa. Não deixa de ser interessante que Dom Quixote, o defensor dos injustiçados e da tradição cavalearesca medieval, viesse a atacar os moinhos, objetos da transformação econômica, política e social da estática Idade Média européia.

<sup>34</sup> Hémerly, Daniel, Debeir, Jean-Claude, Deléage, Jean-Paul *Uma História da Energia*. Brasília: Flammarion, 1993; título original: “Lês servitudes de la puissance: une histotoire de l’energie”, 1986, 126p.

Tabela 3.1: Aumento do preço da lenha em comparação com outras ‘commodities’

	1451-1500	1633-42	1643-52	1653-62	1663-72	1673-82	1683-92	1693-1702
Nível geral de preços	100	291	331	308	324	348	319	339
Preços da lenha para fogo	100	780	490	662	577	679	683	683

Fonte: Wiebe, G. *Zur Geschichte der Preisrevolution des 16 und 17 Jahrhunderts*.1892, p. 375.

São poucos os escritos que confirmam a escassez de madeira na Inglaterra como resultado da depredação das florestas em função da produção madeireira e principalmente carbonífera. Todavia, alguns documentos oficiais serviram para atestar esta teoria como o requerimento de comissários da marinha inglesa, em 1660, de um estudo acerca da real situação da oferta de árvores para a construção de navios à Royal Society. Em 1668, o parlamento aprovou a lei para o aumento e preservação da madeira dentro da floresta de Dean.<sup>35</sup>

Por outro lado, o consumo de carvão mineral observou um aumento de 14 vezes entre os anos 1550 e 1680, de 210.000 toneladas para 2.982.000 toneladas na Inglaterra.<sup>36</sup> Ainda era pouco se comparado com o consumo de madeira, mas já uma sinalização de que, gradualmente, ao longo do século XVII, o preço do carvão mineral tornava-se mais atraente comparativamente ao carvão vegetal. Além disso, a produtividade marginal do trabalho era maior na produção do carvão mineral que passou a ser prontamente substituído em qualquer região que tivesse absorvido as técnicas necessárias para tanto.

Desde o século XVI, o carvão mineral era usado para produzir sal, sabão e cerveja, muito antes de a indústria do ferro ter se “apropriado” de toda a produção de carvão vegetal, mas tratava-se de uma demanda marginal em localidades específicas.

Naquela época, a madeira era o insumo usado em todas as indústrias. Na lavagem da lã no caldeirão de cobre, no tingimento no tonel de chumbo e no forno para aquecer continuamente as

<sup>35</sup> Thomas, Brinley *Was There an Energy Crisis in Great Britain in the 17th Century?* EUA: University of California, Academic Press, Davis, 1986.

<sup>36</sup> Nef, J.U. *The Substitution of Coal for Wood*, 1932 In: Church, R.A., Wrigley E.A., *The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries*. Oxford UK & Cambridge USA: The Economic History series, Blackwell, 1994, vol. 1, 19p.

escovas de alisar da manufatura têxtil usava-se madeira; o carvão vegetal era adicionado ao salitre para fazer pólvora; das cascas das árvores os trabalhadores extraíam a seiva para fazer piche e alcatrão para calafetar os cascos dos navios; das cinzas da madeira se obtinha potássio, indispensável na produção de sabão, vidro e adubo, etc. Mas, a escassez de madeira não se deveu a nenhuma dessas práticas, mas a sua utilização como combustível para as forjas.

Durante os séculos XVI e XVII o ferro era restrito à fabricação de pequenos recipientes, teares ou rodas de fiar, carroças ou carruagens, navios ou pequenas embarcações fluviais. Todas as ferramentas eram de madeira, exceto instrumentos cortantes. Dentre as armas, os mosquetões ainda possuíam varetas para recarga e cabos de madeira; canhões, carretas de madeira. As construções de casas, apesar de utilizarem tijolos e pedras ainda se baseavam em madeira. Mesmo os moinhos d'água e de vento continham muito poucas partes metálicas. Os instrumentos de precisão, relógios, ferramentas de construção, armas de fogo, equipamentos marítimos possuíam peças feitas de ferro ou latão.<sup>37</sup>

O último quarto do século XVIII é marcado pelo refinamento dos métodos de trabalhar o ferro, ampliando suas aplicações na construção de maquinários que não poderiam existir sem uma maior precisão das peças metálicas. A máquina atmosférica e a vapor, dada sua complexidade, tornaram indispensável o aperfeiçoamento do trabalho com o ferro.

A expansão da indústria de ferro foi enorme. Ferramentas, máquinas, armas, recipientes, talheres, materiais para construção, tudo o que era construído com madeira passou a ser feito com ferro, com os lentos melhoramentos técnicos nas forjas e das máquinas operatrizes (tornos, furadeiras e laminadores).

Para converter minério em uma tonelada de barras de ferro, em média se necessitava de 12 carregamentos de carvão vegetal, feitos de 41 toras (5125 pés cúbicos) de madeira, ou 8 árvores

---

<sup>37</sup> Nef, J.U. *The Substitution of Coal for Wood*, 1932 In: Church, R.A., Wrigley E.A., *The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries*. Oxford UK & Cambridge USA: The Economic History series, Blackwell, 1994.

jovens. A média anual de produção de ferro na Inglaterra no início do século XVII era de 35000 toneladas, ou seja, é seguro afirmar que só a indústria de ferro consumia 250.000 árvores por ano.<sup>38</sup>

Apenas achando um substituto para a lenha enquanto combustível poder-se-ia sustentar o crescimento da produção material. A substituição se deu, todavia, primeiro em atividades domésticas, como o cozimento e o aquecimento. Além disso, os pobres passaram a usar o carvão mineral antes dos ricos,<sup>39</sup> que podiam pagar mais caro para não sofrerem inalando a horrível fumaça proveniente da queima do minério. Alguns hábitos tiveram que ser abandonados pelos ingleses, como a lareira no centro da sala como centro de reunião familiar. A propagação do número de chaminés também foi notada por autores no início do século XVII, inclusive em residências de pessoas pobres.

Um pedido de patente de 1610 em nome de Sir William Slingsby esclarece a necessidade e as dificuldades em substituir o carvão vegetal pelo mineral. Em seu pedido, Slingsby divide as manufaturas em dois grupos: aquelas nas quais o carvão mineral foi utilizado com êxito, e outras em que esta substituição faliu. Segundo sua divisão, o primeiro grupo incluía as tecnologias de fervura — “cerveja, sal marinho, tingimento”. No segundo grupo ele colocou o cozimento de “malte, pão, tijolos, telhas, cerâmica” e a fundição de “metal de sinos, cobre, latão, ferro, chumbo e vidro”.<sup>40</sup>

Rapidamente uma a uma desenvolveram técnicas de utilização do carvão mineral: o malte em 1650; tijolos, telhas e cerâmica em 1613-18; o vidro em 1615 após o fechamento das painéis de barro, ou cadinhos, nas quais o potássio e a areia eram fundidos, evitando o contato direto com a fumaça e o fogo. Em 1700, todos os vidreiros, segunda maior manufatura consumidora de madeira para fins energéticos, usavam carvão mineral como insumo.

---

<sup>38</sup> Chase, Cannock *The Charge of Making of a Tonne of Iron in Canke Wood*. England: November 25<sup>th</sup>, 1588

<sup>39</sup> Catarina, a moradora do cortiço pegado à mina de carvão — personagem do romance “Germinal” de Émile Zola — toda manhã, “tratava primeiro do fogão de ferro fundido com grelha central flanqueada de duas fornalhas, e onde ininterruptamente ardia um fogo de hulha. A companhia dava por mês, a cada família, oito hectolitros de escamagem, carvão duro apanhado nos filões. Este carvão dificilmente se acendia; e a moça que todas as noites cobria o fogo, não tinha outra coisa a fazer senão revolvê-lo pela manhã, juntando-lhe pedacinhos de carvão novo, escolhido com cuidado”.

<sup>40</sup> Ibidem

Todas as manufaturas juntas queimavam 300.000 toneladas de carvão mineral por ano na Inglaterra de 1700, ou 1/3 do total. Em 1913, eram queimados 200 milhões de toneladas por ano, sendo 4/5 pela indústria.

Inovações na agricultura também contribuíam para o aumento do consumo por ferro, mesmo que em proporção menor do que outros setores. Ferraduras, instrumentos de ferro para abrir clareiras, para o arado, etc.

O aumento da produção do minério de ferro, a partir do início dos 1700, intensificou a mecanização de outras indústrias que demandavam equipamentos como engrenagens, eixos, correntes, martelos, pregos, cadinhos, parafusos, ferrolhos, tornos, grades, corrimões, âncoras e vários outros bens intermediários. Bens de consumo como talheres, painéis, potes, alfinetes, garrafas, chapas de janela, lareiras (firebacks), tição, grades, grelhas, etc., também faziam aumentar a demanda por ferro e, conseqüentemente, por carvão. A indústria de ferro abastecia, neste momento, a indústria de transporte (notadamente a naval), a agricultura e a indústria de bens de consumo para o lar. Segundo Thomas (1986), o consumo per capita anual de ferro na Inglaterra, mais que dobrou durante o século XVIII.

Tabela 3.2: Auto-fornos de forjas em operação de 1750 a 1791 na Inglaterra: produção estimada e divida entre carvão vegetal e mineral

	Carvão vegetal		Carvão mineral		% do total do ferro
	Nº de Fornos	Produção média estimada (tons.)	Nº de Fornos	Produção média estimada (tons.)	Produzido com coque
<b>750</b> <sup>1</sup>	71	375	3	500	5
<b>760</b> <sup>1</sup>	64	400	14	700	28
<b>775</b> <sup>1</sup>	44	450	30	800	55
<b>780</b> <sup>1</sup>	34	500	43	850	68
<b>785</b> <sup>1</sup>	28	500	53	900	77
<b>788</b> <sup>1</sup>	26	558	60	925	79
<b>790</b> <sup>1</sup>	25	500	81	925	86
<b>791</b> <sup>1</sup>	22	432	85	950	90

Fonte: Hyde, Charles K. *The Adoption of Coke-Smelting by the British Iron Industry, 1709-1790*. England: Blackwell, 1994, 230p.

Tabela 3.3: Produção de carvão mineral entre 1750 e 1880 (milhões de toneladas)

	<b>GB</b>	<b>Bélgica</b>	<b>França</b>	<b>Alemanha</b>	<b>Rússia</b>	<b>EUA</b>
<b>1750</b>	5,3	—	—	—	—	—
<b>1775</b>	8,9	—	—	—	—	—
<b>1800</b>	15,3	—	—	—	—	—
<b>1815</b>	22,6	—	—	—	—	—
<b>1830</b>	31,6	—	1,9	—	—	—
<b>1840</b>	43,4	3,9	3,0	3,9	—	2,2
<b>1850</b>	63,5	5,8	4,4	6,8	—	7,6
<b>1860</b>	88,6	9,6	8,3	18,4	0,3	18,1
<b>1870</b>	118,1	13,7	13,3	34,0	0,7	36,7
<b>1880</b>	149,5	16,9	19,4	59,1	3,3	71,9

Fonte: Mitchell, *European historical statistics*; for Britain, veja Flinn, *History of the British coal industry*. In: Church, *Production, employment and labour productivity*.

Tabela 3.4: Produção de ferro entre 1790 e 1880 (milhões de toneladas)

	<b>GB</b>	<b>Bélgica</b>	<b>França</b>	<b>Alemanha</b>	<b>Rússia</b>	<b>EUA</b>	<b>Suécia</b>
<b>1790</b>	90	—	—	—	128	—	—
<b>1800</b>	180	—	—	—	160	—	—
<b>1810</b>	400	—	—	—	144	—	—
<b>1820</b>	320	—	—	—	135	—	—
<b>1830</b>	680	—	266	110	187	168	—
<b>1840</b>	1400	95	348	190	189	291	125
<b>1850</b>	2250	145	405	210	228	572	142
<b>1860</b>	3888	320	898	529	298	835	185
<b>1870</b>	6059	565	1178	1281	359	1692	300
<b>1880</b>	7873	608	1725	2468	449	3896	406

Fonte: Mitchell, *European historical statistics*.

Durante os séculos XVII e XVIII, o crescimento do número de forjas evidenciou a necessidade de substituição do carvão vegetal pelo mineral para fusão do ferro, mas os mestres ferreiros não conseguiam implementar a inovação técnica tão facilmente. O uso de carvão mineral como combustível para os fornos não era novidade desde, pelo menos, o século XVI. O grande obstáculo a ser superado era usá-lo como insumo energético nas forjas, tendo em vista a crescente escassez (com reflexos sobre o preço) do carvão vegetal. A demanda por ferro crescia e a disputa por ganhos de produtividade era intensa já no século XVII. Era público o entendimento da premência de uma tecnologia voltada para a fundição, e foi no início do século XVIII que o desenvolvimento da técnica de forja permitiu este intento.

### 3.2 Saber intelectual versus saber técnico

Grandes avanços foram alcançados na aproximação entre a ciência acadêmica e o conhecimento prático dos artesãos. Todavia, a distância ainda era significativa. Na indústria química, por exemplo, a prática estava na maioria das vezes à frente da teoria ou inteiramente desvinculada a ela. Ainda não foi no século XVIII que a ciência uniu-se à técnica; ao contrário, a atitude ‘prática’ desvinculada da teoria, cultivada ao longo do século XVII, (inclusive pela *Royal Society of London* e a *Académie Royale des Sciences de Paris*) ainda prevaleceu.

Esforços, todavia, foram realizados para aproximá-las e o exemplo mais notório foi a *Encyclopédie* de Diderot e D’Alembert publicada pela primeira vez em 1751, um dicionário de ciências, artes e técnicas cuja intenção era engajar os cientistas e encorajá-los a preocupar-se com os problemas práticos dos artesãos.

“A regra, no entanto, não era esta. Os engenheiros baseavam seu trabalho no empiricismo e na experiência prática e não em princípios científicos e as relações entre força, trabalho e energia ainda não era entendida”.<sup>41</sup>

Nas ciências, os franceses foram insuperáveis. Lavoisier, Lamarck, Buffon, e outros. Em Paris, em 1766, surgiu o primeiro dicionário de química feito por Pierre-Joseph Macquer (1718-84). A química, em particular, foi um dos pilares científicos da época com algumas aplicações práticas em fábricas de tecidos (com a descoberta do cloro como alvejante), de cerâmicas e de tintas. O próprio Lavoisier (em concursos promovidos pela *Académie des Sciences* visando incentivar a união da ciência à técnica) esteve diretamente envolvido no fabrico de pólvora em território francês, objetivo alcançado com sucesso e que supriu, posteriormente, os exércitos de independência norte americanos e napoleônicos. A produção de soda cáustica também foi alcançada 1790. Ademais, os químicos franceses propuseram, nesta época, a nomenclatura da tabela química de elementos, a composição do ar e da água, descobriram o papel desempenhado pelo oxigênio na respiração e na combustão, a lei de conservação da matéria, da atração e repulsão entre cargas elétricas e magnéticas e as equações químicas. Na geografia e geologia, mostraram ao mundo como mapear um território e seu subsolo. O final do século XVIII na

---

<sup>41</sup> McKie, D. *Science and Technology* In: The new Cambridge modern history, Cambridge University Press, 1968, Vol. viii. 140p.

França foi uma época de descobertas científicas e invenções que extrapolaram as ciências naturais e tentaram aplicar a racionalidade mecânica científica na organização social — que culminou na Revolução de 1789.

Apesar da efervescência científica francesa, foi a Inglaterra o palco dos principais melhoramentos técnicos que, ao cabo, a tornariam o maior país produtor de bens materiais até o século XX. E a primeira grande conquista Inglesa, da qual dependeram todas as demais, foi a substituição do uso do carvão vegetal para o mineral, na qual os artesãos tiveram papel central.

*“Durante a Revolução Industrial, mudanças técnicas indubitavelmente extinguiram algumas habilidades tradicionais e aniquilaram outras artesanais junto”*. Um mundo industrial complexo resultou demandando novas formas de comércio e novas formas de especialização pelos trabalhadores. Desta complexidade emergente, ou seja, desta intrincada relação comercial e produtiva materialista, surge uma sociedade cujas características principais são o dinamismo com que bens materiais são inventados, a flexibilidade dos aparatos institucionais em promover tal ordem produtiva e a velocidade com que o ser humano se defronta com a realidade.<sup>42</sup>

Os aparatos inventados num momento inicial foram desenvolvidos por artesãos através de métodos lentos e trabalhosos e transmitidos do mestre ao aprendiz.

O uso industrial do carvão tornou-se realidade graças aos artesãos dos séculos XVI, XVII e XVIII. Por isso mesmo, na Inglaterra desta época (a fonte de invenções e inovações industriais), é difícil encontrar literatura referente aos métodos e técnicas descobertas a cada passo da Revolução Industrial. Em outros países como França e Países Baixos, a participação do estado em contratar técnicos e promover a circulação de artigos que procuravam desvendar os segredos dos artesãos ingleses foi ativa. Os resultados, todavia, não foram totalmente satisfatórios. A transferência de tecnologia não ocorreu de forma completa, talvez devido a fatores institucionais (cultura, liberdade, justiça, padrão de consumo, etc) ou simplesmente econômicos (escassez e abundância de fatores de produção).

---

<sup>42</sup> Harris, J.R. Skills, *Coal and British Industry in the Eighteenth Century*. In: Church, R.A., Wrigley E.A., *The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries*, Oxford UK & Cambridge USA: The Economic History series Blackwell, 1994.

Em 1700, a arte da forja estava menos adiantada na Inglaterra que no exterior, como na Holanda, por exemplo. Era na Holanda, que os fundidores procuravam por melhoramentos técnicos e foi para lá que Abraham Darby,<sup>43</sup> o primeiro a fundir ferro com carvão mineral, viajou em busca de trabalhadores mais especializados para sua pequena forja em Bristol. Em abril de 1707, sai a sua patente: “*Nova invenção de forjar potes e outros artigos de ferro-bojudo em areia apenas sem greda ou argila*”. A técnica de fabricação de potes e utensílios de ferro era bem conhecida na Inglaterra, mas Darby foi com certeza o primeiro a adotar forja com areia. Esta técnica tem relação com seu trabalho posterior quando arrendou um forno em Coalbrookdale, onde passou à fundição de peças e ferro. Foi aí que pela primeira vez se conseguiu fundir ferro usando como redutor o carvão mineral, que era encontrado perto da superfície em Coalbrookdale.

As dificuldades, superadas por Darby, ao uso do carvão mineral em substituição ao vegetal eram basicamente duas: o primeiro possui mais impurezas e é menos inflamável. Por isso mesmo, as novas técnicas consistiam em: primeiro, cozinhar antecipadamente o carvão mineral para eliminar as impurezas; segundo, construir um forno de tamanho superior, de modo que o minério de ferro fique mais tempo em contato com o carvão combustível; e terceiro, aumentar a temperatura com um mecanismo de injeção de ar.<sup>44</sup>

Uma outra questão se coloca. Até meados do século XVIII, outras tentativas de se usar o carvão mineral como combustível para a forja do minério de ferro ainda eram feitas, como atestam os pedidos de patente, por exemplo, o de William Woods que, em 1726, patenteou o coque em pó.<sup>45</sup> Mas então por que nenhuma impressão ou panfleto (que ocorreu somente em 1747) sobre a nova descoberta, já que se tratava da catástase de mais de um século de esforços?

---

<sup>43</sup> O inglês Abraham Darby, que desenvolveu fornos para forja do ferro com o uso do carvão mineral em 1709, nasceu em 1676 e seu pai e seu avô conciliavam o trabalho agrícola e com uma pequena produção de pregos e fechaduras, como muitos da sua época. Depois de um rápido aprendizado sobre a construção de moinhos de malte, montou uma forja com três amigos, na qual começaram a realizar experimentos para substituir o ferro fundido por latão em vários pequenos artigos.

<sup>44</sup> Asthon, T.S. *The Discoveries of Abraham Darby and Benjamin Huntsman* In: Church, R.A., Wrigley E.A., *The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries*, Oxford UK & Cambridge USA: The Economic History series, Blackwell, 1994.

<sup>45</sup> Este infelizmente se mostrou pouco produtivo, apesar dos investimentos feitos por Woods com dinheiro emprestado.

Por que a Coroa não tratou de difundir a nova tecnologia tendo em vista a restrição energética imposta com a escassez de madeira?

A explicação verossímil é a que a invenção de Darby foi um processo de tentativas que foram se aprimorando em uma trajetória de acumulação de conhecimento. Durante anos, os lingotes de ferro saíam defeituosos, quebradiços e eram vendidos a preços mais baixos aos mestres ferreiros locais. Mesmo para Darby deve ter sido difícil determinar a época exata em que a nova tecnologia funcionou plenamente, ainda mais se se considerar que as pedras de carvão têm qualidades e graus de pureza diferentes. Portanto, ao menos nessa época e nesse caso, a propagação da nova tecnologia foi lenta e requereu cerca de 40 anos.

O fato principal que permitiu a Darby iniciar o processo de utilização do carvão mineral nas forjas foi a abundância desse minério em Coalbrookdale onde era encontrado próximo à superfície. Noutros lugares, onde o carvão mineral estava a profundidades relativamente grandes, o estímulo a seu uso era menor.

Com o uso do coque e de altos fornos maiores, Darby conseguiu um melhoramento talvez inesperado na arte de fundição: o ferro fundido saía mais fluido do que se aquecido com o carvão vegetal permitindo que esse escorresse mais facilmente pelos canais até os moldes, e o mestre ferreiro podia, agora, fazer objetos mais leves e delicados, fato que foi fundamental para a construção de peças para todo o maquinário da indústria inglesa.

A França que foi, durante os séculos XVII e XVIII, a grande rival da Inglaterra pela liderança industrial da Europa e do mundo, obteve pouco sucesso em dominar a nova técnica. Utilizando o carvão mineral como combustível, a Inglaterra adquiriu conhecimento sobre o *design* dos fornos, seu sistema de ventilação, materiais mais adequados para refração do calor, a fervera dos materiais, refino do coque, melhoramentos na fundição. Deste modo, o país se proveu de um estoque de combustível único para a produção de certos artigos e, mais importante, fez cair o custo de seus manufaturados de ferro, tornando-se a grande exportadora deste produto até meados do século XIX.

Um equipamento importante era o cadinho. Este era preparado geralmente por mestres especializados somente nisto. A arte, não escrita em livros, consistia em dosar na medida certa argila de regiões específicas com ingredientes selecionados, como restos do cadinho antigo tombado e coque em pó. Esta combinação poderia evitar danos e prejuízos durante a forja. Um bom cadinho agüentaria até 6 fundições por semana.<sup>46</sup>

Outro detalhe que tornava a operação uma arte conhecida por poucos era o controle do fogo e do vento, que poderia quebrar o cadinho antes do fim da sua vida útil. Tipos de carvão (grandes, pequenos, puros, impuros), pó de coque, deveriam ser adicionados na medida precisa conforme a experiência acumulada intuía. Um mesmo operador de fornos chegava a trabalhar por 16 ou até 18 horas em fábricas de vidro e forjas em meio às chamas e fumaça. Não era fácil achar pessoas com essas habilidades e que se sujeitassem a tal qualidade de trabalho. As indústrias não podiam esperar que o salário de um operador de fornos a carvão mineral fosse o mesmo que o de um movido a lenha. Mesmo assim, sua recompensa monetária era baixa.

Operadores de forno eram robustos, toscos, sem educação... mas não ignorantes. Como todo trabalho manual-artesanal, este deve começar cedo o aprendizado, não conversando, mas fazendo.

A essência da dependência para com os artesãos é uma combinação de especialização prática acumulada e dificuldade de comunicação (expressão) dos métodos utilizados. Isto foi, sem dúvida, um obstáculo à transferência de tecnologia para outros países, tornando-os dependentes daqueles artigos produzidos na Inglaterra a preços baixos e qualidade superior.

### **3.3 A ciência do século XVIII: leis gerais aplicadas às ciências sociais**

---

<sup>46</sup>Harris, J.R. *Industry and Technology in the Eighteenth Century: Britain and France*. In: Church, R.A., Wrigley E.A., *The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries*, Oxford UK & Cambridge USA: The Economic History series, Blackwell, 1994.

O breve período compreendido entre 1763 e 1793 marcou importantes novidades para a ciência, especialmente no que se refere à fundação da moderna química. As bases de três grandes campos de estudo da física estavam lançadas: calor, eletricidade e magnetismo. Além disso há grandes progressos na geologia e na biologia. Na matemática e na mecânica as pesquisas do período foram caracterizadas por generalização e reducionismo. Lagrange, Legendre, Monge e Laplace foram os principais expoentes.

O século XVIII segue centrado no conhecimento objetivo científico único verdadeiro e irrefutável que se expande a partir da Europa e vem abarcando o mundo todo. O jovem Immanuel Kant (1724-1804) foi o grande filósofo do século e procurou explicitar as questões colocadas pelas descobertas espetaculares do século anterior.

A partir do seu segundo livro “*Crítica da razão pura*” de 1781, Kant propõe os caminhos pelos quais as pessoas adquirem e fazem conhecimento. Chama de “*razão pura*” as formas “*a priori*” do conhecimento e o seu encontro com a experiência formam o conhecimento objetivo.<sup>47</sup> Propôs, portanto, uma justificativa do conhecimento objetivo e se esse nos impõe como algo irrefutável, pode-se concluir que Newton (a quem Kant usa como referência, mas poderíamos entender toda a revolução científica do século XVI e XVII) foi um fundadores da física moderna e da forma como até hoje entendemos o mundo.

A física newtoniana não ficou restrita aos círculos matemáticos (ciências exatas), mas despertou interesse também dos filósofos impelindo-os verso uma visão mecanicistas da realidade. Os enciclopedistas, seguindo Voltaire, passaram a crer que o método usado por Newton aplicava-se também à vida e à organização das sociedades, isto é, leis gerais poderiam ser deduzidas da observação e da dedução matemática. Entretanto, para poder aplicar estas leis à realidade da natureza seria necessário desenvolver dois ramos da matemática – a geometria analítica e a análise infinitesimal – para então testar as formulações teóricas e prever o comportamento da natureza e dos seres humanos. Desta forma, “*o século XVIII foi o da instituição definitiva da geometria analítica e do cálculo infinitesimal, como instrumentos de*

---

<sup>47</sup> A contribuição de Kant foi à filosofia foi a conciliação do empiricismo (que pregava a observação dos fenômenos naturais na busca por respostas) e do racionalismo (que acreditava que as respostas estavam dentro do nosso cérebro). Kant propôs um meio termo unindo essas linhas de pensamento que corriam paralelamente por séculos.

*análise dos fenômenos naturais*”.<sup>48</sup> Iniciou este trabalho Leonard Euler (1707-1783), seguido pelos enciclopedistas franceses Denis Diderot (1713-1789) e Jean D’Alembert (1717-1783) e por seis matemáticos ativistas da Revolução Francesa: Lagrange (1736-1813), Condorcet (1743-1794), Monge (1746-1818), Laplace (1749-1827), Legendre (1752-1833) e Lazare Carnot (1753-1823). A intenção desses homens era a de sistematizar os instrumentos matemáticos para a análise dos fenômenos naturais, mas as intenções dos trabalhos teóricos matemáticos abstratos estenderam-se à militância política e à utilização da matemática como “*instrumento para a resolução de problemas referentes ao bem estar do povo*”.<sup>49</sup>

Com o desenvolvimento da análise matemática do século XVIII, ampliou-se a possibilidade de aplicação das teorias aos fenômenos naturais reais. O princípio de Deus, presente em Newton e Kant, tornou-se desnecessário para os matemáticos da Revolução Francesa, rompendo definitivamente com as amarras institucionais católicas da idade média. Para estes a natureza mover-se-ia ao acaso, coincidindo com a introdução da teoria das probabilidades por Condorcet em seu “*Ensaio de aplicação da análise da probabilidade das decisões de maioria*” de 1785 e posteriormente desenvolvida por Laplace no “*Teoria analítica das probabilidades*” em 1825.

### **3.4 Economia Política no século XVIII**

No período compreendido entre William Petty (1623-1687) e Adam Smith (1723-1790), as reflexões econômicas procedem em múltiplas direções, ligando-se a temas morais, filosóficos ou de imediatas escolhas de políticas. A figura do economista ainda não está claramente definida e as reflexões sobre os fenômenos econômicos são parte de reflexões gerais sobre a sociedade e o homem, e os mesmos autores ocupam-se de problemas diversos em momentos diversos das suas atividades.

Pode-se tentar dividir as preocupações econômicas segundo a tabela 3.5:<sup>50</sup>

---

<sup>48</sup> Vargas, Milton *Para uma filosofia da Tecnologia*. São Paulo: Editora Alfa-Omega, 1994.

<sup>49</sup> *Ibidem*

<sup>50</sup> Elaboração própria ampliando algumas definições de Hutchison (1988).

Tabela 3.5: Economistas e suas preocupações

	<b>1700-1746</b>	<b>1746-1776</b>	<b>1776-1822</b>	<b>1822-1876</b>
<b>Livre Comércio</b>	Mandeville Boisguilbert Gervaise			
<b>Emprego, Renda, Papel Moeda</b>	Law Frankin Berkley		D. Ricardo	
<b>Economia Matemática e Financeira, Idéias Fundamentais</b>	Cantillon Carl			
<b>Filosofia Moral, Economia Política</b>		Carmichael Hutcheson David Hume	Adam Smith	Marx Frederich List A. Hamilton
<b>Utilitarismo</b>		Montanari Galiani	Jeremy Bentham James Stuart Mill	Jevons, Menger Walras, John Stuart Mill
<b>Fisiocratas</b>		Quesnay Dupont Mirabeau Mercier		
<b>Poupança e Investimento</b>		Turgot Condillac Burlamaqui	Jean Baptist Say	

Por este longo período de tempo, a maior parte dos cientistas sociais analisa o comportamento do homem e o funcionamento da sociedade partindo de três perguntas-chave:

1. Quais impulsos guiam as ações humanas?
2. Quais as conseqüências para a sociedade do comportamento mais ou menos egoísta do ser humano?
3. Como deveria ser este comportamento?

Trata-se claramente da discussão entre o cognitivo (‘aquilo que é’) e o normativo (‘aquilo que deveria ser’). O conceito normativo preponderou durante toda a Idade Média onde o comportamento do ser humano deveria ser guiado por forças espirituais ultraterrenas. A aceitação do ser humano egoísta-individualista da concepção descritiva (concepção liberal e radicalmente nova para a época, a qual a maioria dos intelectuais iluministas abraçaram), e as consequentes

propostas teóricas de organização político-sociais daí derivadas (teorias sociais realizadas muitas vezes por matemáticos, físicos e químicos conscientes da irrefutabilidade das suas construções científicas).<sup>51</sup> Trata-se da sistematização de leis naturais que descrevam o comportamento do homem individual e da coletividade a semelhança da física newtoniana.

Trata-se da ruptura completa para com sociedade medieval, onde o protestantismo é visto como a justificativa ética que legitima as ações diretas de enriquecimento individual em contraposição ao coletivismo católico.<sup>52</sup>

A liberdade das escolhas individuais baseadas na razão e na paixão, consideradas agregadamente, podem perseguir o bem estar público (“vícios privados = virtudes públicas”)<sup>53</sup>. É uma visão derivada da função civilizatória do comércio desenvolvida pelos mercantilistas e que estende-se, ao longo dos Setecentos, a todo comportamento humano em sociedade. É o otimismo do caminho da sociedade baseado no mercado e na divisão do trabalho, influenciado pelo triunfo da razão sobre a fé.

“Mas a tese de uma sociedade progressiva não deriva, como efeito da causa, da esperança na difusão de comportamentos individuais guiados sempre mais pela razão do que pela paixão. A relação de causa e efeito segue em sentido contrário: do progresso econômico e social da sociedade guiado pelo espírito do comércio, e portanto das motivações individuais, há uma crescente afirmação de um civilismo cultural, no qual o interesse pessoal vem não superado, mas adequadamente canalizado verso êxitos para o progresso coletivo”.<sup>54</sup>

### 3.5 Energia e teoria econômica: fisiocratas e malthusianos

---

<sup>51</sup> O debate entre altruísmo e egoísmo é mais complexo do que pode parecer. Todavia não é o objetivo deste trabalho aprofundá-lo. As motivações do agir humano, à luz da discussão da época, pode ser sintetizada em termos de paixões e interesses, ou seja, há escolhas racionais, mas também não racionais que não podem ser reduzidas à maximização da riqueza. Entretanto, os escritores econômicos da época tendem a ser racionalistas.

<sup>52</sup> Weber, Max, *A ética protestante e o espírito do capitalismo*, São Paulo: Ed. Pioneira, 1983; título original: “Die Protestantische Ethik und der Geits des Kapitalismus”.

<sup>53</sup> Esta é uma visão extrapoladora de Mandeville que apesar de claramente errada exemplifica o ânimo dos cientistas e escritores da época.

<sup>54</sup> Labini, Paolo Sylos, Roncaglia, Alessandro *Pensiero Economico: temi e protagonisti*. Roma-Bari: Laterza, 1995.

A influência das questões energéticas sobre as reflexões econômicas durante o século XVIII pode ser resumida numa palavra: agricultura. Apesar das grandes transformações energéticas que ocorriam na Inglaterra desde o século XVI em razão da escassez da madeira e a sua conseqüente substituição pelo carvão mineral, os escritores econômicos de maior relevância pouco ou nada relatam sobre o fato.

Já as transformações ocorridas na agricultura (não se tratou de uma revolução agrícola, mas da consolidação de progressivas melhorias que culminaram, no século XVIII, em aumentos significativos da produtividade por área plantada) influenciaram sobremaneira as discussões econômicas da época. A substituição do alqueive<sup>55</sup> pelo sistema de rotação de culturas (cereais, leguminosas, trigo e tubérculos) que fornecia alimentação para o gado (tubérculos ou leguminosas) e aumentava simultaneamente a produtividade do trigo e dos cereais ao fixar nitrogênio no solo elevou a disponibilidade energética de oferta de alimentos vegetais e animais. Além do mais, novas ferramentas feitas em ferro e o aumento da utilização do gado como força de tração também contribuíram para a elevação da produtividade agrícola.

Estes avanços influenciaram sobremaneira diversos escritores econômicos, sobretudo os fisiocratas franceses. De um modo geral, estes prestaram particular atenção ao desenvolvimento da agricultura, que consideraram o único setor capaz de produzir excedente haja vista a característica única e irreprodutível da terra de ser fértil. O mais influente destes autores, François Quesnay, cujo trabalho mais famoso é o *Tableau économique* de 1758, diverge e aprofunda a aceção de seus colegas (Marquês de Mirabeau, Pierre Du Pont de Nemours, Turgot, Pierre-Paul Mercier de la Riviere) ao sublinhar as potencialidades de uma agricultura intensiva em novas técnicas e capital. Faz uma contraposição entre a “*grande culturale*” e a “*petite culturale*” que não se refere às dimensões do terreno senão ao aumento da produtividade derivado do acúmulo de capital e da sua utilização para a introdução de melhores tecnologias agrícolas.

A percepção dos autores está claramente relacionada ao “*ciclo de reprodução humana, que levava mesmo a uma regressão demográfica em caso de más colheitas*”.<sup>56</sup> A relativa

---

<sup>55</sup> Alqueive é o ato de lavrar a terra e deixá-la de pouso para que adquira força produtiva.

<sup>56</sup> Hémerly, Daniel, Debeir, Jean-Claude, Deléage, Jean-Paul *Uma História da Energia*. Brasília: Flammarion, 1993; título original: “Lês servitudes de la puissance: une histotoire de l’energie”, 1986, 141p.

‘independência’ conquistada inclusive com o cultivo de terras até então inférteis disponibilizou excedentes importantes para o crescimento demográfico observado nos 1700, fundamentais para a o fornecimento de mão de obra que viria a trabalhar nas indústrias e a formar o mercado consumidor de seus produtos manufaturados. Mas claro, a agricultura é estruturalmente inelástica em relação ao capital investido. Esbarra, no limite, na capacidade da planta em converter energia solar em alimento. E esta questão foi discutida no famoso “*Essay on Population*” de Thoma Robert Malthus.

A tese de Malthus é comumente sintetizada numa célebre fórmula: a produção agrícola tende a crescer em proporção aritmética enquanto a população cresce em proporção geométrica, duplicando-se a cada 25 anos (utilizando como modelo a taxa de natalidade dos EUA — “*onde os meios de subsistência têm sido fartos, os costumes das pessoas mais puros e, conseqüentemente, os obstáculos a casamentos precoces mais escassos do que em qualquer dos estados modernos da Europa (...)*”). À parte os erros de Malthus em formular leis independentes relativas a variáveis dependentes<sup>57</sup> e de supor ausência de progresso técnico no setor primário, nota-se que sua teoria foi construída conjugando dois acontecimentos do século XVIII: o aumento da população supostamente derivado de aumentos da produtividade na agricultura.

Apesar das dificuldades de mensuração confiável, a população da Europa cresceu num ritmo acelerado durante todo o século XVIII, mais acentuadamente depois de 1760 em partes da Escandinávia, Países Baixos, Rússia, Inglaterra, Gales, Irlanda e partes da Alemanha, onde a taxa média anual de crescimento demográfico deveria estar em torno de 1% ao ano (quase o dobro daquelas estimadas para os demais países da Europa).<sup>58</sup> A queda nas taxas de mortalidade é o fator aceito entre os historiadores como explicativo para este crescimento populacional. A ausência de epidemias como a varíola após 1725 foi a responsável pela queda na mortalidade infantil e conseqüência de avanços da medicina (a inoculação e a vacinação foram introduzidas em fins do século XVIII). A ausência de guerras após 1763 e de calamidades climáticas, obras de

---

<sup>57</sup> Schumpeter, Joseph Alois *History of Economic Analysis*. New York: Oxford University Press, 1954, 132p.

<sup>58</sup> Habakkuk, H.J. *Population, commerce and economic ideas* In *The new Cambridge modern history*, vol. VIII. Cambridge University Press, 1965.

saneamento em algumas grandes cidades e o fim da peste negra (cuja última grande epidemia foi em Provença em 1721) também contribuíram para este aumento, mas os historiadores parecem acreditar que um outro fator foi mais decisivo: melhoramentos na oferta de alimentos. Safras ruins passaram a ser menos freqüentes (como decorrência da introdução da rotação de culturas concomitante com o gado, maior disponibilidade de ferramentas e equipamentos de ferro, diversificação das variedades cultivadas, concentração da propriedade, drenagem e fertilização do solo, eliminação das áreas sem cultivo) e o aumento do comércio de alimentos aliviou as deficiências de produção onde a colheita não foi bem sucedida. Melhor nutrição e maior resistência a doenças ocorreram nas áreas pobres e afastadas dos centros onde a batata foi introduzida com sucesso. Nas outras áreas, o aumento da produtividade não foi traduzido em aumento do consumo *per capita*, mas em suporte ao aumento da população. Ademais, o aumento do comércio nos países acima citados, parece ter criado condições favoráveis ao aumento do número de casamentos, na medida em que gerou novas oportunidades de suporte dos custos familiares. “*O que é essencialmente necessário para um rápido crescimento da população é uma grande e contínua demanda por trabalho*”.<sup>59</sup>

Outros autores, como Cantillon, Turgot, Necker, Giovanni Botero (1540-1617), Gianmaria Ortes (1713-90), Bentham, Condorcet, haviam já discutido as tensões causadas no confronto entre a potencialidade de crescimento da população e a dificuldade em aumentar-se paralelamente a disponibilidade energética alimentar. Malthus é, todavia, o mais conhecido e o mais controverso de todos. Propõe de forma muito simples que a população cresce mais rapidamente que a produção alimentar e é limitada por ela. Este desequilíbrio levaria à fome e à mortalidade das classes mais pobres e a um novo equilíbrio. O governo deveria, portanto, agir antecipando este desequilíbrio promovendo a castidade (solução ‘virtuosa’) ou a contracepção (solução ‘viciosa’). Esta última levada adiante pelos neomalthusianos.<sup>60</sup>

---

<sup>59</sup> Malthus, T.R. *op. Cit.* Habakkuk, H.J. *Population, commerce and economic ideas* In: The new Cambridge modern history, vol. VIII. Cambridge University Press, 1965.

<sup>60</sup> A derivação imediata é aquela, defendida também por Ricardo, de que o salário do trabalhador oscila em torno do nível de subsistência. Quando a população aumenta acima da capacidade de produção agrícola o salário cai abaixo do nível de subsistência e há mortalidade; e vice-versa. A teoria do salário de subsistência aparece também em Smith e é certamente mais sólida. Atribui este resultado às diversas forças contratuais de trabalhadores e capitalistas.

### 3.6 Conclusões

Apesar do longo período de escassez de madeira na Inglaterra (mais de 200 anos), pouca coisa foi escrita sobre o assunto. Documentos oficiais do governo e da marinha inglesa e estimativas dos preços relativos da madeira indicam que o fato realmente ocorreu, mas a discussão está ausente nos escritos dos autores econômicos da época.

A influência da teoria de Newton parece ter sido mais relevante e os diversos autores preocuparam-se em descobrir leis gerais explicativas do comportamento do ser humano e da sociedade. Adam Smith e sua obra refletem o estado de ânimo científico da época, incorporando elementos como o *laissez-faire* de Turgot e as concepções egoísticas do ser humano. Trata-se de uma obra preocupada em desvendar a razão dos impulsos humanos e as conseqüências de uma organização societária nela alicerçada.

Os Fisiocratas e os, por assim dizer, pré-Malthusianos foram, por sua vez, muito influenciados pelos avanços na agricultura. A disponibilidade energético-alimentar foi a principal razão da queda da taxa de mortalidade em quase toda a Europa segundo a maioria dos historiadores e trouxe as errôneas percepções de que a agricultura era o único setor capaz de gerar excedentes (segundo os Fisiocratas), e de que os governos deveriam controlar as taxas de natalidade (segundo a visão de Malthus e outros).

O século XVIII foi caracterizado pela ruptura completa para com a rigidez institucional da Idade Média católica, na medida em que se chegou a propor organizações da sociedade baseadas na razão científica. A ciência ainda não se uniu à técnica e a matemática desenvolvida ao longo do século XVIII (principalmente na França) pode ser vista como a transição entre a concepção matemático-mecânica do homem e do mundo do século XVII e a aplicação prática na engenharia do século XIX.

## Capítulo 4

### **A disseminação das máquinas a vapor da Revolução Industrial inglesa pelo mundo: Babbage, Marx e a questão do carvão de Jevons.**

A partir de 1800, o debate da economia política concentra-se na Inglaterra e o centro da cultura européia e mundial começa a deslocar-se de Paris para Londres. Os escritores que surgem entre a publicação da *‘Riqueza das Nações’* e a década de 1870 (quando entra em cena a revolução marginalista), podem ser divididos entre os chamados ‘ricardianos’ como Robert Torrens (1780-1864), Samuel Bailey (1791-1870), Thomas De Quincey (1785-1859), John Ramsey Mc Culloch (1789-1864), os ‘antiricardianos’ como William Nassau Senior (1790-1864), Charles Babbage (1791-1871), John Stuart Mill (1806-73), Karl Marx (1818-1883) e Friedrich Engels (1820-1895). Trata-se de um período rico em escritos econômicos que escrevem sobre comércio internacional, demanda e oferta, escassez e utilidade, teoria do valor, ciência e tecnologia. Muitos destes argumentos são a continuação do debate iniciado no fim do século XVIII (aqueles que reforçam, outros que contrapõem ou que desenvolvem temas tocados apenas marginalmente pelos escritores clássicos), mas a realidade européia já é outra e os problemas e discussões que surgem como decorrência da generalização do uso da energia a vapor são novos. Desta forma, este capítulo colocará em evidência as obras de dois dos escritores acima enumerados em função de sua relevância e influência dentro da história do pensamento econômico e da rica reflexão que emerge a partir do confronto de idéias contemporâneas tão divergentes. São eles o inglês Charles Babbage e o alemão Karl Marx.

O século XIX foi um século de expansão — da população, da indústria manufatureira, do comércio, do saber e da utilização da energia do vapor. Na época, tais avanços pareciam ilimitados e pregavam a conquista de um espírito da evolução científica universal respaldados nos avanços da química, da física e da biologia. A França, palco dos avanços científicos do século XVIII, continua a produzir ciência (principalmente no campo da química) e os esforços são feitos para a utilização prática das ‘descobertas’ científicas. Não obstante, a Inglaterra começa a despontar como o principal país produtor de ciência, a qual inicia seu ‘casamento’ com a técnica (que já se caracteriza por inovações constantes). A construção das máquinas a vapor utiliza-se da

geometria tridimensional, e anuncia o desenvolvimento dos conhecimentos sobre a resistência de materiais e das teorias da termodinâmica para aumentar velocidade e eficiência e tem como centro produtor de excelência a Inglaterra. Porém, muitos dos operários/engenheiros mecânicos ingleses imigram e, com seu conhecimento sobre as artes manufatureiras, levam a Revolução Industrial para o continente. A arte de usar o carvão mineral como insumo energético para a produção de força motriz, em substituição à força hidráulica, eólica, humana e animal, era o conhecimento que faltava aos países da Europa continental e aos EUA para iniciarem a expansão industrial em seu território. Mas a introdução das máquinas gerou profundas transformações ambientais, sociais e trabalhistas. Regiões antes agrícolas e pastoris tinham agora como paisagem as fumegantes chaminés das siderúrgicas, têxteis, vidrarias, etc., que se localizavam na vizinhança das minas de carvão mineral — pelo menos até a disseminação das estradas de ferro a partir de 1840. A crescente mecanização do campo levou a população às cidades, na busca por um posto de trabalho e esse ‘*exército industrial de reserva*’ — termo cunhado por Marx — padeceu das condições subumanas de trabalho e rendimentos.

A primeira discussão sobre a difusão das técnicas de uso do carvão mineral na produção do vapor para a geração de força motriz na Europa continental, dar-se-á na primeira parte do capítulo. Também na primeira parte serão expostas as transformações sociais e trabalhistas sob o título “*cidades e proletariado*”.

No ponto 4.2, será sublinhada a união da ciência à técnica que, a partir do século XX, será conhecida inseparavelmente por Ciência & Tecnologia (ou simplesmente C&T).

## **4.1 Expansão da Revolução Industrial pelo mundo: a era do carvão**

### *4.1.1 Fontes de energia na Industrialização da Europa continental*

Após o império Napoleônico, iniciou-se verdadeiramente a expansão da Revolução Industrial iniciada na Inglaterra para toda a Europa. As técnicas manufatureiras, aprimoradas pelos artesãos ingleses desde o século XVII, nas diversas artes (têxtil, metalúrgica, mineradoras, construção mecânica, engenharia civil...) eram agora alvo de pirataria explícita por parte dos

países continentais. Prova disso é a proibição da imigração dos artesãos ingleses até 1825 e das máquinas, peças e projetos da indústria têxtil (tida como a mais valiosa) até 1842. Como o contrabando sempre foi um grande negócio, os esforços de proteção aos segredos industriais britânicos não foram bem sucedidos de forma que o maquinário e os operários especializados ingleses migraram maciçamente para o continente e muitos deles nunca mais retornaram à Inglaterra.<sup>61</sup>

Estes imigrantes especializaram uma geração de trabalhadores que já possuíam algum conhecimento prático nos ofícios e, a partir da década de 1820, os países continentais e os EUA desenvolveram sua própria indústria mecânica. Havia muita improvisação, as manufaturas não estavam segmentadas como na Inglaterra e aceitavam encomendas de qualquer tipo: locomotivas, motores navais, aparelhos de destilação, tornos e até maquinários para a indústria têxtil (estes últimos sem muito sucesso). Como trabalhavam por encomenda, não conseguiam padronizar o produto e ganhar escala de produção. A partir da década de 1840, a demanda por conhecimentos técnicos concentrou-se no setor de transportes (construção de ferrovias) e em obras de engenharia civil (estradas e pontes).<sup>62</sup>

O século XIX assistiu a grandes melhorias nos transportes. Obras fluviais, estradas, novos veículos (carroças e barcos a vapor) com maior capacidade de carga e mais velozes. As ferrovias também começaram a surgir, a partir de 1840, o que trouxe reflexos positivos sem precedentes sobre a economia, elevando a demanda por ferro, madeira, carvão, vidro, couro, pedras e outros materiais e dinamizando o comércio.

Todavia, o setor que alavancou a industrialização, crescendo a taxas acima dos demais, foi o da indústria pesada (hulha e ferro), ao contrário da Inglaterra onde a indústria têxtil se sobressaiu. Tratava-se de um outro estágio de desenvolvimento econômico e tecnológico e a substituição da madeira pelo ferro (a exemplo do que ocorreu na Inglaterra do século XVIII, mas

---

<sup>61</sup> Landes, David S. *Prometeu Desacorrentado*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1994; título original: “The Unbound Prometheus”, Cambridge University Press, 1969.

<sup>62</sup> Vale ressaltar que os governos sabiam da importância da presença de trabalhadores qualificados nas diversas artes em seu território. Assim sendo, os governos Francês e Alemão investiram na formação formal dos trabalhadores em faculdades (*École Polytechnique* — que já possuía um curso de mineração — e o *Hauptbergwerks-Institut*) e cursos profissionalizantes (as *écoles des arts et métiers* e as *gewerbeschulen*).

com mais intensidade) fez surgir uma ‘era do metal’ na Europa impulsionada pela demanda nos setores da construção de redes de água e esgoto com tubos de metal, de máquinas a vapor em toda as manufaturas e do transporte. Diferentemente do que ocorreu na Inglaterra, o continente ainda possuía um estoque de madeira considerável e a utilização do carvão mineral não se generalizou rapidamente. A velocidade com que a técnica de Darby<sup>63</sup> disseminou-se varia de país a país. Em linhas gerais pode-se afirmar que entre 1810 e 1860 deu-se a completa substituição da lenha pelo carvão mineral, com a utilização de fornos maiores e com temperaturas mais elevadas, tal qual na Inglaterra. “*Não foi o esgotamento das florestas que causou o declínio da lenha, mas seus custos de produção e de transporte mais elevados que os do carvão, sobretudo depois que se reduziram os custos do transporte ferroviário*”.<sup>64</sup>

A utilização da máquina a vapor na Europa continental esteve vinculada à mineração e à metalurgia. Isto se explica pela abundância de cursos d’água que acionavam as maquinarias menores e obsoletas da indústria têxtil e pela demanda exponencial por ferro. Em 1851, na França a potência energética total produzida por vapor, 42,2% eram utilizadas na mineração e metalurgia e 29,5% no setor têxtil (algodão); na Bélgica, 55% eram utilizadas na mineração, 15% na metalurgia e 11% na indústria têxtil.<sup>65</sup>

A utilização da energia hidráulica no continente, em especial na França, também continuou a ser de grande importância e não foi completamente substituída pelo carvão fóssil. Ainda na década de 1840, a manufatura francesa de ferro usava motores hidráulicos de 20.000 HP e máquinas a vapor de 5.000 HP. Todavia, nesta mesma época, 11 das 20 maiores sociedades francesas eram empresas carboníferas.<sup>66</sup> O quadro 1 mostra a evolução da capacidade de

---

<sup>63</sup> Como vimos no capítulo anterior, o inglês Abraham Darby é considerado a primeira pessoa a desenvolver fornos para forja do ferro que utilizassem o carvão mineral.

<sup>64</sup> Hémerly, Daniel, Debeir, Jean-Claude, Deléage, Jean-Paul *Uma História da Energia*. Brasília: Flammarion, 1993; título original: “*Lês servitudes de la puissance: une histotoire de l’energie*”, 1986.

<sup>65</sup> Landes, David S. *Prometeu Desacorrentado*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1994; título original: “*The Unbound Prometheus*”, Cambridge University Press, 1969.

<sup>66</sup> Hémerly, Daniel, Debeir, Jean-Claude, Deléage, Jean-Paul *Uma História da Energia*. Brasília: Flammarion, 1993; título original: “*Lês servitudes de la puissance: une histotoire de l’energie*”, 1986.

produção de energia mecânica dos países da Europa ocidental entre a década de 1840 e o fim do século XIX.

Tabela 4.1: Capacidade de todas as máquinas a vapor (em milhares de HP)

	1840	1850	1860	1870	1880	1888	1896
Grã-Bretanha	620	1290	2450	4040	7600	9200	13700
Alemanha	40	260	850	2480	5120	6200	8080
França	90	370	1120	1850	3070	4520	5920
Áustria	20	100	330	800	1560	2150	2520
Bélgica	40	70	160	350	610	810	1180
Rússia	20	70	200	920	1740	2240	3100
Itália	10	40	50	330	500	830	1520
Espanha	10	20	100	210	470	740	1180
Suécia	—	—	20	100	220	300	510
Holanda	—	10	30	130	250	340	600
Europa	860	2240	5540	11570	22000	28630	40300
EUA	760	1680	3470	5590	9110	14400	18060
Mundo	1650	3990	9380	18460	34150	50150	66100

Fontes: Mulhall, *Dictionary of Statistics*, 545p.; W. Woytinsky, *Die Welt in Zahlen*, 7 v., Berlin, 1926, IV, 59p. Woytinsky frisa o caráter aproximado dessas estimativas.

A maturidade da indústria na Europa continental veio entre 1850 e 1873, que foi um período de grande expansão da extensão da malha ferroviária e da capacidade instalada de geração da energia a vapor produção e do consumo de carvão mineral, ferro-gusa e algodão. A taxa de crescimento conjunta na França, Alemanha e Bélgica variou entre 5% e 10% ao ano.

Os avanços tecnológicos responsáveis por este crescimento concentraram-se na área da energia com a substituição do carvão vegetal pelo mineral e a invenção da máquina a vapor. Esta última em especial difundiu-se por toda a indústria e nos transportes. O cardador automático, o martelo a vapor, a máquina a vapor composta, o conversor de Bessemer, o forno de Siemens-Martin e o motor a gás são exemplos das inovações energéticas do período. O carvão mineral, desta forma, teve papel central no século XIX. Extraído em profundidades e quantidades cada vez maiores industrializou regiões antes agrárias como o vale do Ruhr e o norte da França num piscar de olhos. Nas indústrias têxteis, na década de 1870, já não se produzia mais por teares manuais na Inglaterra, França e Alemanha, substituídos por máquinas automáticas com produtividades crescentes. Na indústria metalúrgica (ferro e aço) passou-se a adotar, devido à inelasticidade da oferta de madeira também no continente, o carvão mineral como combustível. Na Bélgica 90%

da produção de ferro-gusa utilizava o carvão mineral como insumo; na França e na Alemanha fez-se a transição entre 1850 e 1855, quando a utilização do minério ultrapassou os 50%. Em 1870, o Reino Unido ainda produzia metade do ferro-gusa mundial, 3,5 vezes mais do que os EUA que era o segundo produtor mundial.<sup>67</sup>

As máquinas a vapor disseminaram-se por diversos tipos de indústria substituindo a energia motriz hidráulica, do vento e da tração humana e animal. Inicialmente, complementavam a energia das rodas hidráulicas e seu uso generalizou-se nas empresas que já estavam familiarizadas com elas. A partir de 1800, variações das máquinas a vapor foram desenvolvidas: de êmbolo cônico, de êmbolo composto, horizontais, verticais sem condensadores, que trabalhavam com altas pressões e velocidades muito maiores que as versões antigas; e só começam a tornarem-se obsoletas a partir de 1884, quando a turbina a vapor aparece e difunde-se com tanta rapidez que apaga da memória os aperfeiçoamentos realizados ao longo de todo o século XIX na máquina a vapor de Watt.<sup>68</sup>

Os avanços técnicos ocorridos na Inglaterra no início do século XVIII operacionalizaram o uso do carvão mineral nas diversas artes manufactureiras, fato sem o qual a Revolução Industrial não teria acontecido. A invenção da máquina a vapor de Watt permitiu que a energia térmica da queima do carvão mineral fosse *eficientemente* convertida em energia mecânica substituindo num ritmo acelerado o trabalho humano pelo da máquina em qualquer tipo de produção repetitiva. A divisão do trabalho imaginada por Smith deixa de valer no seu sentido original e novas formas de trabalho e de desemprego transformam a Europa em um palco de conflitos ideológicos e luta de classes e a continuidade da expansão da produção material na Inglaterra e na Europa continental no século XIX fica refém da disponibilidade desta fonte de energia, consumida num ritmo cada vez maior em função de avanços tecnológicos cada vez mais sofisticados.

O francês Marc Seguin, em seu *Traité sur l'influence des chemins de Fer*, escreveu, em 1839, que

---

<sup>67</sup> A Europa, os EUA e os demais países do mundo caminhavam inexoravelmente para a utilização da energia a vapor nas indústrias que se deu *definitivamente* entre o final do século XIX e início do XX.

<sup>68</sup> Stowers, A *The stationary steam-engine, 1830-1900* In *A history of technology: the late nineteenth century*, London: Oxford University Press, 1958.

“a idéia que hoje domina as nações civilizadas é o aumento do bem estar e do desfrute da vida material. Todos os esforços se concentram na indústria, porque só dela pode vir o progresso. É a indústria que suscita e fomenta novas necessidades nos homens e que, ao mesmo tempo, proporciona-lhes o meio de satisfazê-las. A indústria é, hoje, a própria vida dos povos. Assim, todas nossas esperanças e anseios, todo nosso talento teria que ser posto a serviço deste progresso. (...) O desfrute e o gozar da vida e de suas comodidades, até o momento reservados apenas para os ricos, são agora patrimônio comum dos trabalhadores. Uns passos mais e este bem estar estará ao alcance de todos por igual, sem distinção de classes.

Em nossos dias, e com o recurso deste novo agente, há-se levado a cabo verdadeiros prodígios e os sonhos que nossos pais acreditavam irrealizáveis são hoje coisa de todos os dias. Máquinas que só requerem do homem uma simples vigilância, filam e tecem sem a ajuda de ninguém o linho, o algodão, a lã e a seda (...).

Algumas viagens realizadas à Inglaterra me convenceram de que para transferir a um país a civilização industrial desta nação é necessário, como primeira medida, equiparar o nível de nossos transportes ao seu. Para conseguir isto devemos multiplicar o número de pontes, ativar a navegação a vapor e construir estradas de ferro.”

#### 4.1.2 Cidades e proletariado

Em 1851, metade da população da Grã Bretanha vivia em cidades. Na França e na Alemanha, somente um quarto vivia em cidades e esta proporção ultrapassou os 50% só na virada do século. “Ainda em 1895, havia mais gente trabalhando na agricultura do que indústria” na Alemanha.<sup>69</sup>

O proletariado na Europa continental também diferia da Inglaterra onde se encontravam grandes massas de operários trabalhando em fábricas. No continente, este quadro estava apenas começando e mais acentuadamente na indústria metalúrgica.

“Ainda não havia nada que se assemelhasse aos novos bairros miseráveis de Manchester e Leeds, repletos de pálidos ajudantes de fábrica amontoados numa selva de chaminés. As favelas continentais eram diferentes. Em geral, eram bairros mais antigos e decrépitos, comparáveis às vielas de Edimburgo, primordialmente habitados por artesãos e trabalhadores domiciliares — os tecelões manuais dos porões úmidos de Lille ou dos cortiços de Liège e os marceneiros do Faubourg Saint-Antoine. (...) Muito mais do que na Inglaterra, a indústria dispersava-se pelo interior. A contínua dependência da energia hidráulica era um fator que contribuía para isso; a posição mais importante da metalurgia e da mineração, que eram obrigadas a se localizar junto às fontes das matérias-primas, era outro”.<sup>70</sup>

---

<sup>69</sup> LANDES, David S. *Prometeu Desacorrentado*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1994; título original: “The Unbound Prometheus”, Cambridge University Press, 1969.

<sup>70</sup> *Ibidem*

A pobreza no continente era mais dispersa, todavia tinha basicamente as mesmas características da pobreza dos operários do Reino Unido: salário abaixo da subsistência, a escravidão branca, o trabalho infantil e os turnos de trabalho desumanos.

O socialista Robert Owen, que, aos vinte anos de idade, trabalhou como administrador em uma fábrica de tecer algodão em Manchester percebeu

“a grande atenção dada a máquinas inanimadas e o descaso e desprezo com que se tratavam as máquinas vivas.(...) por pior e mais insensata que seja a escravidão existente na América, a escravidão branca das fábricas inglesas era, nesse período em que tudo era permitido, coisa muito pior que os escravos domésticos que posteriormente vi nas Índias Ocidentais e nos Estados Unidos, e sob muitos aspectos, tais como saúde, alimentação e vestuário, os escravos viviam em muito melhor situação do que as crianças e trabalhadores oprimidos e degradados das fábricas da Grã-Bretanha (...) e não eram apenas os trabalhadores que sofriam: os próprios patrões eram degradados.”

Naquela época, trabalhar em uma fábrica significava falta de amor próprio. Eram homens e mulheres sem formação intelectual ou moral, sujos e bêbados. Seres humanos em estado miserável e com uma perspectiva de vida curta e sofrida. Nas minas de carvão a situação passava do absurdo. Como romanceou Zola:

— Nada, nada, é que eu apanhei uma constirpação o mês passado. Não tossia nunca, e agora não me liberto disto... O mais bonito é que escarro... é que escarro... Subiu-lhe na garganta um pigarrear, e escarrou um catarro preto.  
— Isto é sangue? Perguntou Estevão.  
Boa-Morte, mansamente, limpava a boca com as costas da mão:  
— É carvão... tenho no cadáver com que me esquentar até acabar meus dias. E há cinco anos que ponho os pés lá no fundo! Parece que tinha esta fazenda armazenada, sem notar isso. Ora! Até conserva!”<sup>71</sup>

Os operários das cidades embriagavam-se todas as noites, brigavam e se matavam entre si. Não conseguiam chegar em casa e dormiam em qualquer lugar pelo caminho. O motivo era óbvio. Trabalhavam o dia todo em ambientes fechados a respirar fumaça de carvão queimado e sob temperaturas elevadas. Em casa estavam amontoados como ratos – famílias inteiras num só cômodo – em lugares úmidos, frios; comiam farinha misturada com gesso e chocolate com terra;

---

<sup>71</sup> Zola, Émile *Germinal*. Brasil: Hemus, 1982, 12p.

sem esgoto e em meio ao lixo, vítimas de várias enfermidades que com freqüência tornavam-se epidemias como o tifo e a cólera. O que lhes restava no final de dia era o conhaque.<sup>72</sup>

A preferência pela mão de obra feminina, que aceitava salários ainda mais baixos que os homens, fez com que muitos chefes de família se tornassem desempregados crônicos e bêbados em tempo integral. As crianças começavam a trabalhar com a absurda idade de cinco ou seis anos, com trabalhos mecânicos ou em minas de carvão, onde rastejavam em túneis subterrâneos em situação de semi-escravidão. Cerca de mil e quatrocentas pessoas morriam por ano no Reino Unido ns minas de carvão, por causa de desabamentos ou outros acidentes como explosões, rompimento de cordas, ventilação deficiente, doenças pulmonares ou negligência por parte das crianças.<sup>73</sup>

O proletariado miserável e desesperado que ora se via é o antigo artesão ou camponês que perdera sua condição de arrendatário da terra. O servo medieval estava certamente em melhor condição que o operário, tratado como insumo da produção, sem proteção legal ou humanitária. Mas não havia outra opção que não a de deslocarem-se para as grandes cidades, onde se acotovelavam nas calçadas para a mendicância. E, apesar de estarem na mesma situação e lado a lado, não eram capazes de ajudarem-se ou até de olharem-se. Nada. O entendimento comum era impossível, tamanha a depreciação moral, intelectual e física a que estavam sujeitos.

Eis o quadro relatado por Engels em *A situação da classe trabalhadora em Inglaterra* e que motivou o trabalho que ele e Marx desenvolveram ao longo de suas vidas. Para eles, os interesses econômicos de uma classe dirigente preocupada com a importação de cereais não eram concebíveis, tendo em vista o sofrimento daqueles expostos aos trabalhos nas fábricas. Antagonicamente, o economista a eles contemporâneo Charles Babbage sequer menciona estas agruras sociais, preferindo ver o progresso tecnológico como portador de benesses cada vez maiores. Marx também não duvidava da capacidade das máquinas a vapor em substituir e livrar o

---

<sup>72</sup> Wilson, Edmund *Rumo à estação Finlândia*. São Paulo: Companhia das Letras, 1986; título original: “To the finland station”, 1940.

<sup>73</sup> *Ibidem*

ser humano do penoso trabalho braçal. Ao contrário, para ele, o socialismo utilizaria as máquinas para a produção material, mas estas estariam nas mãos do povo.

#### **4.2 Saber intelectual versus saber técnico**

A primeira metade do século XIX foi um período de expansão da indústria manufatureira e do saber. A indústria tornou-se a própria realidade modificando a paisagem das cidades e do campo e as relações sociais e trabalhistas. Mas talvez, a maior transformação tenha se dado na relação entre a indústria e a ciência, entre o saber técnico e o saber científico. Ao longo de toda a história da humanidade, estas duas formas de conhecimento estiveram na maioria das vezes separadas, uma valendo-se da experimentação e do trabalho manual e outra ligada ao desenvolvimento do intelecto e do espírito. A revolução científica dos séculos XVI e XVII rompeu com as amarras institucionais político-religiosas feudais e afirmou o intelecto sobre o espírito. Além disso, pessoas como Galileu, Kepler, Bacon, Descartes e outros possuíam interesse fazer da ciência algo prático e de fato foram grandes inventores de máquinas e artefatos como o barômetro, o aperfeiçoamento do telescópio, etc. Todavia, eram exceções num mundo em que as universidades prezavam pelo ensino da lógica, da ética, etc.

Por este motivo, alguns autores consideram que a primeira invenção a utilizar e a unir os saberes técnico e científico foi a máquina a vapor de James Watt (1736-1819). Esta teria sido um aprimoramento intencional das bombas a vapor desenvolvidas ao longo do século XVIII na Grã Bretanha. O primeiro protótipo foi finalizado por Watt, em 1779, após alguns anos de empenho e trabalho na universidade de Glasgow na função de “inventor e fabricante de instrumentos matemáticos”. Os conhecimentos de Watt (filho de um pequeno comerciante escocês arruinado) eram o de um fabricante de ferramentas, ofício aprendido junto a um mestre ferreiro de Londres. Na universidade teria então entendido o funcionamento dos cilindros e pistões (originariamente idealizados por Leibnitz) e da pressão atmosférica, que o levou a propor o condensador separado que economizou combustível, viabilizando, assim, sua utilização comercial. O objetivo de produzir máquinas que utilizassem a força do vapor obrigou-o a desenvolver e melhorar peças, materiais e métodos de trabalho contando com mão de obra treinada na própria empresa. As teorias físicas do calor tiveram, com o passar dos anos, que ser incorporadas no processo fabril e

a aplicação de postulados geométricos (geometria tridimensional) e das teorias termodinâmicas aliaram-se aos conhecimentos práticos sobre a resistência dos materiais utilizados para o desenvolvimento de máquinas mais seguras e eficientes.

O fato de ter sido verdadeiramente ou não a primeira invenção científica e tecnológica é de pouca relevância. Descobertas científicas no campo da química já haviam se mostrado úteis para a produção material na segunda metade do século XVIII, e incentivos dos governos francês e inglês a descobertas científicas aplicáveis na indústria já insinuavam o casamento entre teoria e prática. E é no século XIX, que se pode dizer que este casamento consuma-se definitivamente, quando algumas teorias no campo da física e da química transformam-se em obras de engenharia mecânica, civil e elétrica.

A relação entre ciência e indústria ocorria no estudo dos processos industriais como a máquina a vapor ou a produção de ferro, que acabaram por conduzir às formulações da conservação de energia (termodinâmica). Depois da metade do século, descobertas científicas nos campos da eletricidade e da química forneceram insumos para a criação de novas indústrias como a telegráfica ou a de corantes. Tratou-se do início de uma relação que ainda não estava muito clara, já que os benefícios da ciência à indústria eram esporádicos e específicos. Como regra, os inventores individuais ainda eram os produtores de tecnologias, porém não mais aqueles inventores do século XVIII que aprendiam o ofício trabalhando e aprendendo manualmente, mas inventores com conhecimentos teóricos (matemáticos) e práticos. Muitos desses inventores solitários eram patrocinados para estudar problemas específicos de determinada indústria e propor soluções. A construção das teorias da termodinâmica na década de 1830 deve-se certamente à necessidade de encontrar ou entender o funcionamento de fontes úteis de energia para a produção em geral e, em maior medida para o transporte e a comunicação. O uso da corrente elétrica, descoberta científica do início do século XIX, teve sua aplicação no telégrafo na década de 1850; na biologia, a teoria da célula, da evolução, da fermentação e da enfermidade, traçaram as linhas diretrizes da fisiologia dos animais e das plantas.

Sem embargo, aludir somente às demandas industriais como influenciadoras dos avanços científicos seria oferecer uma visão incorreta e simplista da intrincada relação entre ciência e

tecnologia. A ‘descoberta’ de novas teorias científicas depende de fatores que se conjugam e que serão melhor discutidos no último capítulo deste trabalho. Por ora, basta sublinhar que o meio no qual o cientista está inserido influencia seu trabalho (ambiente, economia, política, tecnologia), mas também o próprio estado das teorias científicas sobre determinado tema. A expansão científica que possibilitou sua aplicabilidade na vida material deu-se sobretudo na França e na Inglaterra e só começou a ser desenvolvida em outros países (Alemanha, Países Baixos, EUA, Rússia, Suíça, Itália e Escandinávia) a partir da década de 1840.<sup>74</sup> A França do século XVIII e início do XIX foi o principal país ‘produtor’ de ciência aplicada à prática, mas a Inglaterra sobreporia esta posição antes da segunda metade do século XIX. O inglês Charles Babbage, que estava no centro desta discussão, escreveu, em 1830, em seu *Reflections on the decline of science and on some of its causes*, que era necessário “melhorar o conhecimento das coisas naturais e de todas as artes, manufaturas e práticas mecânicas úteis, máquinas e inventos mediante a realização de experimentos”.

O século XIX, na Europa e na costa atlântica dos EUA permitiu, desta forma, pela primeira vez, a união frutífera da ciência à técnica, ainda que de forma pouco contínua e desigual. A atmosfera institucional favoreceu este encontro: o clima de otimismo e progresso; a ampliação do comércio internacional e nacional; e a consolidação do Estado laico e da fé na ciência.

#### **4.3 Charles Babbage e o estudo das máquinas e manufaturas**

O engenheiro e economista inglês Charles Babbage (1791-1871) foi uma das figuras mais influentes da Inglaterra do início do século XIX no que se refere a máquinas, manufaturas e progresso da ciência e da economia de um país. Em sua principal obra, “*On the economy of machinery and manufactures*”, de 1832, Babbage combina a análise acurada dos diversos processos produtivos (dando exemplos individuais do uso de máquinas) e a atenção aos avanços tecnológicos com reflexões gerais sobre as causas e conseqüências da divisão do trabalho, da concentração industrial, da organização produtiva dentro das fábricas e do desemprego. Ao descrever os detalhes técnicos do funcionamento das máquinas na seção I, discorre, nos capítulos

---

<sup>74</sup> Bernal, J.D. *Ciencia e industria em el siglo XIX*, Barcelona: Ediciones Martínez Roca S.A., 1973; primeira edição do original em inglês em 1953.

II e III, sobre a energia e sobre alguns problemas técnicos relacionados à oferta das fontes de energia disponíveis e as dificuldades da sua utilização na produção.

Pode-se dizer que Babbage se move na mesma direção mas chega a conclusões diferentes àquelas de seu contemporâneo Marx, o que torna o confronto das duas visões extremamente rico.

Para o primeiro, a divisão do trabalho, assim como em Smith, é ponto fundamental para a redução dos custos de produção, pois permite utilizar trabalhadores menos qualificados e pior remunerados. Para ele, o trabalhador ideal deve ter conhecimento em apenas uma parte de um determinado processo produtivo e exemplifica esta afirmação, no capítulo XX da seção II intitulado *On the division of mental labour*, com a divisão do trabalho ocorrida nas minas inglesas: “*in one of the most difficult arts, that of Mining, great improvements have resulted from the judicious distribution of the duties.*” O que a primeira vista pode parecer indicar uma convergência à teoria da proletarização marxista, é, na verdade, a idéia de que a divisão do trabalho permitirá a substituição dos homens pelas máquinas, que se dedicarão a atividades mais nobres como organização das atividades produtivas e desenvolvimento de novas tecnologias, atividades mais qualificadas e melhor remuneradas.

“The advantages which are derived from machinery and manufactures seem to arise principally from three sources: the addition which they make to human power — the economy they produce of human time — the conversion of substances apparently common and worthless into valuable products.”

É exatamente nesta conexão entre divisão do trabalho e processo de mecanização que reside o contributo mais interessante da obra de Babbage. A extensão desta lógica o leva a afirmar que ocorreria a diminuição do número de trabalhadores não qualificados nas fábricas e aumento daqueles qualificados. Assim a população como um todo tornar-se-ia mais qualificada e com salários mais elevados.

“(…) the use of machinery has at first a tendency to throw labour out of employment, yet the increased demand consequent upon the reduced price, almost immediately absorbs a considerable portion of that labour, (…). Increased intelligence amongst the working classes, may enable them to foresee some of those improvements which are likely for a time to affect the value of their labour;(…)”

A substituição da força de trabalho humana por máquinas movidas a vapor ou outras fontes de energia levaria a nação a um enriquecimento progressivo. Além disso, levaria a um melhoramento do papel dos trabalhadores no processo produtivo, compensando inclusive os aspectos negativos da divisão do trabalho considerados por Adam Smith, isto é, o trabalho mecânico-repetitivo. No capítulo XXXII, Babbage lamenta a não existência de dados disponíveis para comprovar sua tese e se utiliza de exemplos práticos para tanto.

“When the Crushing Mill, used in Cornwall and other minig countries, superseded the labour of a great number of young women, who worked very hard in breaking ores with flat hammers, no distress followed. The reason of this appears to have been, that of the proprietors of the mines, having one portion of their capital released by the mills, found it their interest to apply more labour to other operations. The women, disengaged from mere drudgery, were thus profitably employed in dressing the ores, a work which required skill and judgment in the selection.”

O papel desempenhado pela energia é central e positivo na teoria de Babbage. Como já foi citado acima, uma das vantagens da utilização de máquinas no processo produtivo seria a potencialização da energia humana e redução de esforço para fazer tarefas similares às do passado.

“(…) the forces derived from wind, from water, and from steam, present themselves to the mind of every one; these are, in fact, additions to human power. (...) At each increase of knowledge, as well as on the contrivance of every new tool, human labour becomes abridged.”

#### 4.4 Karl Marx e energia

O funcionamento do sistema econômico como um fluxo circular de produção e consumo foi proposto por Adam Smith e David Ricardo no final do século XVIII.<sup>75</sup> Os alemães Karl Marx (1818-1883) e Friedrich Engels (1813-1895) seguem esta mesma idéia e representam a economia como um fluxo circular de produção, transformação e acumulação.<sup>76</sup>

---

<sup>75</sup> Os autores econômicos clássicos viam a divisão do trabalho, o salário de subsistência e a acumulação de capital como as forças capazes de manter em funcionamento a produção capitalista.

<sup>76</sup> De acordo com Schumpeter, cuja teoria liberal da primeira metade do século XX e que será vista em detalhe no capítulo 6, o fluxo circular é sistematicamente rompido pela capacidade de transformar inerente à máquina capitalista, dando ensejo à expansão econômica e aos ciclos econômicos.

A intenção de Marx<sup>77</sup> é criticar radicalmente o modo de produção capitalista e, para tanto, propõe desnudar a divergência de interesses entre burguesia e proletariado e desenvolve a sua teoria da alienação do trabalho e do fetichismo da mercadoria para mostrar que o lucro capitalista provém de salários não pagos ao trabalhador. Ao defender esta posição, Marx assume como válida a teoria do valor trabalho, por ser uma aceção importante para as suas previsões históricas, nas quais o proletariado seria cada vez mais numeroso e miserável, as margens de lucro capitalistas cada vez maiores e concentradas e a superação do capitalismo pelo socialismo inevitável.<sup>78</sup>

#### *4.4.1 Materialismo histórico, acumulação, reprodução e exército industrial de reserva*

Na sua primeira publicação de grande repercussão — o “*Manifesto do partido comunista*” de 1848 —, Marx desenvolve a tese do materialismo histórico, segundo a qual transformações no modo de produção (na estrutura econômica da sociedade) exercem influência decisiva sobre a superestrutura (instituições políticas, sociais e cultura). Estes escritos possuem um claro caráter de ativismo político revolucionário, evidenciadas por frases como “*um espectro ronda pela Europa – o espectro do comunismo*” ou

“Os comunistas (...) declaram abertamente que seus fins podem ser alcançados apenas com o desmantelamento violento de todo o ordenamento social até agora existente. As classes dominantes tremem frente à possibilidade de uma revolução comunista. Os proletários não têm o que perder senão as suas correntes. Têm um mundo a ganhar. Proletários de todos os países, uní-vos!”.

Todavia, é na teoria do nascimento e do desenvolvimento do capitalismo que talvez se possa observar a maior contribuição científica de Marx. As teorias do processo de acumulação originária capitalista, do sistema de reprodução simples e expandida, do exército industrial de reserva e da tendência de concentração industrial — influenciadas pela teoria hegeliana

---

<sup>77</sup> Aqui referir-se-á aos trabalhos do *A ideologia alemã*, *Miséria da filosofia*, *Teses sobre Feuerbach*, *Manifesto do partido comunista*, *Manuscritos econômicos-filosóficos*, *Por uma crítica da economia política*, os *Grundrisse*, *O Capital* como sendo de Marx, embora conhecida a participação de Engels na produção e publicação de grande parte deles.

<sup>78</sup> Esta evolução histórica da sociedade é vista por Marx como natural — assim como o escravismo foi superado pelo feudalismo, e este pelo capitalismo, que será um dia superado pelo socialismo e por fim pelo comunismo. É a tentativa de enxergar as organizações societárias como regidas por leis naturais onde a história encontraria seu fim com o fim da luta de classes. É o estudo das ‘leis de movimento’ naturais da história humana.

(principalmente os esquerdistas hegelianos como Feuerbach, Bauer, Ruge e Stiner) e pelos socialistas utópicos franceses (Saint-Simon, Babeuf, Buonarroti, Fourier, Proudhon) — fornecem uma visão original e real do sistema capitalista. Desenvolvida no segundo livro do “*O Capital*”,<sup>79</sup> a análise da *reprodução* diz que a quantidade das mercadorias produzidas deve ser igual ou superior às quantidades das mesmas mercadorias empregadas no processo produtivo. A *reprodução simples* considera o caso em que a atividade produtiva permanece invariável no tempo e os eventuais lucros são empregados em consumo de bens de luxo ou para manter desocupados os trabalhadores. Na *reprodução expandida*, pelo menos uma parte do lucro é acumulada e investida para fazer crescer os meios de produção e de subsistência fazendo aumentar o número de trabalhadores empregados no processo produtivo e alargando o sistema econômico. A intenção de Marx é mostrar que o sistema econômico pode crescer indefinidamente, sem que se verifiquem problemas de absorção da produção — teoria do subconsumo.<sup>80</sup>

A *teoria do exército industrial de reserva*, por sua vez, afirma que em decorrência de ‘crises de desproporção’ geradas pelo desequilíbrio entre as decisões de investimento e poupança as taxas de emprego variam de período a período. Na fase de crescimento da economia, trabalhadores são contratados, o *exército industrial de reserva* diminui e o salário aumenta em decorrência do aumento do poder contratual do trabalhador. O aumento do custo da mão de obra em relação a outros custos das fábricas provoca uma redução no lucro e decisões de investir em máquinas no processo produtivo tomam corpo, estimulando o progresso técnico e fazendo aumentar novamente o *exército industrial de reserva*. Este fato, como se vê, apesar de contraditório (aqui as decisões de investimento fazem cair o emprego e a renda) introduz temas importantes que serão desenvolvidos mais tarde por outros economistas, como a teoria dos ciclos econômicos, do crescimento, do desenvolvimento tecnológico, da relação inversa entre salário e desemprego e da distribuição de renda.<sup>81</sup>

---

<sup>79</sup> O primeiro volume do *O Capital* foi publicado em 1867; o segundo e terceiro saíram postumos, organizados por Engels, em 1885 e 1894.

<sup>80</sup> Contrariando a lei de Say que pressupõe que qualquer nível de produção é absorvido pelo mercado.

<sup>81</sup> Não há dúvidas da importância da crítica marxista na organização do operariado e nas conquistas sociais-trabalhistas a partir daí obtidas.

#### 4.4.2 Marx e a apropriação da natureza

John B. Foster em seu “*Materialism and nature*” de 2000, propõe uma consciência ecológica marxista, ou seja, procura enfatizar as críticas de espoliação da natureza nos escritos de Marx. Todavia, a relação entre homem e natureza na obra marxista não é evidente e, de qualquer modo, a visão antropocêntrica parece prevalecer. A preocupação de Marx não é a apropriação dos recursos naturais, mas sim o trabalho como fundamento do metabolismo homem-natureza.

“o trabalho é a apropriação da natureza para a satisfação das necessidades humanas, a atividade através da qual o metabolismo entre homem e natureza é mediado. O bem estar material, o mundo do valor de uso, consiste exclusivamente de recursos naturais modificados pelo trabalho”

Foster procura mostrar uma lógica de expropriação da força de trabalho do proletariado e dos recursos naturais, ou em outras palavras, os problemas ambientais e sociais têm origem comum e são causados pelas *relações de produção*. Estas *relações de produção*, também segundo pensadores econômicos clássicos como Malthus, David Ricardo e John Stuart-Mill, em sua trajetória de apropriação da natureza, levariam o mundo à escassez de recursos naturais, a rendimentos sociais decrescentes do esforço econômico e ao retardamento e eventual parada do crescimento econômico. Todavia, trata-se de um tema marginal tratado em parte nos *Manuscritos econômico-filosóficos* e nos *Grundrisse*, publicados póstumos, que não fazem parte dos alicerces de sua teoria, ou melhor dizendo, a superação do sistema capitalista pelo socialista não pressupunha pressões de escassez de recursos naturais, o que seria contrário aos pressupostos de reprodução e acumulação.

#### 4.4.3 Fetichismo, maquinaria e energia

A concepção materialista da história, encontrada melhor do que em qualquer outro escrito na “*Por uma crítica da economia política*” de 1857, mostra a preocupação com a desumanização causada pela Revolução Industrial e pela divisão do trabalho:

“O modo de produção da vida material condiciona, em geral, o processo social, político e espiritual da vida. Não é a consciência dos homens que determina a seu ser, mas é, ao contrário, o seu ser social que determina a sua consciência”.

O materialismo histórico não pode, todavia, ser reduzido a uma dependência mecanicista da estrutura sobre a superestrutura. O que Marx propõe são reflexões vastas sobre a evolução da história sob uma perspectiva dialética, ou seja, os indivíduos são moldados pelas forças do meio, mas também agem como força transformadora do meio em que vivem, num processo evolutivo não linear.

A preocupação de Marx com a redução das capacidades humanas à mera força de reprodução do capital são constantes em seu trabalho e mostra o pessimismo de Marx frente às transformações econômicas e sociais que ocorreram nos países centrais europeus na primeira metade do século XIX. A depreciação das relações sociais seriam causadas pelo fetichismo da mercadoria.<sup>82</sup>

“A simplificação da máquina, do trabalho, é utilizada para converter em operário o homem que ainda está se formando, o homem ainda não formado — a criança —, assim como o operário tornou-se uma criança totalmente abandonada. A máquina acomoda-se à fraqueza do homem, para converter o homem fraco em máquina.”

O fetichismo da mercadoria implica o processo de desumanização do ser humano:

”A humanização das relações sociais deve ser entendida em sentido amplo”. A vida humana “não pode ser concebida só no sentido do gozo imediato, exclusivo, no sentido da posse, do ter”. (...) Cada uma das relações humanas com o mundo – ver, ouvir, cheirar, saborear, sentir, pensar, observar, perceber, querer, atuar, amar – são a apropriação da efetividade humana. (...) As ciências naturais desenvolveram uma enorme atividade e se apropriaram de um material que aumenta sem cessar. (...) Mas quanto mais a ciência natural, através da indústria, se introduziu na vida humana, (...) tanto mais teve que completar diretamente a desumanização. A indústria é a relação histórica efetiva da natureza, e por isso da ciência natural, com o homem; (...) A natureza que vem a ser a história humana (o ato de nascimento da sociedade humana) é a natureza efetiva do homem; por isso a natureza é, tal como ela se tornou através da indústria, ainda que numa figura alienada, a verdadeira natureza antropológica”<sup>83</sup>

Esta passagem dos ‘*Manuscritos*’ evidencia também o entendimento da significância das ciências naturais nos processos industriais e nas novas relações do homem com a natureza, que

---

<sup>82</sup> O fetiche da mercadoria é a teoria segundo a qual, em uma sociedade baseada na divisão do trabalho, cada trabalhador contribui ao bem estar material coletivo com o seu trabalho, mas a finalidade última de produção e venda dos diversos artigos de subsistência obscurece a essência do verdadeiro valor das mercadorias (isto é o tempo de trabalho) em favor do valor de troca. Isto faz com que o objetivo de toda pessoa seja possuir valor de troca, um reducionismo existencial que levaria à exploração do trabalho proletário pela classe burguesa.

<sup>83</sup> Dos *Manuscritos econômico-filosóficos*, terceiro livro, escritos em 1844 em Paris, publicados pela primeira vez na *Marx Engles Gesamtausgabe*, Berlim, 1932.

será melhor explorada por Engels na *Dialética da natureza* e por Lenin no *Materialism and Empirio-Criticism*.

A introdução de máquinas em praticamente todos os processos produtivos (inclusive agricultura) é a questão que está por trás de toda a construção teórica marxista. A generalização deste ‘exoesqueleto’ que, a partir da eficiente conversão do calor da queima do carvão mineral em vapor e então em energia mecânica em fins do século XVIII, modificou radicalmente a sociedade do século XIX e as conseqüências sociais negativas destas transformações bem como propostas de como superá-las são as preocupações de Marx na sua crítica ao sistema capitalista:

“(...) o trabalhador vê-se, ainda, por vezes, obrigado a fazer do seu consumo individual um simples complemento do processo de produção. Neste caso, ele adiciona meios de subsistência para alimentar o funcionamento de sua força de trabalho, assim como se acrescentam carvão e água à máquina a vapor, óleo ao tear”.

“O emprego das máquinas torna supérflua a força muscular e torna-se meio de emprego para operários sem força muscular, ou com um desenvolvimento físico não pleno, mas com uma grande flexibilidade. Façamos trabalhar mulheres e crianças! Eis a solução que pregava o capital quando começou a utilizar-se das máquinas”.

Todavia, não se trata de criticar a existência das máquinas a ponto de sugerir, por exemplo, sua extinção. A previsão de Marx acerca da evolução histórica em direção ao comunismo está construída sobre a aceção crucial de que as *forças produtivas* devem ter atingido um tal grau de desenvolvimento que permitam a proletarianização da população e a oferta de bens materiais necessárias à construção do socialismo e do comunismo. A existência da ciência moderna, desta forma, também seria pré-condição para o desenvolvimento destas forças produtivas e a invenção da máquina a vapor foi uma das grandes invenções que exemplificam o início desta relação de submissão da ciência às necessidades da indústria.<sup>84</sup>

“If, as you say, technique largely depends on the state of science, science depends far more still on the state and the requirements of technique. If society has a technical need, that helps science forward more than ten universities. The whole hydrostatics (Torriceli, etc.) was called forth by the necessity for regulating the mountain streams of Italy in the sixteenth and seventeenth centuries. We have only known anything reasonable about electricity since its technical applicability was discovered. But unfortunately it has become the custom in Germany to write the history of the sciences as if had fallen from the skies.”<sup>85</sup>

---

<sup>84</sup> Bernal, J.D. *Marx and science*, London, 1952.

<sup>85</sup> *Selected correpondence*, 517p. op. Cit. In Bernal, J.D. *Marx and science*, London, 1952.

#### 4.4.4 A energia no Capital

Marx viu a primeira fase da automatização das indústrias surgir marcada pela multiplicação da velocidade das operações repetitivas antes realizadas pelo artesão e suas ferramentas. No volume I do *Capital* na seção ‘*Maquinaria e indústria moderna*’ do capítulo XV e no volume III sobre ‘*Economia no emprego do capital constante*’ do capítulo V, Marx filosofa sobre a essência da produção mecânica vendo-a como um processo de transformação contínuo cada vez mais complexo que caminhava em direção à automação total da produção. Procurou, nestes capítulos, descrever a essência do funcionamento das máquinas dividindo-o em três mecanismos, o motor, o de transmissão e o da ferramenta:

“The motor mechanism is that which puts the whole in motion. It either generates its own motive power, like the steam engine, the caloric engine, the electro-magnetic machine, etc., or it receives its impulse from some already existing natural force, like the water-wheel from a head of water, the wind-mill from wind, etc.”.

O mecanismo de transmissão são as peças como engrenagens, bielas, manivelas e roldanas, que transformam a energia destas diversas fontes em energia mecânica associada a movimentos rotatórios ou longitudinais a ser usada diretamente pelo mecanismo da ferramenta na produção dos bens.

A generalização do uso destas máquinas não havia, como se poderia esperar, diminuído o trabalho pesado diário dos seres humanos, ao contrário, à sua época, as condições de trabalho mostravam-se muito penosas. A visão otimista de que a utilização de tais equipamentos livraria o ser humano de utilizar a sua força de tração para a sua subsistência não se concretizava. Esta aparente contradição foi explicada por Marx como sendo fruto da própria essência do sistema de produção capitalista que visa, não o bem estar comum, mas o lucro individual e o aumento da produtividade.

O argumento da essência filosófica do funcionamento das máquinas e todo o resto da teoria marxista anteriormente vista, em uma leitura sumária da obra deste grande filósofo do século XIX, é que a produção de máquinas no contexto da Revolução Industrial, substituindo o trabalho humano pela energia do vapor, trouxe a sociedade ao sistema econômico capitalista injusto e

opressor das massas — essencialmente concentrador de renda. Todavia, a lógica capitalista possuiria uma contradição inerente em seu âmago: a crescente automação dos processos produtivos levaria à proletarização da sociedade, que acarretaria inevitavelmente o fim histórico do capitalismo e sua superação em direção à revolução socialista e, posteriormente, ao sistema comunista.

#### 4.5 A máquina a vapor nos transportes

Durante a primeira metade do século XIX, as novas cidades com sua população estavam concentradas em torno das regiões que possuíam minas produtoras de carvão mineral. A partir de 1840, o crescimento de uma rede de estradas de ferro ligando uma cidade manufatureira à outra promoveu ondas de crescimento econômico, decorrentes dos grandes investimentos necessários para sua construção, mas também dinamizou a circulação de matérias-primas e bens finais aos respectivos mercados.

Para imaginar a transformação da noção de distância ocorrida após a introdução da energia a vapor nos transportes, basta imaginarmos o que significou o avião no século XX. De Londres a Edimburgo em uma semana: impensável para a época. Um bom indicador desta revolução ocorreu na comunicação postal. Antes de 1839, algo como 76 milhões de cartas eram enviadas pelo serviço postal londrino por ano. Dez anos depois, quando o serviço postal já trabalhava com o auxílio dos trens a vapor, 360 milhões de cartas eram entregues em um ano.

A aceleração econômica da Europa, dos EUA e de alguns países asiáticos e do hemisfério sul na segunda metade do século XIX foi acompanhada pela expansão da oferta e da eficiência dos transportes. A demanda por serviços de transportes aumentou com a elevação da produção agrícola e industrial e do comércio intra e inter países. “O capitalismo moderno começou com o comércio e o mercado mundial”.<sup>86</sup> A divisão internacional do trabalho (extensão da teoria econômica de Adam Smith), na qual os países europeus produziam manufaturados e os demais *commodities*, implicou em demandas crescentes por transporte especializado, principalmente de

---

<sup>86</sup> Karl, Marx *O Capital*, Vol. I, 145p.

carga, com custos cada vez menores e eficiência cada vez maior. Concomitantemente, as inovações nos sistemas de transporte permitiram redução nos custos dos insumos de muitos manufaturados, fazendo aumentar o comércio e demandando mais serviços de transporte. O aumento da eficiência nos transportes foi particularmente importante na produção das *commodities* pesadas, ou bens transporte-intensivos, como carvão, minérios, materiais para construção, metais e grãos. Tal aumento de eficiência e redução dos custos só foi possível com a introdução da energia da máquina a vapor produzida pelo carvão mineral em substituição às energias eólica, hidráulica e de tração humana e animal. O domínio da tecnologia de produção do ferro e do aço (energo intensivas) também foi fundamental para a construção tanto dos trens e navios como de portos, canais, ferrovias e equipamentos de carga e descarga e permitiram um aumento sem precedentes na velocidade e na continuidade da oferta de serviços de transportes.

Tabela 4.2: Exportações européias como porcentagem do PIB<sup>87</sup>

Ano	%
<u>1830</u>	<u>4,0</u>
<u>1860</u>	<u>9,4</u>
<u>1890</u>	<u>12,6</u>
<u>1913</u>	<u>14,0</u>

Aceleradas taxas de formação de capital no setor dos transportes ao longo do século XIX geraram externalidades e mudanças nos preços relativos de várias mercadorias, começando pelo preço do dinheiro que, por períodos curtos de tempo, era mobilizado para a construção das complexas infraestruturas hidroviárias e ferroviárias. Os ciclos de crescimento econômico estavam inexoravelmente ligados aos investimentos no setor de transporte que mobilizavam poupanças internas e externas dos países.

As ferrovias influenciaram o volume de formação de capital bem como as variações nas taxas de investimento. Além disso, gastos na construção de ferrovias alteraram os níveis de atividade econômica, induzindo ciclos de crescimento econômico, aliviando processos depressivos e modificando a amplitude dos ciclos.

---

<sup>87</sup> Berend, I.T., Ranki, G. *Foreign trade and the industrialization of the European periphery in the XIXth century* In: *The Industrial Revolution in Europe I*, Editado por O'Brien, Patrick. Oxford UK & Cambridge USA: Economic History Society, Blackwell Publishers, 1994.

O reflexo positivo da construção de uma ferrovia sobre a economia depende de fatores específicos, em certos casos, pode simplesmente não ocorrer. De um modo geral, os benefícios dependem da elasticidade da demanda e da oferta por diversos produtos e da capacidade da economia local tirar vantagem das oportunidades do comércio. De qualquer forma, economistas e historiadores ainda estudam os melhores métodos para medir o impacto da introdução de uma rede ferroviária sobre o PIB. Enquanto na Alemanha, EUA, Rússia, Bélgica e Inglaterra as ferrovias parecem ter exercido um papel contra cíclico,<sup>88</sup> na França fizeram aumentar a amplitude dos ciclos e na Itália tiveram um impacto reduzido.<sup>89</sup>

#### 4.6 A ‘revolução’ marginalista de Jevons e a ‘Questão do carvão’

Quando se fala na escola de pensamento econômico marginalista muitos autores utilizam o termo ‘revolução’ para indicar uma ruptura radical com a abordagem clássica e marxista, e a passagem a uma nova concepção baseada na teoria subjetiva do valor e no conceito de utilidade marginal.<sup>90</sup> O termo ‘revolução’ parece não ser preciso e como argumenta Blaug (em Black et al. 1973) em seu artigo “*Was there a Marginalist Revolution?*” e a mudança de impostação é muito mais um processo do que um evento.

Os principais representantes desta nova abordagem são o austríaco Carl Menger (1840-1921), os ingleses William Stanley Jevons (1835-1882) e Alfred Marshall (1842-1924) e o francês Léon Walras (1834-1910). Suas contraposições à teoria clássica e marxista consistem na visão do sistema econômico como um mecanismo auto-regulado de utilização ótima de recursos escassos para a satisfação das necessidades e desejos dos sujeitos econômicos. O sistema de

---

<sup>88</sup> No Brasil, apesar da falta de dados exatos sobre o reflexo dos investimentos em ferrovias e portos nos ciclos de investimento e crescimento, é evidente a importância que teve a introdução da máquina a vapor nos transportes na segunda metade do século XIX, que permitiram o aumento das vantagens comparativas das exportações de café e um longo ciclo de acumulação no estado de São Paulo.

<sup>89</sup> Na Itália, vale ressaltar, apesar das grandes esperanças pós unificação, as estradas de ferro construídas antes de 1880 não promoveram a expansão do comércio entre as regiões. A integração evidenciou as profundas diferenças entre o norte e o sul e encorajou as importações. Todavia, a rede de trens que ligaram o alto vale do Pó ao mar permitiram, sem dúvida, do desenvolvimento do triangulo industrial Turin - Milão - Gênova.

<sup>90</sup> Labini & Roncaglia (1995) informa que o termo *marginalism* foi introduzido por John Hobson em seu *Work and Wealth* em 1914.

alocação dos recursos escassos é auto-regulado porque os próprios consumidores avaliam a utilidade dos diversos bens em função do seu preço e da satisfação por ele proporcionada. Daí surge o conceito de equilíbrio, que cumpre papel central na teoria marginalista, no qual preço e quantidade dos diversos recursos escassos se conjugam para sua utilização ótima. Esta abordagem é bastante diferente daquelas precedentes, nas quais os preços indicavam dificuldade de produção e não escassez relativa aos desejos dos consumidores como na escola marginalista.<sup>91</sup>

Com relação à distribuição de renda, como foi visto no capítulo 4, a teoria marxista afirma que esta é um problema relativo à crescente proletarização e concentração da renda nas mãos dos poucos capitalistas. Basicamente, um problema de conflito de classes a ser solucionado com a passagem do controle dos processos produtivos para as mãos dos trabalhadores. Na abordagem marginalista (também chamada de neoclássica) a distribuição de renda não é mais do que um caso particular da teoria do equilíbrio de preços. Os salários desta forma, responderiam à escassez ou abundância do ‘fator de produção’ mão de obra. Em particular, para Jevons e Marshall, o confronto entre a satisfação (utilidade) obtida com o consumo dos diversos bens, pagos com a renda conquistada com o trabalho na atividade produtiva – sacrifício do trabalho (desutilidade do trabalho) –, determina o montante de trabalho prestado, a função de produção e o produto gerado. O desemprego e a concentração de renda seriam fenômenos gerados pelos próprios trabalhadores na medida em que acham não-útil trabalhar.

Uma outra característica importante do marginalismo é a tentativa de profissionalização da economia, que será levada a cabo com mais consistência por Marshall.

Escritos sobre escassez e utilidade existiam desde a pré-história da economia, desde os escolásticos, passando pelos cientificistas do Renascimento, os aritméticos políticos até os

---

<sup>91</sup> Obviamente, os autores ditos marginalistas consideram a dificuldade de produção e os autores clássicos consideram a escassez, porém não eram as discussões centrais dos seus textos em ambos os casos. Como foi visto nos capítulos precedentes, os autores que se preocuparam com a questão da escassez mais diretamente foram os chamados ‘Malthusianos’. Todavia, estes não construíram uma teoria do equilíbrio derivado da otimização da satisfação dos consumidores, mas, ao contrário, propuseram uma teoria do equilíbrio da população e do salário em função da quantidade de alimentos disponível.

clássicos.<sup>92</sup> Jeremy Bentham (1748-1832) – largamente citado por Jevons – foi um precursor de destaque das teorias neoclássicas ao tratar do cálculo felicício e do princípio da utilidade em suas teorias no campo da ética e da justiça. Segundo essas, as ações do Estado devem basear-se na máxima felicidade do máximo número de pessoas – única medida do que é justo ou injusto. Isto logicamente pressupõe que seja possível calcular o agregado do que as pessoas entendem por felicidade ou por utilidade. Pressupõe a capacidade de medir e somar algebricamente os prazeres e desprazeres das pessoas.

John Stuart Mill (1806-1873) também pode ser considerado um precursor do marginalismo ao afirmar, entre outras coisas, que a natureza humana, segundo a definição da economia política, pode ser sintetizada pelo desejo de possuir ou não riqueza. Introduz, portanto, o tema da racionalidade econômica do indivíduo na preferência por mais ou menos dinheiro. Todavia, Mill não desenvolve sua teoria a ponto de propor as escolhas individuais como promotoras do equilíbrio de quantidade e preços dos bens escassos. Mantém-se muito mais próximo da teoria clássica ao estruturar o ambiente econômico e o comportamento dos consumidores sobre hábitos e costumes.

#### 4.6.1 *William Stanley Jevons*

Nas páginas iniciais do seu trabalho, ao discorrer sobre a utilidade na parte intitulada ‘*A utilidade não é uma qualidade intrínseca*’, Jevons faz referência ao carvão no fundo de uma mina como exemplo da relatividade da utilidade ou às cinzas e à fumaça da queima do carvão como ‘bens negativos’ (*discommodities*). Também cita o desenvolvimento da teoria física do calor como exemplo a ser seguido pela economia na definição das dimensões e grandezas a serem utilizadas nas medições dos fenômenos econômicos.

“Um grande empreendimento, como a estrada de ferro Great Western ou o túnel do Tamisa, pode incorporar grande volume de trabalho, porém seu valor depende totalmente do número de pessoas que o acha útil. Se não fosse descoberto nenhum uso para o navio a vapor Great Eastern, seu valor seria nulo, afóra a utilidade de alguns de seus materiais.”

---

<sup>92</sup> Para uma descrição detalhada dos precursores do marginalismo ver Bowles, M. *The precursors of Jevons – the revolution that wasn't*. UK: Manchester School, 1972.

O que caracteriza Jevons e sua ruptura com o sistema clássico é seu psicologismo e a matematização<sup>93</sup> e profissionalização da economia. Formado em matemática e química, o primeiro trabalho de grande sucesso é exatamente *The coal question* (1865), um livro que já se destaca pela forma como é escrito.

Jevons desenvolve, em seu trabalho *The theory of political economy* de 1871, uma teoria subjetiva do valor, ou seja, um mesmo objeto pode ter utilidades diferentes a depender da pessoa e do lugar. Mais que isso, o que importa não é o valor da utilidade total do objeto, mas a variação da utilidade decorrente de variações na sua disponibilidade. Estes valores seriam captados pelo preço da mercadoria no mercado.

“Um quart (*litro*) de água por dia tem a grande utilidade de salvar uma pessoa de morrer de maneira penosa. Alguns galões podem possuir muita utilidade para fins como cozinhar e lavar, mas depois que se garantiu um suprimento adequado para esses usos, qualquer quantidade adicional é vista com relativa indiferença. Tudo o que podemos dizer, pois, é que a água é indispensável até certa quantidade; e quantidades adicionais terão diversos graus de utilidade, mas, além de certa quantidade, a utilidade diminui gradativamente até zero, podendo mesmo tornar-se negativa, ou seja, quantidades adicionais da mesma substância podem tornar-se inconvenientes e danosas.”

O núcleo central da sua teoria consiste na análise das escolhas individuais entre diversos prazeres (consumo de bens) e desprazeres (trabalho). O somatório das preferências individuais independentes entre si constitui uma teoria relativa à economia em seu complexo. Jevons concebe a economia não como uma ciência da riqueza das nações (crescimento, distribuição de renda, etc), mas como um problema relativo à maximização da satisfação, dado um determinado montante de recurso.

“O problema da economia pode ser definido como segue. Dada uma certa população, com suas necessidades e capacidades produtivas, em posse de uma certa dotação de trabalho e de outras fontes de matéria-prima: obter o modo de empregar tal trabalho que maximiza a utilidade do produto”.

Com relação à teoria do valor, Jevons segue o caminho oposto dos economistas políticos clássicos e marxistas. Ao invés de calculá-lo a partir do início do processo produtivo, Jevons

---

<sup>93</sup> “É claro que se a Economia deve ser uma, em absoluto, uma ciência, deve ser uma ciência matemática. Existe muito preconceito em relação às tentativas de introduzir os métodos e a linguagem da Matemática em qualquer dos ramos das ciências morais. Muitas pessoas parecem pensar que as ciências físicas formam a esfera adequada do método matemático, e que as ciências morais requerem outro método – não sei qual. Contudo, minha teoria de Economia é de caráter puramente matemático.” Jevons, W.S. *A teoria da economia política*. São Paulo: Nova Cultural, 1983; título original: “The theory of political economy”, London, 1871.

determina o valor dos bens de capital, por exemplo, partindo do preço pago pelo produto final. A teoria de Jevons difere daquela dos clássicos por colocar as escolhas subjetivas como ponto central da teoria econômica ao contrário da teoria clássica e marxista do fluxo circular de produção baseado na divisão do trabalho.

Jevons desconstrói a teoria do valor trabalho e privilegia a teoria do valor subjetivo dos bens.

“O simples fato de existirem muitas coisas, tais como livros raros e antigos, moedas, antiguidades, etc., que possuem altos valores e em absoluto não podem ser produzidas agora, dissipa a noção de que o valor depende do trabalho.”

As preocupações de Marx com a situação da classe operária nas indústrias passam ao largo da teoria marginalista de Jevons, como se nada houvesse. Para o autor, o importante são as ‘noções quantitativas do trabalho’. Trata de discorrer sobre as melhores formas de medir a produtividade do trabalho (em duração e intensidade) e como ela diminui com a fadiga. Sua preocupação é matematizar a economia e, para tanto, matematiza o fator de produção trabalho. No tópico Limites da intensidade do trabalho, procura numerar o tempo que uma musculatura poderia agüentar determinado peso chegando ao que ele chama de ‘efeito útil’. Também não toca na questão do avanço tecnológico como fez Babbage e não argumenta que a intensidade do trabalho diminui com a introdução das máquinas.

#### **4.6.2 ‘The coal question’**

“Day by day it becomes more evident that the Coal we happily possess in excellent quality and abundance is the mainspring of modern material civilization. As the source of fire, it is the source at once of mechanical motion and of the chemical change.”

A possibilidade de escassez do carvão mineral na Grã Bretanha foi um tema recorrente na produção literária de Jevons. O livro “The coal question”, sua primeira obra importante (na medida em que conquistou o respeito dos pares), foi escrito em 1865, reeditado em 1866 e póstumo em 1906. Uma “Conferência sobre o provável esgotamento de nossas minas de carvão” em 1868, e uma apresentação num congresso “Sobre o progresso da questão do carvão” em 1875 também trataram sobre o tema.

Jevons afirma que aquela era a era do carvão e não da era do ferro como muitos autores rotulavam o século XIX. E por isso mesmo, prevê, a prosperidade geral da nação podia ser comprometida pela inevitável escassez do carvão mineral em território britânico. Isto acarretaria aumento do preço do insumo energético, perda de competitividade internacional e queda da atividade econômica.

“The exhaustion of our mines will be marked *pari passu* by a rising cost or value of coal; and when the price has risen to a certain amount comparatively to the price in other countries, our main branches of trade will be doomed.”

O preço do carvão iria subir em território britânico em decorrência do aumento da profundidade escavada e da sua escassez. Considerava que avanços técnicos ocorreriam com a utilização de máquinas mais econômicas em energia, mas estes avanços não seriam suficientes frente a inevitável exaustão do carvão mineral em território britânico. Fontes energéticas substitutas também foram consideradas, mas, para Jevons, nenhuma parecia possuir as qualidades energéticas do carvão mineral.

“A notion is very prevalent that in the continuous progress of science some substitute for coal will be found – some source of motive power as far surpassing steam as steam surpasses animal labour.”

Esta era, porém, uma previsão improvável. Ao discorrer sobre a possibilidade de substituição do carvão por outra fonte energética no capítulo VIII intitulado ‘Of supposed substitutes for coal’, enumera as opções tecnológicas na produção e no transporte. Todavia, descarta a possibilidade da substituição do carvão por outra fonte de energia primária, como o petróleo que teria boas qualidades para fazer asfalto mas nenhuma para a produção de força motriz, e a hidrelétrica, que não possuía a potencialidade necessária.

“Electricity, in short, is to the present age what the perpetual motion was to an age not far from removed. People are so astonished at the subtle manifestations of electric power, that they think the more miraculous effects they anticipate from it the more profound the appreciation of its nature they show. But (...) they treat electricity not only as a marvelous mode of distributing power, they treat it as a source of self-creating power.”

## 4.7 Conclusões

No final do século XVII e início do XVIII melhorias importantes nas bombas de sucção surgiram como decorrência de vários experimentos sobre a utilização da pressão atmosférica com o auxílio de pistões. O desafio maior era o bombeamento de água das minas de carvão mineral e as mais importantes melhorias técnicas foram a máquina comandada à água de 1663, a bomba de êmbolo mergulhador de 1675, a máquina de Savery de 1698 (sucção pelo fogo) e a máquina atmosférica de Newcomen de 1712. Esta última, a mais conhecida e sem dúvida a mais importante, utilizou o trabalho de Huygens e Papin de 1680 para criar o vácuo sob os pistões através da condensação rápida do vapor.

A máquina a vapor de Watt de 1779, com a introdução da câmara condensadora separada, tratou de aperfeiçoar a máquina de Newcomen com algumas mudanças importantes como a inversão e modificações no pistão, utilização de outros materiais (estanho, cobre), etc... As transformações fundamentais referem-se à economia de calor e, conseqüentemente, de carvão para o seu funcionamento e a possibilidade de geração de movimento mecânico rotatório a partir do movimento alternado. As primeiras máquinas a vapor não foram utilizadas para substituir as bombas de Newcomen, mas para uso industrial geral.

A construção da máquina a vapor obteve sucesso graças aos melhoramentos na fabricação do ferro no último quarto do século XVIII. “Até o final do século XVIII, a maior parte do maquinário industrial era feito de madeira. Mesmo os moinhos d’água e de vento continham muito poucas partes metálicas.”<sup>94</sup> Os instrumentos de precisão, relógios, ferramentas de construção, armas de fogo, equipamentos marítimos eram feitos de ferro ou latão. O último quarto do século XVIII foi marcado pelo refinamento dos métodos de trabalhar o ferro, ampliando suas aplicações na construção de maquinários que não poderiam existir sem uma maior precisão das peças metálicas. A máquina a vapor tornou indispensável o aperfeiçoamento do trabalho com o ferro, adquirido com o melhoramento das máquinas operatrizes (tornos e

---

<sup>94</sup> Field, D.C. *Internal combustion engines* In: Singer, C.; Holmyard E.J.; Hall A.R.; Williams T.I. *A history of technology: the late nineteenth century*. London: Oxford University Press, 1958.

furadeiras), do trabalho pesado de forja e da fundição de ferro maleável em areia verde molhada e com o desenvolvimento de laminadores.

Este invento marca o início efetivo da utilização de fontes fósseis de geração de energia mecânica depois de décadas de melhoramentos técnicos. Os trabalhos lidavam diretamente com a produção do vapor através da queima do carvão. O invento marca também o início da união entre ciência e tecnologia que passarão a ser indissociáveis a partir do século XX.

A difusão do uso da máquina a vapor para a Europa continental e os EUA, na primeira metade do século XIX, gerou profundas transformações no meio ambiente e nas relações sociais e de trabalho. Os economistas contemporâneos Charles Babbage e Karl Marx escreveram sobre estas transformações elaborando teorias e previsões sobre o futuro. O primeiro, um entusiasta do uso das máquinas e da manufatura, previu o surgimento da classe média e a substituição do trabalho repetitivo por atividades mais nobres como organização das atividades produtivas e desenvolvimento de novas tecnologias.

O alemão Karl Marx, teoricamente mais completo, introduziu temas como a teoria dos ciclos econômicos, do crescimento, do desenvolvimento tecnológico, da relação inversa entre salário e desemprego e da distribuição de renda. Sua preocupação central, porém era a crítica ao sistema de produção capitalista na qual prevê, baseando-se na teoria do valor trabalho (proposta inicialmente por Ricardo), a proletarização da população e a concentração da renda como decorrência da utilização crescente da energia do vapor e da proliferação das fábricas.

A rápida disseminação do uso do carvão mineral como fonte de energia aparentemente inesgotável para a geração de força motriz pela Europa e EUA, explica a existência de duas teorias tão divergentes. É fruto de uma realidade em transformação, na qual procura-se entender qual os resultados da introdução das tecnologias poupadoras de energia humana sobre as relações sócio-econômicas. O papel da ciência também não está claro, mas ambos os autores tendem a tratá-la como neutra, ou seja, que segue seu caminho de progresso inexorável e independente.

## Capítulo 5

### **Os monopólios e oligopólios da energia e o irrealismo teórico Neoclássico.**

Após 1850, as características das fábricas mudam e fenômenos como produção e consumo em massa, altos custos fixos das plantas industriais, rendimentos crescentes de escala, externalidades positivas e negativas entre os diversos segmentos produtivos (que passam a intercambiar partes dos processos e operar juntos para reduzir custos) iniciam-se.

Um complexo sistema de avanços tecnológicos desenvolve-se alicerçado na crescente disponibilidade de energia do vapor, petróleo e eletricidade. As estradas de ferro, os automóveis, o telégrafo, o telefone, o sistema de abastecimento de água, os motores elétricos e de combustão interna são alguns exemplos de como a comunicação e o transporte evoluíram nesse período em função da disponibilidade de novas fontes de energia.

Mas é a distribuição de energia que, a partir do último quarto do século XIX, surge como a grande inovação e irá moldar o desenvolvimento econômico do século subsequente. Dessa forma, é a distribuição do petróleo que proporciona a oportunidade para a formação dos monopólios e oligopólios verticais do setor já nas últimas décadas do século XIX. A energia elétrica, que se caracteriza por ser não uma fonte primária mas secundária utilizada para a iluminação, o aquecimento, a comunicação e as reações químicas e a energia mecânica dos motores elétricos na indústria, dependem da construção de uma complexa infraestrutura de distribuição. Infraestrutura esta que é construída em moldes monopolistas e que serviu de exemplo para a elaboração da teoria do imperialismo econômico de Lênin.

Na teoria econômica, neste contexto, as hipóteses clássica e neoclássica de concorrência perfeita começam a ser questionadas em obras marxistas e não marxistas. O inglês Hobson é o primeiro a propor uma análise econômica do fenômeno do imperialismo em seu *Imperialism – a study* de 1902, até Lênin tornar a idéia de imperialismo econômico famosa em 1917 com a publicação do seu *Imperialismo, fase superior do capitalismo*. Talvez por se tratar de um autor marxista, a obra não repercutiu nos círculos dos economistas da época que só foram considerar a

hipótese de concorrência imperfeita (que propõe o fenômeno dos monopólios e oligopólios como regra e não exceção) com a publicação da obra *The economics of imperfect competition* da autora inglesa Joan Robinson em 1933.

### 5.1 Os limites da máquina a vapor e o advento da turbina

As máquinas a vapor assistiram a uma gradativa diminuição da capacidade de melhoramentos da eficiência e da potência para a geração do movimento alternado. Pressões mais elevadas e a expansão composta foram introduzidas a partir da década de 1850, fazendo abaixar o consumo da hulha por HP/hora e aumentar a pressão em até cinco vezes. Contudo, a demanda de energia continuou a crescer especialmente no que se refere ao aumento da velocidade das máquinas que transformavam movimento alternado em giratório.

“O conjunto do êmbolo, haste do êmbolo, cruzeta e biela tinha que ser acionado e parado a cada meia-volta da manivela, e a força requerida para a reversão desse movimento aumentava conforme a velocidade do curso do pistão. A tensão acabava sendo tão grande que a máquina quebrava. Assim, embora as velocidades do pistão tivessem sido levadas a atingir 1000 pés por minuto na passagem do século elas estavam começando a esbarrar no limite da viabilidade comercial: era possível construir máquinas maiores e mais resistentes, porém a um custo desproporcionalmente mais alto de matéria-prima e espaço.”<sup>95</sup>

A turbina foi a solução tecnológica que proporcionou o aumento da velocidade de trabalho mecânico. Enquanto a máquina a vapor transformava a energia das fontes primárias em movimento alternado e depois em giratório, a turbina transformava diretamente a energia das diversas fontes em circular.

A invenção da turbina esteve ligada às limitações de tamanho das máquinas a vapor, mas também às dificuldades de transporte do carvão que puseram em desvantagem certas zonas manufactureiras, principalmente na França. Estas zonas tiveram que contar com o aperfeiçoamento das rodas hidráulicas que não foram bem sucedidas até 1832 com a invenção da turbina de Fourneyron. O francês Benoit Fourneyron estava interessado nos problemas da roda de reação discutidos em uma cátedra da escola técnica de St. Etienne em 1817-1819 e continuou seu estudo juntamente com seu trabalho nas forjas de ferro da região. Foi financiado principalmente por

---

<sup>95</sup> Landes, David S. *Prometeu desacorrentado*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1994; título original: “The unbound Prometheus”, Cambridge University Press, 1969, 287p.

recursos particulares de um ferreiro de Doubs e premiado em um concurso promovido pela ‘Sociedade para o Encorajamento da Indústria Nacional’ em 1832 após ter patenteado uma turbina de 50 HP. Inovações seguiram, como o fluxo radial para dentro de Tompson e Francis em 1851 e 1855 e a turbina de impulso de Girard em 1855.

Fourneyron ocupou-se posteriormente em adaptar a turbina à força do vapor. Parsons e De Laval obtiveram maior sucesso e alcançaram velocidades de rotação do rotor que exigiram um tipo de aço que só foi desenvolvido no último quarto do século XIX. Desta forma, em 1894, em Londres na *Manchester Square Station* da *Metropolitan Electric Supply Company*, foi construída a primeira turbina de Parsons operativa e em uma escala considerável.<sup>96</sup>

O desenvolvimento da turbina superou as restrições de velocidade de rotação na geração de movimentos rotatórios e da quantidade de energia disponível; o dínamo (ao permitir a utilização da eletricidade em motores) e as técnicas de transmissão da eletricidade libertaram ainda mais as manufaturas da obrigação de estarem próximas às fontes de energia.

A economia de energia também foi considerável. Se tomarmos somente o carvão como fonte de energia, a título de comparação, a máquina de Newcomen aperfeiçoada por Smeaton consumia 9,1 quilos de carvão por HP.hora. A máquina a vapor de Watt, por volta de 1780, consumia entre 2,83 e 3,8 quilos de carvão por HP.hora. Com a utilização das primeiras turbinas, 1,3 quilos de carvão geravam 1 HP.hora e, em 1913, eram necessários somente 0,43 quilos de carvão.<sup>97</sup>

## 5.2 Motores de combustão interna

Os motores de combustão interna têm uma história antiga e remontam aos primeiros canhões de pólvora do século XV. Utilizando esta fonte de energia, Christiaan Huygens (1629-95) construiu um motor com pistões para gerar força mecânica alternada e circular. Todavia, os

---

<sup>96</sup> Usher, Abbott Payson *Uma história das invenções mecânicas*. São Paulo: Papirus, 1993; título original: “A history of mechanical inventions”, Harvard College, 1982.

<sup>97</sup> *Ibidem*

primeiros motores com potencial produtivo para a indústria foram desenvolvidos em 1859 pelo francês Etienne Lenoir (1822-1900) que utilizou uma mistura de gás e água. Acionado por uma faísca elétrica, este motor foi continuamente melhorado até que, por volta da década de 1880, diversos tipos e tamanhos de motor a gás estavam disponíveis e eram comercialmente viáveis<sup>98</sup>. Contudo, a utilização do gás, apesar de menos poluente e de ser facilmente obtido como subproduto da coqueificação, necessitava de tubos de alimentação fixos, um aparato custoso e inviável para muitas indústrias e para o setor dos transportes. Assim, outras fontes energéticas passaram a ser testadas por diferentes inventores de distintos países. Os combustíveis líquidos — basicamente o petróleo e seus derivados — foram a solução mais óbvia.

“Eles tinham uma combustão praticamente tão eficiente quanto a do gás e produziam cerca do dobro do trabalho da hulha por peso, enquanto ocupavam metade do espaço; como o gás, além disso, seu abastecimento podia ser feito de forma limpa e mecanizada, mediante controles automáticos.”<sup>99</sup>

Entretanto, o preço dos derivados do petróleo era ainda maior do que o do carvão mineral na virada para o século XX. Os primeiros motores que utilizavam derivados de petróleo foram utilizados comercialmente na Rússia na década de 1870 e usavam um subproduto da fabricação do querosene, o *ostaki*. No ocidente, as companhias de navegação foram as primeiras a utilizar o óleo em substituição ao carvão, já que o último ocupava muito mais espaço que poderia ser usado para o transporte de cargas. Em terra, o austríaco J. Hock, em 1873, fez a primeira patente de um motor a combustão interna movido por querosene, mas tratava-se de um aparato técnica e economicamente insatisfatório. No mesmo ano, na Filadélfia, Breyton conseguiu desenvolver um motor a querosene com dois cilindros (um para compressão da mistura e outro para a geração de movimento). “O ar era comprimido por entre materiais absorventes encharcados de querosene, tornando-se carregado de vapor combustível que era então queimado no cilindro.”

Outra tentativa foi a invenção do motor a Diesel, cujo pedido da primeira patente foi feito em 1892 pelo engenheiro alemão nascido em Paris Rudolf Diesel (1858-1913). Este motor

---

<sup>98</sup> Field, D.C. *Internal combustion engines* In: *A history of technology: the late nineteenth century*, London: Oxford University Press, 1958.

<sup>99</sup> Landes, David S. *Prometeu desacorrentado*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1994; título original: “The unbound Prometheus”, Cambridge University Press, 1969, 289p.

admitiria, em tese, qualquer tipo de óleo de petróleo e teria eficiência térmica maior que os demais motores a combustão, mas terminou obsoleto devido à necessidade de construções muito resistentes para suportar a pressão.

Todas as máquinas citadas até aqui desenvolviam velocidades baixas, não mais do que algumas poucas rotações por minuto, muitas delas com sistemas de cilindros horizontais semelhantes à primeira máquina a vapor. Mas foi Gottlieb Daimler (1834-1900) de Württemberg, que percebeu a necessidade de motores mais leves, menores e capazes de desenvolver maiores velocidades. Assim, em 1889, após algumas tentativas, Daimler patenteou o motor em V com cilindros gêmeos, vendido e utilizado em larga escala em motores de automóveis e maquinários fabris. Enquanto Daimler estava construindo seu motor em V, Karl Benz de Mannheim, em 1885, construía seu primeiro motor para veículos movido a petróleo e com uma forma primitiva de carburador. Outras invenções e melhoramentos foram desenvolvidos visando agora mais especificamente o desenvolvimento de motores veiculares, e o petróleo estava aparecendo como a fonte mais adequada para gerar a combustão interna destes motores. Fábricas de veículos começaram a surgir nos países mais desenvolvidos como a Peugeot (iniciada em 1896 por Peugeot Frères). A descoberta de campos petrolíferos em Borneu (1898) e no Texas (1901) deram segurança no abastecimento para que os diversos setores da indústria considerassem a viabilidade dos motores a óleo. A substituição do carvão pelo petróleo como principal fonte de energia iniciou-se com a utilização do querosene, ‘um óleo de iluminação ordinário’, e só ganhou força com a generalização do uso do ‘éter de petróleo’, a gasolina, com o advento do automóvel, como se vê no quadro.

Dentre os subprodutos do petróleo, a gasolina foi, sem dúvida, a mais importante se considerarmos todo o período compreendido entre 1870 até hoje (2005). Contudo, outras frações refinadas foram intensivamente utilizadas e importantes para determinados setores como o óleo diesel para a agricultura.

Tabela 5.1: Número de automóveis emplacados em milhares de unidades

	1905	1913	1930	1938
<b>EUA</b>	79	1258	26532	29443
<b>Reino Unido</b>	32	208	1524	2422
<b>França</b>	22	125	1460	2252
<b>Alemanha</b>	27	93	679	1816
<b>Europa</b>	-	-	5812	8381

Fonte: Svennilson, *Growth and Stagnation*, In Hemery (1986).

### 5.3 Eletricidade

A eletricidade, antes de 1800, era gerada por máquinas que usavam a fricção de cilindros de vidros ou pratos e era utilizada na eletroquímica e em experimentos da teoria elementar da eletrostática. Desta forma, a eletricidade nasce como uma curiosidade científica junto com a química. Trata-se de mais um exemplo da aplicabilidade da ciência à prática industrial — primeiramente na comunicação através do telégrafo, na química leve e na metalurgia — um fenômeno novo para a humanidade e que se tornou recorrente a partir do século XIX.<sup>100</sup>

Em março de 1800, Alessandro Volta (1745-1827), em carta ao presidente da *Royal Society*, descreve o processo pelo qual a eletricidade poderia ser gerada em uma bateria contendo alcalóide, sal ou ácido eletrolítico. A pilha voltaica (como ficou conhecida) disseminou-se primeiro dentro dos laboratórios de química e foi rapidamente melhorada na forma de uma bateria, substituindo eficientemente os mecanismos de fricção. As propriedades da eletricidade continuaram a unir a ciência à técnica. Nos anos seguintes, cientistas anunciaram outras descobertas como o dinamarquês H. C. Oersted (1777-1851) que descreveu o movimento das forças magnéticas de uma corrente elétrica; A.M. Ampère (1775-1836) sobre a interação das

---

<sup>100</sup> Os princípios primários do dínamo foram propostos por Faraday em 1831 e aperfeiçoados por Pixii (1831 e 1832), Wheatstone (1845), Pacinotti (1865) e Gramme (1870), quando finalmente o dínamo tinha se transformado em uma máquina que revertia energia elétrica em mecânica.

correntes elétricas e magnéticas; Michael Faraday (1791-1867); W. Sturgeon (1783-1850), e outros participaram no desenvolvimento das teorias eletromagnéticas.<sup>101</sup>

Construída sobre o princípio da teoria de Faraday, exibiu-se em público a primeira máquina elétrico-magnética em Paris no ano de 1832. Nesta mesma década, em 1834, foi construído o primeiro gerador para utilização comercial, ainda para gerar correntes elétricas em laboratórios. Finalmente em 1873, Gramme e Fontaine exibiram em Viena um motor elétrico eficiente, ampliando sobremaneira as aplicações a eletricidade que a este tempo possuía como aplicações comerciais a iluminação doméstica e industrial (inventada em 1850) e a galvanoplastia.

O diferencial da energia elétrica são a sua mobilidade — pode ser utilizada a longas distâncias da fonte da qual foi gerada graças aos fios e cabos transmissores — e a sua flexibilidade — capacidade de conversão limpa, simples e eficiente em calor, comunicação, luz ou força motriz. Além disso, a produção centralizada evita que cada pequeno consumidor possua uma planta de geração própria, o que anexava as indústrias às minas de carvão ou aos cursos d'água e não democratizava o uso da energia para as famílias<sup>102</sup>

Desta forma, energia elétrica significou fôlego novo à indústria familiar e artesanal e modificou as características do setor produtivo. Em outras palavras, a produção artesanal e familiar podia agora conviver com a grande indústria complementarmente. As fábricas concentraram-se na produção de artigos padronizados e capital intensivos e as oficinas em processos produtivos trabalho-intensivo.

---

<sup>101</sup> Jarvis, C.M. *The generation of electricity* In *A history of technology: the late nineteenth century*. London: Oxford University Press, 1958.

<sup>102</sup> A iluminação foi crucial para a generalização do uso da eletricidade e sem a lâmpada elétrica de Thomas Edson, inventada em 1880, não haveria a conversão de eletricidade em luminosidade. As primeiras instalações de lâmpadas para a iluminação foram feitas num navio a vapor americano já em 1880 e numa oficina de litografia em Nova Iorque em 1881. Também foram arquitetadas por Edison as primeiras estações elétricas centrais de serviço público de iluminação, cujas primeiras instalações haviam sido feitas em Nova Iorque, Appleton, Pensilvânia e Wisconsin nos EUA, em Londres e Milão. “Em muitas ocasiões era necessário que o Sr. Edson tirasse o paletó e instrísse praticamente os operários na colocação dos dutos de rua ou na operação dos dinamos em paralelo na estação de fornecimento. No início, considerava-se uma grande coisa que um dínamo pudesse ser mantido em funcionamento por mais ou menos um dia, sem alguma falha que exigisse interrupção para reparos”. In Jarvis, C.M. *The generation of electricity* In *A history of technology: the late nineteenth century*. London: Oxford University Press, 1958, 519p.

### *5.3.1 Iluminação*

A iluminação permite aumentar a produtividade do trabalho e prolongar o tempo de trabalho para até as 24 horas do dia a medida em que faz recuar o limite imposto pela noite.

O gás de iluminação (subproduto do carvão mineral ou vegetal) foi a primeira fonte energética a produzir luminosidade em grande escala. Foram as forjas e as fiações da Inglaterra os primeiros beneficiados pela iluminação artificial a partir de 1800.

O uso do petróleo teve início exatamente com a iluminação artificial. Extraído da superfície, utilizava-se a querosene para a iluminação em substituição aos óleos de foca e baleia e ao gás de carvão por ser mais barato, abundante e fácil de utilizar.

Na década de 1880, Thomas Edison inicia sua batalha para convencer o mundo da utilidade da sua invenção. O resultado: em 1885, 250mil lâmpadas estavam em uso; em 1902, dezoito milhões. A luz vinha agora da eletricidade, sem eliminação de gases, fumaça e sem o risco de explosões. O mercado do querosene caiu rapidamente, restringindo-se cada vez mais às zonas rurais.<sup>103</sup>

A forma como se deu a substituição foi, na verdade, bem mais lenta e trabalhosa do que o parágrafo anterior pode refletir. Como indicador da velocidade de mudança da fonte energética para a iluminação, pode-se utilizar as vendas de querosene da Standard Oil, que somente em 1911 foram superadas, em porcentagem do faturamento, pelas vendas de gasolina. O caminho percorrido, principalmente por Edison, incluía tornar a nova tecnologia economicamente acessível. Isto pressupunha a existência de geradores, de redes de distribuição (de fios de cobre) e escala de produção de lâmpadas considerável. Portanto, as dificuldades operacionais, financeiras e políticas eram iguais ou maiores do que o desenvolvimento da tecnologia em si.

A substituição da iluminação a querosene e à gás pela elétrica requereu projetos de reestruturação urbana (inicialmente elaborados pelo próprio Edison) e iniciou sua escalada

---

<sup>103</sup> Na verdade, somente em 1911 as vendas de gasolina superaram as de querosene na Standard Oil.

mundial em Londres no ano de 1881, onde foi instalada a primeira rede pública de iluminação na Europa.<sup>104</sup>

A expansão da eletricidade na Europa e EUA baseou-se em múltiplas firmas privadas que utilizavam inclusive tensões e ciclagens diferentes. As grandes redes elétricas começaram a surgir simultaneamente nos dois continentes acima citados como decorrência do aumento progressivo do consumo para a iluminação e da diversificação do uso, que demandou grandes investimentos na geração. De 1880 a 1914, o consumo por eletricidade cresceu sempre a taxas acima de 10% ao ano nos países ricos da Europa e EUA.<sup>105</sup>

A construção de redes regionais resultou do agrupamento das redes locais e foi possibilitada pela introdução da corrente alternada (e do alternador) em 1896. Do ponto de vista operacional, foi introduzido nesta mesma época o cálculo de previsão da demanda, sem o qual interrupções na transmissão seriam inevitáveis. A característica multinacional dos empreendimentos em energia elétrica rapidamente fica evidente quando já no início do século XX duas grandes empresas – a americana General Electric e a alemã AEG – polarizam o mercado mundial.

“No contexto geral dos anos 1930, a eletricidade revela-se como a forma de energia própria do novo regime de regulação do sistema capitalista. (...) de certa forma, a eletricidade é uma das energias do ‘fordismo’.” A eletricidade nasceu junto com a produção e o consumo em massa e deu a ele novo fôlego no que se refere aos bens de consumo duráveis (geladeiras, relógios elétricos, rádios, máquinas de lavar, aspiradores de pó, e televisores) disseminando pelo mundo o *american way of life*.

O uso da eletricidade em substituição aos hidrocarbonetos combustíveis teve início com o querosene iluminante na década de 1880 e estendeu-se, desde então, substituindo a máquina a vapor e, ao que tudo indica, substituirá todos os motores a combustão interna até o final do século XXI.

---

<sup>104</sup> Hemery (1986, 181p.)

<sup>105</sup> Ibidem, 183p.

A melhoria dos rendimentos das máquinas foi espantoso devido à superação dos mecanismos de correias e de parte dos atritos. A queda nos custos da energia elétrica deu-se de forma gradativa em relação ao carvão que, ao longo das primeiras décadas do século XX, viu seu preço equivaler a cada vez mais quilowatts-hora.

Para Lênin, é esta “indústria elétrica que caracteriza melhor que qualquer outra o capitalismo do fim do século XIX e início do XX.”

#### 5.4 O Petróleo

Há na literatura relatos do uso em pequena escala de petróleo, desde o Império Romano até o século XVIII, como remédio, piche e óleo combustível na Mesopotâmia, Pérsia, Afeganistão, Itália, Rússia, Galícia e Alemanha. Suas aplicações contra sarna e insetos, na calefação de cascos de navio, como asfalto e para a iluminação são detalhados em alguns trabalhos historiográficos recentes.<sup>106</sup>

Todavia, o petróleo começou a substituir o carvão — e a se transformar na principal fonte energética mundial — a partir da década de 1850, quando na Pensilvânia, um grupo de investidores acreditou poder utilizar o então chamado na Europa “óleo de pedra” como iluminante. O primeiro artigo acerca das possibilidades técnicas e econômicas dos componentes do petróleo cru, hoje um documento histórico escrito pelo professor de química Benjamin Silliman da Pennsylvania em 1855 para investidores, afirma que

“(…) it appears to me that there is much encouragement in the belief that your Company have in their possession a raw material from which, by a simple and not expensive process, they manufacture very valuable products. It is worthy of note that my experiments prove that nearly the whole of the raw product may be manufactured without waste, and this solely by a well-directed process which is in practice one of the most simple of all chemical processes.”<sup>107</sup>

---

<sup>106</sup> Uma breve, mas boa descrição destas referências históricas está em Forbes, R.J. *The Petroleum*, In: *A history of technology: the late nineteenth century*. London: Oxford University Press, 1958.

<sup>107</sup> Op.Cit. Forbes, R.J. *The Petroleum*, In: *A history of technology: the late nineteenth century*. London: Oxford University Press, 1958, 110p.

Sabia-se que o líquido negro e viscoso era inflamável, e um grupo de investidores apostou que seria possível processá-lo para convertê-lo em um líquido para lâmpadas. A crescente demanda por iluminação artificial disseminava-se pelo mundo junto com a Revolução Industrial. Dos óleos vegetais, animais e de carvão mineral (inclusive o gás urbano) utilizados até então, o óleo de cachalote era considerado um excelente fluido iluminante e o petróleo viria a substituí-lo em qualidade e preço.<sup>108</sup> Assim, já se estava a procura de uma fonte energética abundante e de qualidade para gerar luz artificial e, tendo o petróleo sido refinado com sucesso na obtenção do querosene (Faraday e Young já tinham fracionado com sucesso o querosene do óleo de carvão na Inglaterra da década de 1840)<sup>109</sup> e as técnicas de perfuração disponibilizarem quantidades suficientes para suprir a demanda, o “óleo de pedra” tornou-se popular nos EUA a partir da década de 1860.<sup>110</sup>

Nesta mesma década, em Cleveland – Ohio, começou a funcionar a pequena refinaria de petróleo Standard Oil, de Rockefeller, mais tarde transformada em uma grande monopolista internacional. Em 1880, 90% do querosene exportado pelos EUA era produzido pela Standard Oil.

Na Europa, o querosene para a iluminação chegou em 1861, em Londres, e disseminou-se por todos os outros centros urbanos. O petróleo foi, portanto, desde o princípio, um negócio internacional. Mais que isso, assim como aconteceu com o carvão mineral inglês, a única fonte de petróleo destilado eram os EUA. E isso foi, sem dúvida, uma das condições para a industrialização americana do fim do século XIX. Nas décadas de 1870 e 1880, a exportação de

---

<sup>108</sup> A questão ambiental não pode ser considerada já que não havia a consciência desta dimensão na época.

<sup>109</sup> Young acreditava erradamente que os depósitos de petróleo acumulavam-se nas vizinhanças dos de carvão mineral. Apesar de ter registrado a patente da “*paraffin oil*” em 1852, as reservas de petróleo acabaram rapidamente, assim com a produção da pequena refinaria que Young havia iniciado.

<sup>110</sup> A primeira refinaria de querosene foi estabelecida em 1854 em Nova Iorque com o nome de *North American kerosene light company* e seu proprietário Gesner afirmava profeticamente que o “*kerosene would make possible a long and lasting holiday (...) for (...) the finny monsters (whales) of the sea*”. Em Forbes, R.J. *The Petroleum*, In: *A history of technology: the late nineteenth century*. London: Oxford University Press, 1958.

querosene era responsável por mais da metade de toda a produção americana”<sup>111</sup>, e a Europa era seu grande mercado consumidor.

O segundo país exportador de petróleo iluminante foi a Rússia, com seu petróleo do Cáucaso, e a ‘Companhia de petróleo do mar Cáspio e do mar Negro’ iniciou seu confronto com a Standard Oil em 1886. Nesta mesma década, os primeiros dutos de querosene foram construídos, o que demonstra a lucratividade do negócio petrolífero, e outras empresas começam a surgir como a holandesa Royal Dutch (Shell), a British Petroleum (BP), a Gulf Oil, a Texaco,

Estes novos poços eram descobertos ao redor do mundo, mas a geologia ainda não havia proposto uma teoria sobre a localização dos poços petrolíferos. Os primeiros homens a perfurar o solo em busca de petróleo o faziam se a superfície indicava algum traço do óleo, para depois investigar o subsolo. Eram homens práticos e aventureiros e não cientistas. Com a percepção do alto valor do produto, as ainda novas empresas petrolíferas passaram a contratar os serviços de cientistas, em particular de geólogos. Estes investigaram ao mesmo tempo a origem do petróleo e onde este poderia estar localizado. Em 1885, chegou-se a uma teoria satisfatória, publicada por J.C. White, que afirmava que óleo cru era encontrado nos poros dos estratos dobrados fechados por estratos não porosos que evitavam a fuga dos gases e óleo formados. Isto ajudou a diminuir os riscos econômicos das perfurações. Quanto à sua origem, diversas teorias foram propostas até se chegar a um consenso final de que o petróleo era formado de matéria orgânica animal submetida a altas temperatura e pressão com presença de sal por períodos de tempo de milhares de séculos.<sup>112</sup>

Outra teoria científica desenvolvida ao longo do século XIX foi de fundamental importância na indústria do petróleo: a teoria da transferência do calor. A destilação do petróleo varia a depender do poço e da profundidade em que este foi encontrado e diversas técnicas e aparatos de metal foram desenvolvidos, amparados na teoria da transferência do calor da física e

---

<sup>111</sup> Yergin, Daniel *O petróleo: uma história de ganância, dinheiro e poder*. São Paulo, Scritta, 1993; título original: “The prize: the epic quest for oil, money and power”, NY, 1990.

<sup>112</sup> A descoberta foi dos alemães Engler, C. e Höfer R, H. em 1888 que converteram em laboratório óleo de peixe em um produto similar ao petróleo da Pensilvânia.

da química, para sua separação em elementos como querosene, lubrificantes, piche, parafina e gasolina.

A gasolina era um subproduto do petróleo tido como resíduo e usada como solvente, combustível para forno ou simplesmente jogada nos rios. O carro e o avião estavam em fase experimental na última década do século XIX e a gasolina para a queima na carburação vislumbrava um futuro distante. Rudolph Diesel foi o primeiro a queimar gasolina, querosene e o óleo que leva o seu nome (diesel) para a carburação de motores em 1893, mas somente no início do século XX a gasolina começou a se tornar o produto de alto valor que hoje se conhece com o crescimento do óleo combustível nas fábricas, trens, navios e automóveis.

### **5.5 Consumo de massa**

O último quarto do século XIX assistiu à maior deflação da história numa média de aproximadamente de um quarto para o conjunto dos principais produtos. Também aqui assiste-se à substituição do ferro pelo aço e o aumento do consumo per capita de metal. Vale dizer que mesmo depois da invenção do plástico e do concreto a indústria moderna continua a utilizar intensivamente o aço devido a sua resistência, plasticidade e rigidez excepcionais. A Inglaterra dominou inicialmente a produção de aço mundial de 1870 até 1890, quando os EUA “assumiram de forma estável o primeiro lugar na produção de ferro e aço”.

A química teve sua importância acrescida na produção do vidro, metalúrgica, papel, cimento, borracha, cerâmica, têxtil, de sabão, etc.

Na passagem do século, uma série de novos avanços na área energética proporcionou uma fase de crescimento considerada a segunda revolução industrial. Assistiu-se à generalização do uso da eletricidade para iluminação e dos motores elétricos, do motor à combustão interna e da utilização de máquinas na forma de linhas de montagem. Estas novas tecnologias permitiram o surgimento dos bens de consumo duráveis e as marcas registradas a eles associadas: máquinas de costura, relógios, bicicletas, eletrodomésticos, etc.; que passaram a ser vendidos através de novos métodos varejistas: as lojas de departamento e as cadeias de *magazines* que ofereceriam, pela

primeira vez, preços fixos, direito de devolução da mercadoria, catálogos, vitrines amplas, liquidações periódicas, diversidade de produtos, escala nas vendas.

### 5.6 As novas fronteiras energéticas do final do século XIX

Na virada do século, três características devem ser consideradas:

1. *Aumento contínuo do consumo de energia.* Com a expansão da Revolução Industrial e uso de máquinas pelo mundo, principalmente nas indústrias têxteis locais e no setor de transportes, a demanda por energéticos aumenta continuamente.

2. *Aumento contínuo da oferta de energia.* Acompanhando a demanda, as novas minas de carvão mineral em diversos países do mundo, as turbinas que geram eletricidade utilizando carvão, petróleo ou força hidráulica e os grandes reservatórios de petróleo encontrados nos EUA, Rússia, Oriente Médio, México e Venezuela asseguram abundância energética para o crescimento industrial e, principalmente, o setor de transportes.

3. *Diversificação da oferta de recursos energéticos.* O carvão, a eletricidade, o petróleo e o gás natural são agora opções de fontes para a iluminação, aquecimento, cozimento, geração de força motriz dos maquinários, transporte e comunicação. O carvão, por exemplo, pode iluminar, mover uma máquina na fábrica ou as rodas de um trem, aquecer e cozinhar alimentos, mas o petróleo e a eletricidade podem substituí-lo com eficiência.

O carvão conservou seu *status* de principal fonte primária até a década de 1940 e até hoje é muito utilizado.<sup>113</sup>

Tabela 5.2: Porcentagem da produção mundial de energia proveniente do carvão mineral<sup>114</sup>

1913	88,5%
1925	75,5%
1931	66,5%

<sup>113</sup> Os países que utilizam, hoje em dia, o carvão como principal fonte de energia primária como África do Sul e China, por exemplo, o fazem por possuí-lo em abundância. Nos demais, o setor siderúrgico, que o utiliza como fonte energética e agente redutor, já trabalha com o gás natural como opção, e a própria África do Sul, no momento em que escrevo, desincentiva o uso do carvão em prol do gás natural moçambicano menos poluidor.

<sup>114</sup> Landes, (1994, 299p.)

A grande mudança ocorrida no mundo que ocasionou a substituição do carvão mineral pelo petróleo enquanto principal fonte primária deu-se no setor dos transportes. A indústria continuava a usar predominantemente o carvão através das suas máquinas a vapor ou dos geradores elétricos — cujas caldeiras utilizavam também carvão.<sup>115</sup>

O uso do petróleo nos transportes foi, todavia, mundial. Enquanto as indústrias francesas, italianas e outras podiam utilizar a fonte primária hidráulica para fazer mover suas turbinas, outros países que produziam produtos primários e importavam bens manufaturados como os países do hemisfério sul, não dependiam do uso do carvão para gerar sua pequena riqueza. Com o advento do trem (expandindo as fronteiras do carvão) e do automóvel, os combustíveis fósseis chegam aos quatro cantos do mundo. A eficiência que os modernos meios de transportes dão aos deslocamentos de cargas e pessoas não permite que um país não os possua.

Os equipamentos mecânicos de uma fábrica podem ser móveis ou fixos. Nas máquinas fixas da linha de produção, de funcionamento intermitente e em grande escala, a máquina a vapor era eficaz. Todavia, com o aumento da escala de produção, problemas logísticos na movimentação de matérias-primas e do produto final fizeram surgir pequenas máquinas transportadoras como esteiras, elevadores, guinchos, guindastes, bombas, válvulas, medidores, calibradores, comandos, etc. Neste caso, a energia da máquina a vapor não era muitas vezes viável, e a eletricidade e o petróleo passaram a substituir a energia humana nesta tarefa de “mecanização do transporte e da manipulação dentro das fábricas”.<sup>116</sup>

A velocidade dos pequenos aperfeiçoamentos foi espantosa, e o aumento da escala de produção e da organização racional da produção fizeram as fábricas crescer de tamanho. O atraso de algumas empresas em modernizar-se facilitou processos de fusão e concentração industrial.

---

<sup>115</sup> Certamente, estes são dados do agregado. A proporção do uso das diversas fontes variou de país a país, conforme a disponibilidade de recursos naturais e do grau de desenvolvimento da suas indústrias.

<sup>116</sup> Landes, (1994, 314p.)

Assim nasceu a grande firma internacional<sup>117</sup> e as empresas petrolíferas são o exemplo sintomático deste novo arranjo. Táticas mercantis inescrupulosas – e as vezes ilegais – para eliminar os competidores e controlar monopolisticamente mercados e fornecedores; habilidades e flexibilidade de gestão; investimentos em desenvolvimento tecnológico; e forte pressão e *lobbies* políticos em defesa da não regulamentação da economia não são encontrados em estado mais puro do que na indústria petrolífera do final do século XIX e início do XX.

### 5.7 Monopólio, oligopólio e petróleo

Tecnicamente, a indústria internacional do petróleo é um oligopólio<sup>118</sup> do tipo onde um pequeno número de vendedores que domina a indústria são cercados por empresas marginais independentes cujas atividades têm significância considerável. As sete maiores companhias de petróleo (as sete irmãs ou *the seven international majors*)<sup>119</sup>, que estão entre as maiores empresas do mundo, são compostas por uma rede de aliadas e subsidiárias (muitas delas entidades independentes) que obedecem à estrutura administrativa e os limites da política central.<sup>120</sup>

O crescimento da Standard Oil e em menor escala da Texaco e da Gulf Oil representava melhor que ninguém as transformações que estavam acontecendo na economia capitalista dos EUA e do mundo. A rápida industrialização norte americana das últimas décadas do século XIX havia transformado o setor produtivo pulverizado e concorrencial, constituído por muitas pequenas e médias empresas, em grandes conglomerados, chamados então de *trustes*, cada qual operando num ramo industrial, comprando empresas menores ou forçando-as à falência, abusando de preços e respaldadas em fortes *lobbies* nos governos e nos congressos.

---

<sup>117</sup> Penrose (1968), define uma firma internacional como única ou parcial controladora de ativos e passivos em um número de países do mundo, com suas filiais, subsidiárias ou afiliadas. Ressalta a importância de não confundir com empresas meramente exportadoras ou importadoras.

<sup>118</sup> Oligopólio é uma situação de mercado na qual se encontram algumas poucas empresas ofertantes que, ao formularem seus níveis de preço e quantidade, consideram a repercussão de suas ações nas concorrentes (de forma acordada ou não) e antecipam suas respostas de maneira a equilibrarem seus preços acima do custo marginal.

<sup>119</sup> São elas por volume de produção a Standard Oil Company de New Jersey de capital estadunidense; a Royal Dutch/ Shell Group de capital britânico, estadunidense, holandês, francês, suíço e outros menores; a inglesa British Petroleum Company; e as estadunidenses Gulf Oil Corporation, Texaco, Standard Oil of Califórnia e Móbil Oil Corporation.

<sup>120</sup> Penrose (1968).

Todavia, mesmo com toda a força econômica e política destas empresas, um movimento antimonopolista e antitruste teve início nos EUA a partir de 1880 e com mais força perto da virada do século. A setor e a empresa alvo preferidos eram o petrolífero e a Standard Oil. A figura de Rockefeller sempre esteve associada a condutas empresariais desleais, irregulares e misteriosas, que destruíam quem estivesse pelo caminho. Por isso, governadores dos Estados procuraram, através da justiça ou investindo no ramo petrolífero, confrontar o poder monopolista do setor do petróleo. Em 1892, uma decisão judicial dissolveu parcialmente o *truste* dividindo suas ações entre vinte companhias criando o conceito de *holding* (corporações que podiam possuir ações de outras corporações). Na prática o *truste* ainda existia.

Para se ter uma idéia do ritmo das concentrações industriais, o primeiro *truste* norte americano, a Standard Oil, foi estabelecido em 1882. Até 1898, perto de 82 outros *trustes* já haviam sido formados e antes de 1904, este número girava em torno de 234.<sup>121</sup>

Na campanha presidencial dos EUA de 1900, o assunto central já era os *trustes* e monopólios, mas foi o livro *The history of the Standard Oil* da jornalista Ida Minerva Tarbell, publicado em 1904, devido à sua ampla repercussão,<sup>122</sup> que deu forças a Roosevelt para enfrentar a “mãe dos *trustes*” — a Standard Oil. Finalmente, em 1909, a corte federal opinou a favor da dissolução da Standard Oil, legislando pela primeira vez contra a formação dos monopólios e, em 1911, o congresso aprovou o Ato Antitruste Sherman que afirmava que o comércio seria sujeito a penalidades se resultasse em agressão ao interesse público.

Não à toa, a Standard Oil foi o alvo da primeira investida legal contra os monopólios. A empresa refinava três quintos de todo o petróleo bruto dos EUA, possuía mais da metade dos

---

<sup>121</sup> Yergin (1990, 90p.)

<sup>122</sup> Em uma passagem, Tarbell escreveu que “O sr. Rockefeller jogou sistematicamente com dados viciados e é de se duvidar que desde 1872 tenha havido alguma vez em que ele tenha competido, com outra empresa, jogando de modo limpo”. *Op. Cit.* In YERGIN, Daniel (1990).

petroleiros, exportava quatro quintos do total do querosene, vendia nove décimos dos lubrificantes às ferrovias, além dos outros subprodutos.<sup>123</sup>

Uma grande empresa tem inquestionavelmente muito poder, já que controla volumosas quantidades de recurso, um extenso mercado consumidor, transaciona somas enormes de dinheiro, é grande compradora e empregadora. No caso das empresas oligopolistas internacionais do petróleo, o poder a disposição destas empresas é potencializado, por se tratar de um insumo estratégico para o desenvolvimento econômico e, sem o qual, todo um país iria à bancarrota.

O poder da Standard Oil e posteriormente das sete grandes empresas irmãs do petróleo cresceu junto com o aumento do consumo do óleo e tornou-se aparentemente imbatível, até mesmo por governos nacionais, depois da primeira grande guerra até a década de 1950. O caráter oligopolista-mundial do empreendimento – que exigia altos investimentos para o transporte do líquido no início, e em muitos casos na prospecção – dificultou o surgimento de firmas entrantes, que só ocorreu na década de 1950.

Todavia, justamente pela percepção deste poder “maligno”, governos começaram a combater – investindo, barganhando, negociando, regulando ou simplesmente nacionalizando – as sete irmãs do petróleo. O confronto primeiro ocorreu contra a Standard Oil e fez surgir as outras grandes firmas de capital europeu que formaram o oligopólio das sete irmãs. Na América Latina - onde o capital privado não possuía força suficiente para explorar o setor energético - os processos de independência ocorridos no século XIX criaram condições para o fortalecimento dos governos nacionais, avessos a práticas imperialistas, nacionalizassem suas reservas petrolíferas ou até o capital das empresas estrangeiras já instaladas. Desta forma, Argentina, Chile, Bolívia e outros reagiram às atividades oligopolistas das sete irmãs já a partir da década de 1920 – estabelecendo controle estatal sobre o petróleo, da exploração à comercialização. Diferentemente dos países europeus, os latino americanos se industrializaram tendo como base energética o petróleo e não o carvão. A oferta contínua de petróleo foi pré requisito para o desenvolvimento econômico, tendo em vista a não disposição de substitutos fósseis alternativos e falta de capital para investimentos em usinas hidrelétricas.

---

<sup>123</sup> Ibidem, 99p.

A história das empresas petrolíferas e suas políticas e atitudes não pode ser contada sem se considerar os interesses dos governos dos países exportadores e importadores. As companhias competindo por concessões para a exploração do petróleo no sudeste asiático, na América Latina, no Oriente Médio foram muitas vezes alicerçadas por seus governos nacionais cuja postura era moldada por atividades diplomáticas, interesses econômicos e militares, que pode ser resumida na palavra: imperialismo.

As políticas ativas explícitas ou implícitas dos governos influenciaram preços e importações de petróleo e carvão, manobrando ou interferindo ou direcionando a distribuição de renda e do investimento entre os países. Os países importadores influenciaram o nível de preços, o refino e as quantidades extraídas. Ou seja, de forma alguma pode-se considerar as empresas petrolíferas isoladas dos seus governos nacionais e da diplomacia internacional. O significado de empresa internacional no setor petrolífero extrapola o tradicional, pois envolve questões geopolíticas. A idéia de que possuir reservas de fontes de energia estimula ou facilita o desenvolvimento econômico já não é mais verdadeira. Agora, ser desenvolvido é condição para se ter o domínio político ou militar sobre as fontes energéticas, em especial sobre o setor petrolífero. O imperialismo econômico do final do século XIX e início do XX caracteriza-se pelo poder sobre os recursos financeiros e energéticos conjugados.

### 5.8 Monopólios e oligopólios energéticos: a visão de Vladimir Lênin

“A minha brochura ajudará a compreensão de um problema econômico fundamental, sem cujo estudo é impossível compreender seja o que for e formar um juízo sobre a guerra e a política atuais: refiro-me ao problema da essência econômica do imperialismo.”<sup>124</sup>

O objetivo de Lênin é mostrar os caminhos que levaram à guerra imperialista. A distribuição desigual da produção, os monopólios, os sindicatos patronais, os cartéis, os trustes, os bancos do capitalismo monopolista mundial são a base privada dos meios de produção sobre as quais crescem as guerras imperialistas contínuas e inevitáveis.<sup>125</sup>

---

<sup>124</sup> Ulianov, Vladimir Ilitch *O Imperialismo, fase superior do capitalismo* In *Obras Escolhidas*, São Paulo: Editora Alfa-Omega, 1979; título original: ИМПЕРИАЛИЗМЪ, КАКЪ НОВБЙШЙ ЗТАПИТАЛИЗМА, 1917

<sup>125</sup> “ (...) visto o objetivo principal do livro, hoje como ontem, consistir em mostrar, com a ajuda dos dados gerais, irrefutáveis, da estatística burguesa e das declarações dos homens de ciência burgueses de todos os países, um

“A propriedade privada baseada no trabalho do pequeno patrão, a livre concorrência, a democracia, todas essas palavras de ordem por meio das quais os capitalistas e sua imprensa enganam os operários e os camponeses, pertencem a um passado distante. O capitalismo transformou-se num sistema universal de subjugação colonial e de estrangulamento financeiro da imensa maioria da população do planeta por um punhado de países “avançados”. A partir desse “saque”, efetua-se entre duas ou três potências rapaces, armadas até os dentes (América, Inglaterra, Japão), que dominam o mundo e arrastam todo o planeta para sua guerra pela partilha do seu saque.”<sup>126</sup>

Sobretudo depois das guerras hispano americanas (1898) e anglo-boer (1899-1902), as publicações econômicas e políticas começaram a utilizar o conceito de “imperialismo”. O estudo econômico do imperialismo tem como marco inicial o livro de John Atkinson Hobson – *Imperialism: a study* – de 1902. Foi seguido por obras de autores com orientações mais ou menos marxistas como Bauer, Hilferding, Rosa Luxemburgo, Kautsky, Bukarin e, finalmente, o famoso livro de Lênin – *Imperialismo, fase superior do capitalismo*.<sup>127</sup> A similaridade dos argumentos deram margem para que alguns historiadores econômicos chamassem estas teorias de “teoria Hobson-Lênin”, mas esta generalização parece ser exagerada, já que desconsidera diferenças essenciais. Sinteticamente, para Lênin, o imperialismo é uma fase natural do desenvolvimento das economias capitalistas, onde o capital financeiro e as indústrias energéticas concentram-se formando monopólios que desencadearão, inevitavelmente, o fim do capitalismo. O monopólio dos recursos naturais energéticos pelas empresas associadas ao capital financeiro geraria concentrações de renda e poder, aprofundando a luta de classes. Para Hobson (a quem Lênin chama de “um economista burguês”), o imperialismo não é nada mais do que um desajuste, uma enfermidade curável do sistema capitalista.

Lênin inicia seu livro afirmando que “o enorme incremento da indústria e o processo notavelmente rápido de concentração da produção em empresas cada vez maiores constituem uma das particularidades mais características do capitalismo.” Segue fornecendo estatísticas da Alemanha, dos EUA, da Grã-Bretanha para mostrar a tendência à expansão das empresas nestes países. Seu objetivo é, por um lado, provar que esta concentração da produção em poucas e cada

---

quadro em conjunto da economia mundial capitalista nas suas relações internacionais, nos princípios do século XX, em véspera da primeira guerra imperialista mundial.”

<sup>126</sup> Ibidem

<sup>127</sup> No prefácio Lênin afirma ter tido pouca disponibilidade de referências porém: “ (...) utilizei a obra inglesa mais importante sobre o imperialismo, o livro de J. A. Hobson, com a atenção que em meu entender merece.”

vez maiores empresas de cada setor industrial levará o mundo à concentração de renda e poder político cada vez mais acentuadas (ou seja, injustiças socio-econômicas) e às guerras imperialistas entre as nações; por outro lado, sua intenção é também identificar os setores da indústria que já estão “maduros” para a expropriação pela classe trabalhadora – apesar de não poder dizer isto abertamente por causa da censura.<sup>128</sup>

Um dos setores que já estaria “maduro” seria a indústria mineira alemã, que contava ainda com protecionismos fiscais e alfandegários, acentuando a tendência concentracionista.

A noção de monopólio já estava a desenvolver-se na primeira década do século e Hermann Levy escreve em seu *Monopólios, Cartéis e Trusts* sobre a indústria inglesa.

“Na Grã-Bretanha são precisamente as grandes proporções das empresas e o seu elevado nível técnico que trazem a tendência para o monopólio. Por um lado, a concentração determinou o emprego de enormes capitais nas empresas; por isso, as novas empresas encontram-se perante exigências cada vez mais elevadas no que respeita ao volume de capital necessário, e esta circunstância dificulta o seu aparecimento. Mas, por outro lado (e este ponto consideramo-lo mais importante), cada nova empresa que queira manter-se ao nível das empresas gigantes criadas pela concentração representa um aumento tão grande da oferta de mercadorias que a sua venda lucrativa só é possível com a condição de um aumento extraordinário da procura, pois, caso contrário, essa abundância de produtos faz baixar os preços a um nível desvantajoso para a fábrica e para as associações monopolistas.”

A influência da concentração na formação dos monopólios na grande indústria surge com uma clareza cristalina quando o número das principais empresas concorrentes se reduz a cerca de duas dúzias.

Na obra de Karl Marx, a preocupação com a concentração industrial foi pioneira (onde afirma que, no capitalismo, a livre concorrência gera inevitavelmente a concentração da produção e que esta, em um certo grau de desenvolvimento econômico, leva ao monopólio)<sup>129</sup> ao

---

<sup>128</sup> “a brochura foi escrita tendo em conta a censura tsarista. Por isso, não só me vi forçado a limitar-me estritamente a uma análise exclusivamente teórica – sobretudo econômica – como também tive de formular as indispensáveis e pouco numerosas observações políticas com maior prudência (...) servindo-me de alusões (...).” Ulianov (1979, prefácio).

<sup>129</sup> Lênin, mais adiante, desenvolve esta idéia afirmando que o “capitalismo, na sua fase imperialista, conduz a socialização integral da produção nos seus mais variados aspectos; arrasta, por assim dizer, os capitalistas, contra sua vontade e sem que disso tenham consciência, para um novo regime social, de transição entre a absoluta liberdade de concorrência e a socialização completa.”

questionar a hipótese da concorrência perfeita, tida como uma lei natural. As obras posteriores ao *Capital*, como por exemplo as neo-clássicas, continuaram assumindo a hipótese da concorrência perfeita como verdadeira e a concentração industrial, os monopólios, cartéis e *trustes* como exceção sem merecimento de análise.

Lênin fixa a década de 1890 como a época em que os monopólios capitalistas começaram a surgir. Para ele, a livre concorrência alcança seu auge nas décadas de 1860 e 1870 na Inglaterra e, na Alemanha, o governo declara guerra contra a indústria artesanal e doméstica em favor dos cartéis. Foi principalmente na indústria do carvão que os cartéis consolidaram-se na década de 1890 e 1900. A partir deste momento, para Lênin,

“os cartéis passam a ser uma das bases de toda a vida econômica. O capitalismo transformou-se em imperialismo. (...) estabelecem entre si acordos sobre as condições de venda, os prazos de pagamento, etc. Repartem os mercados de vendas. Fixam quantidades de produtos a fabricar. Estabelecem os preços. Distribuem os lucros entre as diferentes empresas, etc.”

O setor energético foi o ramo industrial onde as concentrações tiveram início em muitos países. A produção da hulha

“da Renânia-Vestefália, no momento da sua constituição, em 1893, concentrava 86,7% de toda a produção de carvão daquela bacia, e em 1910 dispunha já de 95,4%. (...) O famoso truste do petróleo dos Estados Unidos (Standard Oil Company) foi fundado em 1900.”

Poder-se-ia pensar que os monopólios, cartéis e *trustes* se formassem somente na produção das matérias-primas ou especificamente no setor energético. Todavia, Lênin ressalta que “o aparecimento de cartéis e a constituição de monopólios é particularmente fácil” neste ramo.

“Mas seria um erro pensar que os monopólios não surgem também noutros ramos industriais em que a conquista das fontes de matérias-primas é impossível. A indústria do cimento encontra matéria-prima em toda a parte. Não obstante, também esta indústria está muito cartelizada na Alemanha.”

Um economista alemão de nome Lifmann escreveu que

“quanto mais desenvolvida está uma economia nacional, tanto mais se volta para empresas arriscadas ou no estrangeiro, para as que exigem longo tempo para o seu desenvolvimento ou finalmente as que apenas têm uma importância local. O aumento do risco vai de par, ao fim e ao cabo, com o aumento gigantesco de capital, o qual, por assim dizer, transborda e corre para o estrangeiro, etc. E juntamente com isso os progressos extremamente rápidos da técnica trazem

consegue cada vez mais elementos de desproporção entre as diferentes partes da economia nacional, elementos de caos e de crise. Provavelmente a humanidade assistirá num futuro próximo a novas e grandes revoluções no campo da técnica, que farão sentir também os seus efeitos sobre a organização da economia nacional (...) na eletricidade (...).”

Do capítulo II ao V, Lênin passa a discorrer sobre o capital financeiro e seu papel no imperialismo. No capítulo V, intitulado “a partilha do mundo entre as associações de capitalistas”, tema de interesse deste estudo, procura enumerar as associações de monopolistas capitalistas – catéis, sindicatos, *trustes* – que partilham entre si primeiro o mercado interno e depois e inevitavelmente o mercado externo. Segundo Lênin, nesta fase do capitalismo (segunda década do século XX), a concentração da produção é incomparavelmente maior do que antes. Surge o supermonopólio, cujo representante típico é a indústria elétrica. “Até 1900 tinham existido 7 ou 8 grupos na indústria elétrica; cada um era composto por várias sociedades (no total havia 28) e por detrás de cada um havia de 2 a 11 bancos. Por volta de 1908-1912 todos esses grupos se fundiram em um ou dois. (...) Deste modo se formaram duas ‘potências’ elétricas” a General Electric Co. e a AEG (sociedade geral de eletricidade). “É impossível encontrar no mundo uma única sociedade elétrica que seja completamente independente delas.”

Lênin segue dizendo que a indústria do petróleo oferece um outro exemplo de monopólio mundial. “O mercado mundial de petróleo encontra-se actualmente dividido entre dois grandes grupos financeiros: o *truste* americano Standard Oil Co., de Rockefeller, e os donos do petróleo russo de Baku, isto é, Rothschild e Nobel.”

Para Lênin, o capitalismo monopolista é uma fase natural da evolução do capitalismo concorrencial, uma transição verso uma estrutura social e econômica mais elevada. É o “produto da concentração da produção num grau muito elevado do seu desenvolvimento.” E a produção das matérias-primas (em especial da hulha) aumentava “enormemente o poderio do grande capital” e as contradições que a cartelização das indústrias provocava. Antes das matérias-primas, os bancos haviam se tornado monopólio; e o capital financeiro monopolizado aliado ao capital industrial criou o política colonialista européia buscando o monopólio das fontes de matéria-prima em África.

“Os capitalistas não partilham o mundo levados por uma particular perversidade, mas porque o grau de concentração a que se chegou os obriga a seguir esse caminho para obterem lucros; e

repartem-no segundo o capital, segundo a força; qualquer outro processo de partilha é impossível no sistema da produção mercantil e no capitalismo. A força varia, por sua vez, de acordo com o desenvolvimento econômico e político; para compreender o que está a acontecer é necessário saber que problemas são solucionados pelas mudanças da força, mas saber se essas mudanças são puramente econômicas ou extra-econômicas (por exemplo, militares), é secundário e em nada pode fazer variar a concepção fundamental sobre a época atual do capitalismo. (...) A época do capitalismo contemporâneo mostra-nos que se estão a estabelecer determinadas relações entre os grupos capitalistas com base na partilha econômica do mundo, e que, ao mesmo tempo, em ligação com isso, se estão a estabelecer entre grupos políticos, entre os Estados, determinadas relações com base na partilha territorial do mundo, na luta pelas colônias, na luta pelo território econômico.”

Para definir, o mais breve possível, o imperialismo econômico descrito por Lênin, poder-se-ia dizer que o imperialismo é a fase monopolista do capitalismo. Segundo o autor, o capital de alguns grandes bancos monopolistas fundido com o capital das associações monopolistas de industriais passaram a partilhar o mundo. Seria a transição entre a política colonial que se estendia sem obstáculos às regiões ainda não apropriadas por nenhuma potência capitalista para a política colonial monopolista dos territórios e recursos naturais do globo já inteiramente repartido.

“A livre concorrência é a característica fundamental do capitalismo e da produção mercantil em geral; o monopólio é precisamente o contrário da livre concorrência, mas esta começou a transformar-se diante dos nossos olhos em monopólio, criando a grande produção, eliminando a pequena, substituindo a grande produção por outra ainda maior, e concentrando a produção e o capital a tal ponto que do seu seio surgiu e surge o monopólio: os cartéis, os sindicatos, os trusts e, fundindo-se com eles, o capital de uma escassa dezena de bancos que manipulam milhares e milhões. Ao mesmo tempo, os monopólios, que derivam da livre concorrência, não a eliminam, mas existem acima e ao lado dela, engendrando assim contradições, fricções e conflitos particularmente agudos e intensos. O monopólio é a transição do capitalismo para um regime superior.”

## 5.9 A teoria da concorrência imperfeita vista por Joan Robinson

“To make industry genuinely serve the needs of the public, as it is supposed to do in the textbooks, would require a monopsony<sup>130</sup> of consumers, equipped with their own experts. Some slight efforts are being made nowadays (ela está referindo-se ao ano de 1969 quando escreve o segundo prefácio) to protect the consumer interest, but they cannot make much head against the power of advertisement. The great chain-stores exercise some monopolistic influence in imposing a king of synthetic perfect market on small-scale producers, but they cannot offer a counterweight to the great oligopolists. Besides, though they serve the consumer interest against the producer, they also have some interest of their own.”

---

<sup>130</sup> O monopsonio é um mercado caracterizado por possuir somente um consumidor e vários produtores.

A influência da escola de pensamento neoclássica sobre a obra de Joan Robinson foi grande, mas a sua foi uma época de ruptura para com o marginalismo. A teoria ortodoxa ainda resistiu bravamente até a década de 1930, apesar da sua representação da economia capitalista não considerar algumas ‘distorções’ óbvias, como a tendência cíclica de crescimento e depressão e ausência de concorrência perfeita em vários setores. Sobre a economia concorrencial, na última parte do *A economia da concorrência imperfeita* de 1933, intitulada “Um mundo de monopólios”, Joan Robinson afirma o contrário da economia clássica e considera o monopólio o caso geral e a concorrência perfeita a exceção. A autora não se refere aos monopólios perfeitos, mas às características monopolísticas de diversos setores da economia.

*A economia da concorrência imperfeita*, seu primeiro livro, é considerado um marco na renovação do pensamento neoclássico. Mas não foi o único a propor novas teorias sobre a estrutura de um mercado em transformação já desde a década de 1870. As fábricas vinham aumentando a escala da sua produção e o seu espaço físico visando atender o consumo em massa. Aquelas que não acompanharam os processos de organização racional da produção – com a introdução de pequenas máquinas transportadoras movidas principalmente à eletricidade – sucumbiram ou foram absorvidas pelas maiores. No início do século, como se viu no capítulo anterior, além de Hobson e Lênin, outros autores já especulavam sobre as tendências monopolísticas daquela nova realidade econômica. Contemporaneamente à Robinson, *A teoria da concorrência monopolista* de Edward Chamberlin, escrito em 1933, e outros como *Problems of monopoly and economic warfare* de 1930 do dinamarquês F. Zeuthen; *Reine theorie der monopolistischer Wirtschaftsformen* de 1932 do alemão Erich Schneider; e *Marktform und Gleich* de 1934 do também alemão Heinrich von Stackelberg demonstram que a teoria neoclássica já não explicava a realidade a contento.<sup>131</sup>

A tradicional análise marginalista baseada no conceito de equilíbrio entre demanda e oferta e auto-ajuste da economia entra no século XX já enfraquecida e deixará de ser o paradigma dominante após a grande crise estadunidense de 1929. A hipótese da concorrência perfeita já não explica a realidade que observa a formação de grandes empresas transnacionais. Apesar da

---

<sup>131</sup> Szmrecányi, Tamás na apresentação dos *Ensaios sobre a teoria do crescimento econômico* de Joan Robinson, coleção *Os economistas*, São Paulo, 1983.

percepção por parte dos economistas práticos, os teóricos relutavam em admitir a existência da concorrência imperfeita, ou seja, a existência de oligopólios e monopólios duradouros.<sup>132</sup>

Concorrência perfeita significa que produtores individuais podem vender o quanto quiserem ao nível dos preços correntes. Cada firma produz continuamente com seu custo de produção sendo igual ao preço. Há economias internas de escala apenas acima de um certo tamanho, onde o custo marginal (incluindo o lucro normal) está no seu nível mínimo. Quando a demanda é maior do que a firma pode produzir, o custo marginal e o preço superam o custo médio. Lucros acima do normal clamam pela entrada de novas firmas no negócio, o que fará com que o preço de mercado daquele produto caia assim como a produção individual de cada firma. Quando o preço está abaixo do custo médio, algumas firmas são expulsas do negócio, e aquelas que restam expandem-se. Assim, o tamanho ótimo da firma corresponde sempre ao custo médio mínimo, os quais são sempre estabelecidos pelas forças naturais do mercado.<sup>133</sup>

Esta era a teoria predominante remanescente dos autores marginalistas, de Alfred Marshall e de Pigou. Talvez por isso, o conteúdo dos primeiros dois parágrafos do prefácio para a segunda edição do livro de Joan Robinson termine assim: “*Here we were, in 1930, in a deep slump, and this is what we were being asked to believe*”.

Segundo a autora, ainda neste prefácio, o conceito de concorrência perfeita é totalmente inaplicável à indústria manufatureira, pois as variações da demanda afetam os lucros, mas não os preços. Além disso, o número de firmas, na indústria, tende a cair e a competição se tornaria cada vez mais oligopolista. O contrário disto, como defendem os economistas neoclássicos, é dizer

---

<sup>132</sup> As teorias keynesiana e a kaleckiana seguem o mesmo caminho: são publicadas depois de já estarem sendo implementadas na prática. Keynes publica sua “*Teoria Geral do emprego, do juro e da moeda*” em 1936, no mesmo ano da publicação de M. Kalecki. Os dois apesar de influências e caminhos opostos — Keynes, herdeiro da teoria liberal inglesa, e Kalecki, polonês influenciado pelas teorias marxistas — chegam a teorias explicativas da relação entre renda, consumo, poupança e investimento que determinariam o nível de emprego. Segundo Keynes, e em certa medida Kalecki, é possível a existência de desequilíbrios no mercado de trabalho, o que justifica a necessidade de uma gestão ativa da economia, seja através da política monetária (discricionariedade) ou da política fiscal (gasto público).

<sup>133</sup> Robinson, Joan *The economics of imperfect competition*, The Macmillan Press, 1969. Primeira edição em 1933.

que, no curto prazo, há igualdade entre o custo marginal e os preços, ou seja, pequenas variações na demanda produzem mudanças violentas no nível de preços.

E foi no setor energético que ficou evidente a debilidade da teoria da concorrência perfeita. A concentração das companhias petrolíferas nas mãos da Standard Oil de John Rockefeller mobilizou a opinião pública e os políticos estadunidenses. Em 1892, a primeira decisão judicial anti-truste foi aplicada à Standard Oil, abrindo precedente para a intervenção (regulatória no início) do governo na esfera econômica.

## Capítulo 6

### **Do Estado intervencionista de Keynes e Kalecki às privatizações novoclassicas/monetaristas: o setor da energia na mudança de paradigmas.**

No século XX, observou-se, no setor energético industrial, a formação das grandes firmas, privadas ou estatais, de petróleo e eletricidade, que são, até os dias de hoje, as maiores empresas do mundo. Todavia, a despeito do caráter imperialista da grande indústria de energia (discutido no capítulo 5), os países ricos vivem a dicotômica situação de serem simultaneamente “dominadores e dependentes: dominação financeira, comercial e tecnológica das grandes redes elétricas e petrolíferas (...); dependência em relação aos recursos petrolíferos e minerais, que devem ser buscados em outras regiões do mundo”.<sup>134</sup> A dependência de um recurso energético escasso estimula o desenvolvimento de tecnologias utilizadoras de outras fontes de energia mais abundantes e baratas que impõem a dominação econômica, política ou militar aos países tecnologicamente subservientes produtores destes recursos.

Após a Primeira Guerra Mundial,

“a baixa dos preços do petróleo em relação aos das outras fontes de energia, principalmente o carvão, exerce uma forte pressão em favor de sua utilização no conjunto do processo econômico: sistemas de transporte, produção de calor e de força motriz na indústria, produção de gás, indústria química, nada escapa ao império das companhias petrolíferas... até mesmo os produtores de eletricidade equipam-se com centrais a óleo combustível; os países ocidentais conhecem uma onda de motorização sem precedentes; o petróleo suplanta o carvão nas instalações de aquecimento domiciliar; os construtores de equipamentos e de máquinas que utilizam os hidrocarbonetos líquidos vêem seus negócios multiplicarem-se, levados pelo boom do petróleo”.<sup>135</sup>

As máquinas nunca foram tão importantes quanto neste século. O setor de transportes, em especial o meio de transporte individual (automóveis, motocicletas, etc.), assistiu um avanço tecnológico espantoso. As máquinas a serviço do deslocamento humano, dos trabalhos na

---

<sup>134</sup> Hémerly (1986).

<sup>135</sup> Ibidem

agricultura (colheitadeiras, beneficiadoras, etc.) e nas fábricas (movidas à eletricidade, carvão ou óleo) apareceram para *libertar* ainda mais o ser humano dos trabalhos manuais penosos e de baixa produtividade. Tanto nos países capitalistas como nos socialistas, o aprofundamento da mecanização nos processos fabris exigiu disponibilidade de energia. O petróleo e a eletricidade possibilitaram a introdução das máquinas onde o carvão não era factível e a sua oferta regular foi gradualmente sendo tomada como responsabilidade dos governos dos países de quase todo o mundo. Grandes centrais hidrelétricas e produtoras de petróleo surgiram até a década de 1960 e a teoria econômica legitima a intervenção estatal nestes setores, considerados estratégicos e monopólios naturais. O keynesianismo, discutido mais adiante, torna-se o paradigma econômico mundial na segunda metade da década de 1930 e os governos de todo o mundo, respaldados neste ideário, regulam e investem em diversos setores da economia.

### 6.1 As grandes centrais elétricas

Dois fatores foram importantes na formação das grandes centrais elétricas: a unificação técnica e a unificação financeira. A introdução do alternador e da corrente alternada permitiram a unificação técnica. A financeira ou, em outras palavras, a concentração da indústria de eletricidade, tornou-se então inevitável. Dadas as dimensões dos investimentos, a lucratividade de uma rede produtora e transmissora de energia elétrica estava ligada à grandeza da empresa e a um elevado número de clientes que pudessem diluir os elevados custos fixos.

“Mais que sistemas materiais de produção e distribuição de eletricidade, os grandes sistemas elétricos foram, inicialmente, sociedades que exerciam um controle financeiro sobre microsistemas locais. O processo de unificação dos sistemas foi lento: em 1937, (...) responsáveis pelo New Deal insistiam ainda sobre os progressos a realizar em matéria de transmissão e distribuição eficazes da energia elétrica, que consideravam como o principal problema da indústria na época, e o primeiro objetivo a realizar”.<sup>136</sup>

O setor elétrico possuiu, no início, um alto grau de internacionalização, polarizando a produção e distribuição mundial nas mãos de duas gigantes: a estadunidense General Electric<sup>137</sup> e a alemã AEG (Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft).

---

<sup>136</sup> Ibidem

<sup>137</sup> Em 1892, nos EUA, a Edison General Electric se uniu com Thompson Houston para construir a General Electric.

Tanto nos países centrais da Europa, nos EUA e na América Latina, a interferência do Estado no setor elétrico teve início na década de 1920, mas a onda de nacionalização das empresas privadas do setor só ocorreu no pós-Segunda Guerra.

Na Inglaterra, a concentração, promovida pelo Estado foi um meio de se organizar a distribuição. A partir de 1926, este passou a comprar as pequenas distribuidoras de energia elétrica não rentáveis, mas a completa nacionalização das empresas só ocorreu em 1947,

“conforme lei encaminhada ao Parlamento da época pelo Partido Trabalhista no poder. A nacionalização representou a indenização de £ 341 milhões para os proprietários das 180 companhias que foram incorporadas pela empresa estatal *Central Electricity Board* (CEB)”<sup>138</sup>.

O monopólio só veio em 1958, com a criação da *Central Electricity Generating Board* (CEGB), integrada verticalmente.

Nos Estados Unidos, antes de 1935, as empresas privadas elétricas operavam em vários estados. Depois desta data, o Estado intervém no setor elétrico impondo uma série de barreiras regulatórias visando impedir a integração vertical e horizontal na geração e distribuição. As companhias foram desmanteladas e fragmentadas para que cada empresa se limitasse a trabalhar em apenas um estado da federação. Foi promulgado o *Public Utility Holding Company Act* que afirmou a autoridade estadual para a fiscalização e regulação nas *Public Utility Comissions*, cabendo à esfera federal resolver os conflitos interestaduais. Além disso, definiu critérios para o controle dos monopólios em defesa do consumidor, através do monitoramento sistemático dos custos e lucros das concessionárias. Não houve, portanto, nacionalização das empresas privadas, somente controle regulatório.

Na França, a indústria de eletricidade foi nacionalizada em 1946, passando para as mãos da *Eletrecité de France* (EDF), e permanece estatal desde então.

Nos países Latino Americanos, o processo de concentração e nacionalização não foi diferente. No Chile, a indústria elétrica foi operada por empresas nacionais e estrangeiras até

---

<sup>138</sup> Rosa, Luiz Pinguelli, Tolmasquim, Mauricio Tiomno, Pires, José Cláudio Linhares *A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo*, Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1998.

1970, quando ocorre “a quase completa estatização do setor – 90% em geração, 100% em transmissão e 80% em distribuição – através da atuação das empresas Endesa e Chilectra”.<sup>139</sup> É verdade que, desde 1940, o Estado havia crescentemente investido em centrais geradoras e distribuidoras, mas o período 1970-73 foi eminentemente keynesiano no Chile.

Na Argentina, até 1945, empresas privadas operavam no setor. No pós Guerra criou-se a estatal *Águas y Energía Eléctrica* (AYE) que investiu em geração e distribuição e as empresas privadas foram completamente estatizadas até o final da década de 1950.

No Brasil, a Eletrobrás, criada em 1964, nacionalizou as empresas privadas e procurou federalizar o setor que era bastante fragmentado até então, no que obteve sucesso parcial.

No México, há a criação da Nacional Financeira e da Comissão Federal de Eletricidade em 1934, cujos objetivos eram criar empresas estatais e financiar as empresas privadas.

## **6.2 A nacionalização do petróleo**

A história das grandes empresas petrolíferas não pode ser contada sem se considerar fortemente os interesses dos governos dos países exportadores e importadores de petróleo. As companhias, competindo por concessões para a exploração do petróleo no sudeste asiático, Oriente Médio, África e América Latina, estavam muitas vezes alicerçadas por seus governos nacionais, cuja postura era moldada por rivalidades diplomáticas, interesses econômicos e militares.

As políticas ativas implícitas ou explícitas dos governos influenciavam preços e quantidades de produção do petróleo e carvão, manobrando a distribuição de renda e o investimento entre os países. Os importadores ditavam o nível de preços, o refino e a produção; um jogo geopolítico no qual o significado da empresa internacional do petróleo extrapola o tradicional, pois representam interesses nacionais. A idéia de que possuir reservas estimula o

---

<sup>139</sup> Ibidem

desenvolvimento econômico muda para a concepção de que ser desenvolvido é dominar o setor petrolífero.

A Primeira Guerra Mundial pode ser vista como o ponto de inflexão da interferência estatal no setor petrolífero. A briga pelos campos de petróleo passou a ser entre Estados e não entre empresas. As propriedades alemãs foram divididas no após a Primeira Guerra Mundial; a Turkish Petroleum Company cedeu 25% do seu patrimônio ao governo francês e, em 1923, outra parte ao governo dos EUA. A relação Estado-empresa petrolífera estreitou-se, ou seja, intervenções monetárias, fiscais, diplomáticas e militares passaram a ocorrer cada vez com mais frequência no setor energético.

A história mais famosa da interferência econômica do Estado no setor energético do início do século ocorreu na Grã-Bretanha. O país se encontrava em situação geopolítico-energética delicada e Winston Churchill, então no comando do Almirantado britânico, decidiu trocar o carvão pelo Diesel na propulsão dos seus navios de guerra, tendo em vista o iminente gargalo da oferta energética. Não obstante as dificuldades técnicas da substituição nos motores, a ordem foi “tornar o Almirantado proprietário de jazidas e produtor do combustível necessário ao seu suprimento”.<sup>140</sup> Para tanto, o Estado britânico financiou intensivamente a empresa petrolífera Anglo Persian Oil Company.

Outro evento que evidencia o constante monitoramento do setor energético pelo Estado se deu em 24 de setembro de 1945, quando os governos estadunidense e britânico assinaram um acordo para a constituição de uma Comissão internacional, cujo objetivo era “definir os meios graças aos quais a oferta e a demanda poderão ser harmonizadas de forma a assegurar um funcionamento satisfatório e metódico do comércio internacional do petróleo”,<sup>141</sup> na mais clássica ação imperialista de preservação dos mercados conquistados pelas empresas anglo-americanas. Desta forma, as “Sete Irmãs”, até a década de 1950, conseguiram contratos vantajosos de concessão para a exploração nos países produtores (geralmente 50% do lucro bruto), dominando quase toda a reserva mundial, mais de três quartos da capacidade de refino e

---

<sup>140</sup> Yergin (1990).

<sup>141</sup> Hémerly (1986).

de comercialização e um terço da frota de petroleiros, que correspondiam a 90% do mercado global.

A partir da década de 1920, “a cooperação entre os Estados e as companhias petrolíferas não mais cessou de se reforçar” e, em alguns países, o governo passou a investir diretamente no setor, nacionalizando empresas internacionais ou começando do zero. Os países desenvolvidos reforçavam o poder de suas *majors*. Na América Latina, os movimentos de independência situam seus mais de 20 países, desde cedo, numa posição capaz de adotar políticas nacionalistas na exploração do petróleo. Argentina, Chile, Bolívia e outros reagiram às atividades das Sete Irmãs já na década de 1920 – estabelecendo controle estatal sobre o petróleo e algumas vezes sobre o refino e a distribuição. Diferentemente dos países europeus, os latinos americanos industrializaram-se tendo como base energética o petróleo e não o carvão.

Na Argentina, em 1910, Criou-se a *Dirección general de explotación del petróleo en Comodoro Rivadavia*. Nesta época a Standard Oil conseguiu direitos de exploração no país. Em 1927, *Yacimientos petrolíferos fiscales* (YPF) assume o monopólio sobre as descobertas futuras de campos petrolíferos.

No Chile, em 1913, a Standard Oil of New Jersey inicia a exploração no país. Em 1939, o petróleo passa a ser responsabilidade de *La corporación de fomento de la producción* (CROFO), uma corporação de desenvolvimento estatal preocupada principalmente com a exploração. Em 1950 a *Empresa nacional de petróleo* (ENAP) passa a deter o monopólio do petróleo.

O Urugay formou a ANCAP - *Administración nacional de combustibles, alcohol y portlanda* em 1931. Em 1938, o México expropriou todos os ativos das grandes empresas petrolíferas internacionais. No mesmo ano, o Brasil criou o conselho nacional do petróleo e decretou o produto bem de utilidade pública. Getúlio ganha a reeleição de 1950 com o slogan “O petróleo é nosso” e funda a Petrobrás. Em 1943, a Venezuela renegociou suas concessões.

“O período 1930-80 caracteriza-se pela formação ou nacionalização de empresas destinadas à produção de energia, tanto para atender o mercado interno como para a exportação (petróleo principalmente). Há a formação de vários institutos estatais de promoção à indústria (pública e privada), a consolidação de segmentos industriais químicos e metalúrgicos e a implementação de

políticas de substituição de importações sistemáticas e planejadas geralmente para o desenvolvimento da indústria pesada. No setor energético, observa-se a nacionalização das empresas estrangeiras ou a criação de estatais de eletricidade e petróleo como a PEMEX (1938), a ENDESA (1944), a YPF (1949), a ENAP (1950), a ECOPETROL (1951), a PETROBRÁS (1953), a ELETROBRÁS (1961), etc. A exceção é feita à Venezuela, que manteve o controle privado da exploração, produção e distribuição de petróleo e gás até 1983, quando foi estatizado<sup>142</sup>.

Os países em desenvolvimento tiveram, nestas décadas, fortes conflitos com as firmas internacionais do petróleo e, em todos os casos, o interesse era desenvolver a produção interna. Muitos têm no petróleo um item importante para suas divisas e alguns são autosuficientes. Porém, mesmo assim, todos precisam importar certa quantidade de óleo cru ou derivados. Houve conflitos políticos relacionados ao controle da produção e México, Brasil, Argentina, Chile, Síria, Indonésia, Índia, Ceilão, Paquistão, Bolívia e Turquia<sup>143</sup> são alguns dos países que insistiram no caráter nacional de suas reservas. A aversão à dominação externa estendeu-se também ao refino e distribuição. E o investimento do Estado no setor foi fundamental. O setor privado destes países não possuía maturidade financeira para enfrentar os riscos intrínsecos à exploração do óleo e a concorrência das *majors*. Mesmo os Estados, encontravam-se em posição débil para enfrentar competitivamente as firmas estrangeiras. Assim, foi quase inevitável que as primeiras ações tivessem utilizado o conhecimento adquirido destas empresas e criado *joint ventures* para desenvolver a produção doméstica e defender seus interesses.<sup>144</sup>

### 6.3 Keynes e Kalecki e o contexto teórico da intervenção do Estado na economia

“A economia clássica dominou o pensamento econômico inglês durante um século e meio antes de *The general theory*. Seria difícil exagerar o poderoso domínio que ela exerceu sobre o pensamento convencional da época em que Keynes escrevia. De forma a ouvir o que os outros pensavam de suas novas proposições, ele precisou desafiar as premissas básicas dessa economia. “Se os hereges do outro lado do golfo pretendem derrubar as forças da ortodoxia do século XX” escreveu Keynes no *The new republic*, por volta de um ano antes da publicação de *The general*

---

<sup>142</sup> Guerra, S. M. & Macedo, G. C. Planejamento energético e doutrina econômica na América Latina no século XX, X CBE 2004, Rio de Janeiro/RJ, anais do evento, v. 03, p. 1287 - 1294.

<sup>143</sup> Na Índia, em 1954, o governo concordou em não nacionalizar refinarias por trinta anos e não regulamentar o setor de produção, mas em 1958 houve a construção da estatal Indian Refineries LTD e 1959 da Oil Company para a exploração e produção. No Ceilão, o petróleo estava todo nas mãos das firmas multinacionais (Caltex, Standard e Shell), até 1961, quando a Ceylon Petroleum Corporation apropriou-se de algumas empresas privadas. No Paquistão, houve assistência Russa na exploração. Em 1962 o refino era 40% estatal e o restante da Esso, Shell, Caltex e Burnah Oil. Em 1970, 70% do refino estatal e o papel das Sete Irmãs fortemente controlado.

<sup>144</sup> Rosa (1998).

theory, “devem ataca-la em sua própria cidadela... Fui criado na cidadela e conheço sua força e poder”<sup>145</sup>

A teoria neoclássica, discutida no capítulo anterior, já não explicava a realidade a contento desde as últimas décadas do século XIX, principalmente no que se refere aos fenômenos da concentração industrial e desigualdade social. O ciclo recessivo mundial imposto pela crise da bolsa de valores de Nova York ocorrido em 1929 virá a sepultar a crença de que a economia se autoregula. Os Estados de todo o mundo, a partir desta data, passam a intervir diretamente, como investidores em diversos setores da economia, ou indiretamente, como agentes reguladores do setor privado.

Do lado da teoria, dois autores, Michal Kalecki (1899-1970) de formação marxista e John Maynard Keynes (1883-1946) de formação neoclássica, quase simultaneamente, desenvolvem teorias sobre a necessidade da intervenção do Estado na economia no início da década de 1930. Criticam a visão neoclássica da capacidade de autocorreção do mercado, aprofundando o debate sobre o comportamento de preços e salários e sobre como promover o crescimento da demanda efetiva.<sup>146</sup>

Todavia, a superação de um paradigma por outro envolve bem mais do que a explicação da realidade. Também fazem parte deste processo fatores pouco tangíveis como retórica, estilo, *status* do cientista entre os pares, força revolucionária dos jovens, capacidade de persuasão, etc.

“O poder de convencimento de The general theory não se devia simplesmente ao fato de que apontava para a impotência da teoria clássica em explicar a catástrofe econômica da década de 30. A falha entre a teoria e a realidade era um fato conhecido de todos e constitui um truismo, muitas vezes repetido pelos economistas, de que não se pode derrubar uma teoria com um fato apenas. Um acontecimento histórico como a grande depressão poderia representar somente uma fuga

---

<sup>145</sup> Biven, W. Carl *Quem matou John Maynard Keynes?*, São Paulo: McGraw-Hill, 1990; título original: “Who killed John Maynard Keynes?”, 1989, 33p.

<sup>146</sup> Entende-se por demanda efetiva o somatório das demandas individuais das pessoas de um país, de uma região ou do mundo. A idéia de que os governos devem sustentar ou promover a demanda efetiva contrapõe a visão do francês Jean Baptiste Say que afirmava que toda e qualquer produção de qualquer setor industrial **cria** a sua própria demanda. A crise de oferta decorrente da quebra da bolsa de 1929 mostrou que isso não era verdade. A produção não encontrava consumidores, fábricas e industriais foram a falência em poucas semanas e o mercado mostrou que poderia conviver indefinidamente com altas taxas de desemprego.

temporária da normalidade a ser pouco convincente como refutação ao pensamento tradicional. Apenas pode-se derrubar uma teoria com outra teoria”.<sup>147</sup>

Experiências com gastos públicos haviam sido testadas em algumas ocasiões antes da publicação de *The general theory*: planos de obras públicas foram iniciadas por alguns Estados antes da I Guerra Mundial na Europa e na América. O presidente estadunidense Herbert Hoover propôs o agrupamento dos projetos de obras públicas necessárias nos períodos de diminuição da atividade econômica e perdeu a reeleição de 1932 sendo acusado de irresponsabilidade fiscal e de ter promovido déficits orçamentários perigosos. Os suecos experimentaram, no começo da década de 1930, a idéia de balancear o orçamento durante os ciclos dos negócios, com déficits em tempo de depressão e compensando os superávits em tempos de prosperidade. Os planos de obras públicas do *New Deal* de Roosevelt também precederam *The general theory* e nos países da América Latina, onde a herança colonial ainda era muito presente, o Estado funcionava como financiador sistemático das culturas exportadoras e, às vezes, como responsável direto da construção das infraestruturas para o escoamento desta produção.

Mas foi a década de 1930 e a solidificação da teoria proposta pelo Inglês John Maynard Keynes que propagaram uma onda de intervencionismo estatal que durou da década de 1930 a de 1970 e cujo ápice foi o Plano Marshall de reconstrução da Europa no pós- Segunda Guerra.<sup>148</sup> O livro *The general theory of employment, interest and money* de Keynes foi publicado em Londres em 1936, alguns anos depois do jovem economista polaco Michal Kalecki ter também publicado uma teoria do emprego e do ciclo econômico entre 1933 e 1935.

Kalecki cresceu influenciado pela teoria marxista e pelas teorias de subconsumo de Rosa Luxemburgo. Teve mais facilidade em escapar do paradigma neoclássico-marginalista baseado no equilíbrio automático entre oferta e demanda. O esquema de relações entre renda, consumo, poupança e investimento que o autor propõe oferece uma teoria do nível de renda e emprego

---

<sup>147</sup> Ibidem, 33p.

<sup>148</sup> No Brasil, os governos de Getúlio Vargas foram keynesianos em vários aspectos. A nacionalização do petróleo e a criação da Petrobrás são exemplos na área da energia. Mas foi a década de 1970 que viu a força do keynesianismo aplicada à prática. Novamente, um evento na esfera da energia modificou as relações de força mundiais. A formação do Cartel da OPEP redistribuiu a renda dos ganhos com o petróleo e a abundância dos chamados petrodólares atraiu o Estado brasileiro e outros da América Latina, carentes de poupança para investimentos em infraestrutura.

similar a de Keynes ao considerar o pleno emprego a exceção à regra e o gasto autônomo (em particular as decisões de investimento) como a pedra de toque do sistema econômico.<sup>149</sup>

Seu trabalho pode ser separado em três grupos: estudos sobre as economias capitalistas desenvolvidas, as subdesenvolvidas e as socialistas. Sua grande contribuição foi a formulação e o aprofundamento do princípio da demanda efetiva. A crise de 1929 reconhecia a importância da demanda efetiva, negando a “lei de Say”, na qual toda a produção seria absorvida pelo mercado consumidor. Apesar da crise, a maioria dos economistas ainda baseava suas análises na lei de Say. Uns poucos economistas europeus começaram a colocar em evidência a relação entre poupança e investimento no início da década de 1930, como R. Frisch, B. Ohlin e Gunnar Myrdal. Kalecki publicou três estudos em polonês: “Esboço de uma teoria do ciclo econômico” (1933), “Comércio internacional e exportações internas” (1933) e “O mecanismo da recuperação econômica” (1935). Estes estudos foram a primeira formulação sistemática do papel da demanda efetiva no processo de reprodução capitalista, com forte influência de Marx, Tugan-Baranovski e Rosa Luxemburgo.<sup>150</sup>

Mas apesar da reconhecida importância que o economista Kalecki tem hoje na história do pensamento econômico, foi Keynes quem rompeu com o paradigma neoclássico, graças à sua retórica e à sua influência política e social dentro do *mainstream* acadêmico e governamental.

*The general theory* nasce com ingredientes de uma obra clássica: escrito por uma

“personalidade importante, intuitiva, controversa e intelectualmente brilhante. Seu sistema de análise criava um paradigma consistente e adequado ao combate a um dos mais angustiantes problemas de então: a recessão e o desemprego; seu tom polêmico e heterodoxo despertou

---

<sup>149</sup> Contudo as diferenças são grandes. A incerteza e as expectativas são ausentes em Kalecki, assim como uma teoria dos mercados financeiros. Quando propõe o “princípio do risco crescente” sobre as possíveis limitações de crédito para o financiamento dos investimentos tem em mente a tendência oligopolista da economia capitalista. Em particular, as teorias de mercados concorrenciais e oligopolistas Kalecki foram bastante importantes principalmente para o entendimento dos mecanismos de distribuição de renda. Os principais contributos são relativos a economias planificadas e mistas.

<sup>150</sup> Kalecki, Michal *Teoria da dinâmica econômica*, São Paulo: Editor Victor Civita, 1983; título original: “Theory of Economics Dynamics – an essay on cyclical and long-run changes in capitalist economy”, London, 1954, prefácio de Jorge Miglioli.

entusiasmo num importante grupo de jovens economistas, os quais carregaram sua bandeira (os instrumentos de análise de Keynes), espalharam a “nova sabedoria” (...)”<sup>151</sup>

Como informa o próprio Keynes no prefácio de *The general theory*, seu trabalho não é uma ruptura para com a teoria marginalista tradicional.<sup>152</sup> Trata-se de uma evolução natural e não mudança de opinião.

Na verdade, há uma mudança da estrutura analítica no terceiro capítulo dedicado ao conceito de demanda efetiva. Definida por Keynes como sendo o encontro de duas curvas, a função de oferta agregada e a de demanda agregada, são conceitualmente diferentes das tradicionais curvas de oferta e demanda clássica e neoclássica. Não relacionam somente preço e quantidade, mas também o número de trabalhadores empregados com a expectativa dos empreendedores sobre os custos futuros de produção.

A demanda efetiva seria constituída por consumo e investimento. O consumo aumentaria mais lentamente que a renda e, portanto, que o nível de emprego. O investimento depende da expectativa dos empreendedores sobre o andamento de longo prazo da economia e pode ser considerado como dado no curto prazo. Assim, o ponto de demanda efetiva nos diz qual é o nível e emprego e o nível de produção que os empreendedores escolhem, dadas as suas expectativas de curto prazo.

O consumo e o investimento seguem lógicas diversas. O consumo depende essencialmente da renda. O investimento depende das expectativas dos empreendedores e são exógenos ao ciclo econômico de oferta e demanda. Desta forma, seria o investimento a determinar o nível de renda.

Keynes imagina a economia como um fluxo circular. A renda de equilíbrio gera uma poupança (desconsiderando as taxas, o gasto público e as relações com o exterior) correspondente ao montante de investimentos. Assim, o investimento depende das expectativas dos

---

<sup>151</sup> Adroaldo Moura da Silva na introdução de Keynes, John Maynard *A teoria geral do emprego, do juro e da moeda*. São Paulo: Editor Victor Civita, 1983; título original: “The general theory of employment, interest and money”, London, 1936.

<sup>152</sup> No seu *A Treatise on Money* (1930), Keynes retoma a hipótese neoclássica da neutralidade da moeda, isto é, aumentos na quantidade de moeda em circulação refletem somente nos preços e não na parte real da economia (emprego, produção e renda).

empreendedores e da propensão marginal a poupar. O multiplicador (um dos pilares da sua teoria) é uma fórmula aplicada na obtenção da renda de equilíbrio, considerando-se investimento e poupança.

Outro ponto importante na sua teoria é o mercado monetário ou financeiro, indicado pela taxa de juros. Este influenciaria o investimento através do custo do financiamento. A demanda por moeda é função inversa da taxa de juros. Para Keynes, as expectativas de caráter especulativo sobre títulos determinam o nível de poupança e a taxa de juros. As taxas de juros, junto com as expectativas de longo prazo determinam o investimento que, através do mecanismo do multiplicador determina a renda e o emprego. Na verdade, esta é uma visão simplificada pois esquematiza hierárquica e linearmente o que na verdade para Keynes é um equilíbrio econômico geral, no qual cada variável depende de todas as outras e de todos os parâmetros do sistema.

Não faltaram críticas a sua obra, principalmente da escola austríaca e marginalista, mas também dos discípulos de Keynes em Cambridge (Joan e Austin Robinson, Richard Kahn, Piero Sraffa e outros). “De imediato, estabeleceu-se uma ampla controvérsia entre Keynes e seus discípulos de um lado, e Pigou, Hayek, Hawtrey e outros, de outro.”<sup>153</sup> Nos EUA, Samuelson expressou-se da seguinte forma:

“para o estudante moderno, é totalmente impossível entender o pleno efeito do que foi convenientemente chamado ‘A revolução keynesiana’; sobre aqueles que, como nós, foram educados dentro da tradição ortodoxa. O que para os novatos de hoje é visto com frequência como trivial e óbvio, era para nós então enigmático, novo e herético (...) The General Theory atingiu a maioria dos economistas em idade abaixo dos trinta e cinco anos e fê-lo com a inesperada virulência de uma doença que pela primeira vez ataca e dizima uma tribo isolada dos mares do sul.”<sup>154</sup>

A mensagem mais óbvia e geral do livro é que o sistema capitalista tem um caráter intrinsecamente instável. Isto é, a idéia de que a economia se autoregula como decorrência do comportamento egoístico dos agentes seria falsa. O comportamento racional dos agentes econômicos (consumidores, produtores e assalariados) pode não gerar o bem estar global, mas

---

<sup>153</sup> Labini (1995).

<sup>154</sup> Adroaldo Moura da Silva na introdução de Keynes, John Maynard *A teoria geral do emprego, do juro e da moeda*. São Paulo: Editor Victor Civita, 1983; título original: “The general theory of employment, interest and money”, London, 1936.

crises, a despeito dos mecanismos automáticos dos mercados livres ou desregulados. “Nisto se aproxima de Marx; deste, no entanto, se afasta radicalmente quanto ao método de análise e quanto ao futuro do sistema capitalista”.<sup>155</sup>

Keynes procura explicar porque as decisões empresariais de investimento podem ser postergadas, provocando crises. A instabilidade das decisões de investimento, a grande contribuição de Keynes à teoria econômica, depende das expectativas futuras do empreendedor acerca do preço dos insumos e do bem final e do salário. O empreendedor estima, então, a taxa de retorno do seu capital e compara com as taxas de retorno das aplicações financeiras. Se for maior então ele investe.

Como reagir a essas crises ou desequilíbrios gerados pela postergação das decisões de investimento? Primeiro, estes desequilíbrios ocorreriam por sua queda na eficiência marginal do capital, decorrentes, por exemplo, da expectativa de escassez aguda de uma matéria-prima básica como o petróleo. Essa expectativa gera a preferência pela liquidez e a queda da demanda efetiva. Como evitar esta acumulação improdutiva e estimular a demanda efetiva?<sup>156</sup> Com a ação ativa do estado na economia como investidor. Só assim o sistema econômico capitalista funcionaria sem desemprego e ociosidade do equipamento instalado, estimulando a demanda efetiva em momentos de recessão e desemprego. E o financiamento? Através da emissão de títulos públicos ou promovendo déficit orçamentário. É importante ressaltar que a idéia implícita é a de que a poupança não é vista da mesma forma que os clássicos e neoclássicos. Para Keynes, o problema é exatamente o excesso de poupança num momento de preferência pela liquidez. As crises seriam causadas pelo excesso e não pela carência de poupança. A austeridade fiscal (pregada pelos neoclássicos) poderia e deveria ser desrespeitada, pois o déficit fiscal (do lado do aumento das despesas) é um instrumento imprescindível para evitar ciclos recessivos.

Outro ponto importante é a aceção de que o desemprego não é voluntário ou temporário (neste caso causado por mudanças tecnológicas, intervenção dos sindicatos ou governos que

---

<sup>155</sup> Labini (1995).

<sup>156</sup> Ibidem

desrespeitem as forças automáticas do mercado). O desemprego, para Keynes, depende do nível da demanda efetiva, que é, ela também, numa relação dialética, determinada pelo nível salarial.

Keynes ensinou que a ação do estado, através dos gastos públicos em investimento, é imprescindível para a manutenção do equilíbrio do sistema econômico.

Na estrutura teórica neoclássica, a autocorreção da economia pressupõe preços flexíveis. E a novidade na teoria de Keynes é assumir os preços como rígidos, ou seja, quedas na demanda não fazem os preços caírem, pois os compromissos financeiros, os acordos com fornecedores e empregados engessam a flexibilidade dos preços. O ajuste automático não funcionara e a economia poderia operar fora do nível do pleno emprego indefinidamente.

Além disso, mesmo assumindo a hipótese irrealista de preços flexíveis, o retorno ao pleno emprego depende das expectativas de longo prazo dos empreendedores/investidores e governo pode afetar positivamente expectativas de investimento, participando ativamente no mercado de bens e serviços ou aumentando o estoque de moeda no mercado monetário.

Dentre essas duas opções, a política fiscal e a monetária, Keynes priorizava a primeira. Esta era uma idéia radical para a época em que finanças públicas equilibradas eram um dogma. Para Keynes, o orçamento governamental é uma ferramenta de gestão da economia; os déficits devem ser usados em momentos de depressão para reduzir o desemprego; os superávits, em épocas de prosperidade quando houver risco de pressões inflacionárias. Como se vê, a moderna macroeconomia tem início com o *The general theory* e evoluiu com o cálculo do produto nacional bruto e outros avanços no detalhamento da contabilidade nacional.<sup>157</sup>

Quanto ao futuro do sistema capitalista, o livro é otimista. Ao contrário da teoria marxista, Keynes achava que o sistema capitalista sobreviveria às repetidas calamidades (crises) econômicas.

---

<sup>157</sup> A econometria começa a ser possível com a disponibilidade destes dados estatísticos e a validade das teorias econômicas passaram a ser testadas a partir dos anos de 1940 nos Estados Unidos, com base nestes dados.

#### 6.4 A crise do petróleo: fim do combustível e do keynesianismo?

“Quando eu era ainda jovem profissional, eu visitei vocês pela primeira vez em 1963 e um grande debate opunha defensores e adversários da estatização da Rio Light e da São Paulo Light. A principal crítica feita contra as duas filiais da multinacional canadense era de não investir o suficiente para atender o crescimento da demanda de eletricidade, estimulada pela urbanização e industrialização particularmente após o ambicioso “Programa de Metas” de Juscelino Kubitschek<sup>158</sup>. Nada estranhei de um tal debate, pois eu chegava de um país onde, alguns anos antes, as indústrias de carvão, gás e eletricidade haviam sido estatizadas, por razões similares, e depois integradas à companhia de petróleo nacional, num quadro institucional perfeitamente controlado pelas autoridades públicas. Atrás desta mudança de estatuto, percebia-se uma desconfiança profunda em relação ao mercado e à empresa privada para assegurar o abastecimento energético indispensável ao crescimento econômico. Achava-se que a exigência de uma rentabilidade alta e rápida dos capitais, era antagonista à exigência de investimentos pesados, freqüentemente indivisíveis e de longo prazo. Parafraseando o julgamento de Georges Clemenceau sobre os militares, no fim da primeira guerra mundial, numerosos responsáveis econômicos pensavam que “o abastecimento energético é uma coisa demais séria para ser confiado a empresários privados”.<sup>159</sup>

Quarenta anos mais tarde da publicação de *The General Theory*, durante os quais os países capitalistas e comunistas do mundo nacionalizaram sua produção de energia elétrica e de petróleo, o quadro começou a mudar e a confiança no setor privado tomou forma com as privatizações das décadas de 1980 e 1990.

Na América Latina, como em todos os países europeus, ocorreu a liberalização das instituições econômicas, a abertura dos mercados à concorrência, a privatização das empresas públicas e o desligamento financeiro do Governo.

A maior parte dos argumentos contra o mercado e as empresas privadas estão agora invertidos: sua estrutura é mais adequada que a função pública para ouvir os consumidores e detectar as linhas de atividades energéticas mais promissoras para o futuro; outras características como empreguismo e corporativismo, incapacidade de exercer controle financeiro, clientelismo e falta de vigor financeiro surgiram com o crescimento da máquina estatal; somente o setor privado acredita-se agora ser capaz de amearhar os vultuosos capitais exigidos pelos investimentos e pela

---

<sup>158</sup> Martin Jean-Marie. *Industrialisation et développement énergétique du Brésil*. Paris: Institut des Hautes Etudes de l'Amérique Latine, 1966, 376 p.

<sup>159</sup> Martin Jean-Marie *Num contexto de abastecimento energético globalizado, os Estados Nacionais ainda têm uma missão?* Aula inaugural, UNICAMP, Campinas, 2004.

inovação tecnológica; possui flexibilidade frente às contínuas mudanças da conjuntura internacional. A palavra de ordem é:

“deixemos agir o mercado, ele entende melhor os nossos negócios que o Governo: sem restrições, o mercado assegura que empresas privadas sempre serão capazes de mobilizar a poupança mundial, dos Fundos de pensão dos Estados Unidos aos superávits comerciais da China, para realizar os investimentos necessários.”<sup>160</sup>

Mas afinal, o que levou o mundo a esta reviravolta de cento oitenta graus? Estávamos, há 40 anos atrás, cegos pela ideologia estatizante e hoje pelo seu inverso?<sup>161</sup> Que tipo de mudanças tão profundas (econômicas e técnicas) ocorreram? E mais, de que forma deve ser tratada a indústria da produção de energia, que era considerada um setor de monopólio natural, nesta nova onda de mudança de paradigma econômico?

Para entender estas questões devemos voltar à década de 1960 e à transição do paradigma econômico keynesiano para o novo clássico.<sup>162</sup>

Em novembro de 1958, o neozelandês A.W. Phillips publicou o seu famoso artigo *The relation between unemployment and the rate of the change of money wage rates in the United Kingdom, 1861-1957*, na revista *Econometrica*, insinuando que pleno emprego e estabilidade de preços eram inversamente proporcionais. Esta teoria foi rápida e amplamente aceita por economistas como Samuelson e Solow. O nível de inflação considerado adequado era 4% a.a.; o de desemprego 5% da força de trabalho. O governo Kennedy optou pela política de redução de impostos para os consumidores e para o comércio em 1962. O resultado foi um sucesso. A meta de desemprego foi alcançada em meados da década de 1960 e a de inflação foi até superada. Outros países europeus, asiáticos e latino americanos seguiram a mesma estratégia de administração da demanda apelidada de “sintonia fina”. O keynesianismo estava no auge.<sup>163</sup>

---

<sup>160</sup> Ibidem

<sup>161</sup> Ibidem

<sup>162</sup> Mais adiante, ver-se-á os pressupostos deste novo paradigma em detalhes. Por ora, basta dizer que a alcunha pela qual ficou conhecido – paradigma neoliberal – não é adequada. Apesar de o termo *liberal* estar associado à liberdade de mercado, desconsidera diferenças importantes dentre as escolas que privilegiam este dogma.

<sup>163</sup> Biven (1989).

Nesta mesma época, o poder das Sete Irmãs passou a ser contestado com a emergência de empresas privadas independentes estadunidenses e estatais européias, latino americanas e asiáticas. Como consequência, o preço do petróleo no mercado internacional caiu desestabilizando a relação entre as Sete Irmãs e entre os Estados produtores e consumidores. Após uma decisão unilateral da Standard Oil de repassar as perdas decorrentes das quedas sucessivas de preço para os países produtores, a OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo)<sup>164</sup> trouxe uma nova configuração da divisão da renda energética mundial (ao quadruplicar o preço do petróleo no mercado mundial) e um período de stagflação<sup>165</sup> para as economias avançadas causadas pelos denominados ‘primeiro e segundo choques do petróleo’, ocorridos respectivamente em 1973 e 1978.<sup>166</sup> Para os países latino americanos, a abundância dos chamados ‘petrodólares’ abriu a possibilidade de financiamento do Estado. A opção por medidas ortodoxas de ajuste e controle inflacionário foram descartadas, em prol de planos desenvolvimentistas bancados pelos Estados. Investimentos em infraestrutura energética, de transportes e em outros setores da economia foram levados a cabo durante a década de 1970, no melhor estilo keynesiano.

As crises do petróleo aumentaram os custos operacionais das companhias elétricas que utilizavam o óleo durante a década de 1970 e, na década seguinte, a elevação das taxas de juros internacionais desestimulou investimentos de longo prazo e elevou os custos das plantas já em construção. Ainda, o risco de acidentes nucleares e a inoperância com o lixo radioativo dificultaram a alternativa nuclear para a geração de eletricidade.

Os custos ambientais das geradoras hidrelétricas (inundações de áreas para reservatórios) e termelétricas (emissão de poluentes) fizeram aumentar o preço de oferta da energia elétrica, nos países com legislação ambiental, incentivaram o desenvolvimento de tecnologias poupadoras de

---

<sup>164</sup> O acordo de produção e preços pela OPEP durou oficialmente até 09 de dezembro de 1985, quando em Genebra, os países membros, forçados pela baixa do preço do barril, abandonam a política de controle de preços unificada.

<sup>165</sup> A stagflação é o fenômeno econômico onde se observa a ocorrência de inflação e estagnação do crescimento.

<sup>166</sup> Antes do primeiro choque do petróleo, as ‘Sete Irmãs’ possuíam 61% dos direitos de exploração dos campos petrolíferos mundiais. Em 1980, esta proporção havia caído para 38%. Inversamente, os países produtores aumentaram sua participação nos direitos à exploração de 6% para 47%.

energia e a retomada da co-geração e deslocaram as indústrias eletrointensivas para países em desenvolvimento sem legislação ambiental e com oferta abundante de energia elétrica.

Pelo lado da demanda, nos países desenvolvidos, assistiu-se a uma queda no crescimento do consumo de energia elétrica, devido ao desenvolvimento de setores industriais pouco intensivos em energia, como a informática e a microeletrônica, à queda nas taxas de natalidade e ao desenvolvimento de máquinas energeticamente mais eficientes. Isto posto, resta dizer que se gerou capacidade ociosa, traduzida em aumento de preços ao consumidor, já que o planejamento do crescimento da demanda por eletricidade foi superdimensionado ao desconsiderar os fatores acima descritos.

Mas, como vimos, a geração de eletricidade foi concentrada nas mãos de poucas empresas; um setor caracterizado por ser, em economês, um monopólio natural. Por isso mesmo, o Estado foi quem investiu, legislou e administrou este setor na grande maioria dos países do mundo até a década de 1970, quando os movimentos desestatizantes impuseram a pauta da privatização e desregulamentação do setor.

Mas a pauta desestatizante respaldava-se em um novo paradigma econômico que surgia com força nos EUA, em Chicago. Estes economistas, a partir da década de 1970, começaram a construir uma macroeconomia alicerçada na microeconomia. E a Universidade de Chicago, nos EUA, que já possuía uma longa tradição na defesa da organização e eficiência da economia de mercado e contra as interferências do governo na economia, aparece para contrapor o paradigma keynesiano. Os monetaristas, da teoria quantitativa da moeda, Frank Knight, Milton Friedman e Robert Lucas são desta escola.

Para os keynesianos, a política monetária subordina-se à política fiscal, o contrário da perspectiva proposta por Friedman. Em artigos e livros da década de 1960, reafirma a importância da moeda na economia. O aumento regular na oferta de moeda deve acompanhar o crescimento da produção de longo prazo, e não o contrário. Se o aumento da oferta de moeda é maior que a produção, haverá inflação e redistribuição injusta de renda. Todavia, não fossem acontecimentos da oferta de energia, a discussão poderia ter permanecido restrita aos meios

acadêmicos e jornais econômicos especializados por décadas a fio. É certo que as guerras da Coreia e do Vietnã deram início ao processo inflacionário das décadas de 1960 e 70 nos EUA, mas as crises do petróleo espalharam o fenômeno da stagflação por todo o mundo.

Os keynesianos viam a política monetária como uma ferramenta ineficaz para estimular os investimentos, pois a velocidade da moeda é instável e o reflexo de políticas monetárias expansionistas sobre o PIB e o emprego, imprevisível. Os monetaristas afirmam que a política fiscal tem pouco efeito sobre o crescimento do PIB e que a velocidade da circulação da moeda estável. Além disso, a economia se autocorrigiria se o governo preservasse a idoneidade da moeda. A curva de Phillips também foi contestada por Friedman e Phelps.

O crescimento da inflação mundial na década de 1970 foi explicado diferentemente por keynesianos e monetaristas. Para os primeiros a crise na oferta do petróleo era o principal fator explicativo. Para os monetaristas, a indisciplina monetária alimentava a inflação que, apesar de ser causada inicialmente pela crise do petróleo, deveria ser controlada por políticas monetárias restritivas devido ao seu caráter inercial.

Pois bem, então a elevação dos preços do petróleo em consequência da formação do cartel da OPEP não foi acompanhada pelo aumento do emprego, como pregava a curva de Phillips: o tal fenômeno da stagflação. E qual a explicação dos economistas para isto? Para eles, o emprego não aumentou, pois não houve investimentos. E os investimentos, por sua vez, não ocorreram, pois as expectativas de longo prazo dos empreendedores eram pessimistas ou incertas, como explica a teoria keynesiana.

Todavia, os testes econométricos realizados por Friedman e outros<sup>167</sup>, indicavam a baixa efetividade da política fiscal em incentivar os investimentos privados. O mundo já não era mais o mesmo da década de 1930 de Keynes. Mas o que mudou desde então?

---

<sup>167</sup> Friedman, M. *The relative stability of monetary velocity and the investment multiplier*, Stabilization Policies, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, pp. 161-268, 1963.

Primeiro, o setor privado crescera proporcionalmente ao setor estatal, fazendo com que gastos públicos tivessem efeito restrito na expansão da demanda agregada. Segundo, a difusão da energia elétrica permitiu avanços inimagináveis na informação e comunicação. O rádio, o telefone, a imprensa escrita e o conhecimento das contas nacionais diminuíram a assimetria de informações dos tomadores de decisão privados acerca das ações políticas e econômicas do Estado, antecipando os riscos relacionados ao aumento dos déficits públicos. As expectativas dos consumidores e dos empreendedores baseavam-se, agora, em informações mais precisas sobre o curto e o longo prazos. A emissão de títulos públicos é limitada pela capacidade de solvência do Estado; a redução dos impostos diminui a capacidade do Estado em arcar com os déficits na balança comercial decorrentes dos aumentos dos gastos com a importação do petróleo.

Havia a necessidade de uma nova explicação econômica da realidade. Assim, em 1960, John Muth escreveu um artigo propondo as expectativas racionais do comportamento dos agentes, dando início a uma nova escola de pensamento econômico, que veio a ser chamada de a nova economia clássica.<sup>168</sup>

A idéia básica desta escola é que os agentes deixam-se enganar pelo governo por períodos curtos de tempo, refazendo suas expectativas e antecipando novas políticas discricionárias. As decisões de consumo e investimento dos agentes consideram toda a informação passada e futura disponível, e as decisões de investimento passam a exigir políticas econômicas claras e estáveis, ou seja, ortodoxas.

Aplicando as expectativas racionais ao tema da inflação e do desemprego, tem-se que para se calcular os índices futuros deve-se considerar os índices passados. As conseqüências destes resultados para a política econômica são muito grandes. Implica dizer que as políticas keynesianas de estímulo à demanda efetiva têm efeito fugaz, pois no período subsequente os agentes antecipam-nas, neutralizando-as. Assim, o melhor a fazer seria não interferir na economia, deixando-a se autocorriger. Eis o porquê do nome aparentemente dissonante: nova economia clássica.

---

<sup>168</sup> Muth, John *Rational expectation and the theory of prices movements*, *Econometrica*, pp. 315-335, julho de 1960.

Após a década de 80, quando os Estados tiveram grandes déficits, ninguém mais imagina que o Estado possa intervir maciçamente na economia. Por outro lado, a política fiscal, através da redução dos impostos, é assumida como uma política econômica adequada para incentivar o investimento privado (mesmo entre os economistas clássicos). Mesmo os novo clássicos mais radicais, admitem que em períodos de contração econômica, o governo deve permitir-se déficits orçamentários, ou seja, não deve aumentar os impostos com vistas a equilibrar as receitas. Também aceita-se que aumentos no gastos do governo ou nos impostos afetam a economia, mas o alcance deste instrumento fiscal é discutível. O controle monetário parece ser o consenso atual, enquanto ferramenta de intervenção econômica. Esta é a grande mudança de paradigma. A ferramenta monetária passa a ser reconhecida como o mais importante instrumento à disposição do governo para intervenções na economia. Todavia, a velocidade da moeda tem se comportado de maneira menos previsível recentemente, graças à introdução do dinheiro eletrônico, reavivando as preocupações keynesianas. Disto resulta que seria imprudente confiar somente no estoque de moeda como único alvo de controle. A expansão automática da oferta de moeda, quase uma utopia, e as políticas monetaristas são vistas com mais moderação.

No que se refere à energia, de um modo geral,

“as reformas em curso no setor elétrico dos países centrais, em sua grande maioria, têm mantido a propriedade estatal sobre a indústria, embora com uma tendência geral para a introdução de níveis de concorrência na geração de eletricidade (autoprodução, co-geração, produção independente) e garantia de acesso à malha básica de transmissão de energia elétrica”.<sup>169</sup>

A empresa de energia, como um todo, enfrentou um mundo em transformação (mudanças tecnológicas, econômicas, políticas, sociais, ambientais e empresariais) e teve de adaptar-se, enxergar oportunidades onde estavam os problemas e modificar sua estrutura organizacional. Podemos enumerar as mudanças ocorridas no mundo como segue:

1. Nacionalização das empresas mundiais produtoras de petróleo ou cancelamento das concessões por parte dos países produtores, a parte mais rentável do negócio.

---

<sup>169</sup> Rosa (1998).

2. Processo stagflacionário nos EUA e Europa, causado pela elevação dos preços do petróleo pela OPEP.

3. A sobreposição do paradigma keynesiano pelo novo clássico, em um contexto de desarticulação financeira e gerencial do Estado para garantir eficazmente a oferta de energia. O setor energético foi desestatizado ou desverticalizado e regulamentações e agências governamentais criadas.

4. A tomada de consciência ambiental dos anos 60, que se traduziu em restrições legislativas (a primeira delas o *Clean Air Act* de 1970 nos EUA) e novas Agências reguladoras que acabaram por elevar o preço da energia aos consumidores finais<sup>170</sup> ou a impedir o avanço de novas tecnologias como a nuclear<sup>171</sup>.

5. Redução abrupta das taxas de crescimento da demanda de energia em numerosos países. “Acostumadas, desde os anos cinquenta, a progressões anuais inclusas entre 5% (petróleo e gás) e 7-8% (eletricidade), as empresas tiveram de repente que” conviver com importantes percentuais de capacidade ociosa de produção, “revisar seus programas de investimentos e procurar formas de organização mais flexíveis”.<sup>172</sup>

6. Revolução técnica e científica nas áreas de “materiais (cerâmicas, polímeros, compósitos), da microeletrônica, da *fotonica* (fibras óticas, *óptica-eletrônica*, lasers, fotovoltaica), da engenharia dos micro-sistemas dos softwares e da simulação, ou das biotecnologias”<sup>173</sup> que foram utilizadas na prospecção de hidrocarbonetos, na racionalização do uso da energia, na construção de turbinas a gás em ciclos combinados e na geração de eletricidade solar<sup>174</sup>.

7. Liberalização internacional do capital financeiro, abrindo a oportunidade de expansão internacional da indústria de energia para a produção e distribuição, nos moldes do início do século XX.

---

<sup>170</sup> Freeman, S. David. *Energy, the new era*. New York: Vintage Books, 1974, 386 p.

<sup>171</sup> Bupp, Irvin C., Derian, Jean-Claude *Light Water. How the nuclear dream dissolved*. New York: Basic Books, 1978, 240 p.

<sup>172</sup> Martin (2004).

<sup>173</sup> *Ibidem*

<sup>174</sup> Bougeois, Bernard, Finon, Dominique; Martin, Jean-Marie *Energie et changement technologique. Une approche évolutionniste*. Paris: Economica, 2000, 490 p.

8. Abertura econômica e política dos países ex-comunistas<sup>175</sup>. Novos mercados consumidores potenciais como a China acirram a concorrência internacional e, ao mesmo tempo, fazem aumentar o preço do petróleo e riscos de desastres ambientais globais.

Frente a estas mudanças, as bandeiras da descentralização e da privatização do setor são a bola da vez. O conceito de monopólio natural é questionado e novos arcabouços institucionais estão a ser propostos de modo a estimular a concorrência das empresas privadas no setor. Os resultados esperados são a oferta de bens e serviços mais variados e maior competição interprodutos e de desenvolvimento de tecnologias. Ao Estado caberia o desverticalização, a quebra do monopólio, a abertura ao capital estrangeiro e as atividades regulatórias de conduta, deixando ao setor privado a alocação dos recursos eficiente.

Estas idéias estão em perfeita sintonia com o ideário novo clássico, para quem o Estado deve a ser o defensor das instituições políticas, jurídicas e econômicas apenas. Deve abster-se do papel de investidor direto e restringir-se a conceder, monitorar e legislar a favor de práticas empresarias privadas que privilegiem consumidor através de preços menores e qualidade maior.

Algumas críticas já são feitas à cega observância do paradigma novo clássico ao setor da energia: criação de excessos regulatórios; dificuldade prática de fomentar a competição; as empresas privadas operam somente nas áreas rentáveis do negócio; horizonte de curto e médio prazos para a criação de infraestruturas energéticas adequadas.

A despeito da disseminação do paradigma novo clássico, poucos países do mundo privatizaram totalmente o setor energético, que continua a ser estratégico do ponto de vista econômico e geopolítico. A distribuição da eletricidade foi privatizada em alguns países e, de um modo geral os preços não caíram e a qualidade dos serviços prestados também não melhorou sensivelmente.<sup>176</sup> A intervenção do Estado a favor da “independência” energética de seus

---

<sup>175</sup> Locatelli, Catherine. *Energie et transition en Russie: les nouveaux acteurs industriels*. Paris: L’Harmattan, 1998, 275 p.

<sup>176</sup> Para Rosa (1998), os preços não caíram e a qualidade melhorou.

cidadãos nunca foi tão explícita quanto agora. As guerras ocidentais no Golfo Pérsico para a manutenção da oferta regular de petróleo, as políticas industriais ativas para a criação de tecnologias utilizadoras de fontes de energia renováveis e a resistência ou dificuldade em se privatizar a geração de eletricidade e a prospecção de petróleo vão de encontro às “recomendações” da teoria econômica novo clássica. A bem da verdade, a diplomacia estadunidense e européia, quando o tema é o petróleo, tem superado e muito as críticas e constatações de Lênin do comportamento imperialista destes países no início do século – a novidade é que países em desenvolvimento como o Brasil também começam a jogar seu peso econômico e diplomático sobre países ainda mais pobres visando *multinacionalizar* suas empresas de energia. A utilização de políticas fiscais para o desenvolvimento das células de hidrogênio, principalmente nos países ricos, também faz supor que o keynesianismo está tudo menos superado. Por último, a recente tendência de concentração da indústria da energia faz crer que algumas poucas gigantes dominarão o mercado mundial de tecnologias para a produção de energia, nos moldes do arranjo corporativo do início do século passado.

## Capítulo 7

### Termodinâmica e a economia do meio ambiente

A Ciência Econômica procura identificar leis nas diversas relações de produção, compra, venda e troca entre os seres humanos. Segundo uma perspectiva positivista, são elaboradas teorias que seriam consideradas válidas ou inválidas segundo sua capacidade de prever o comportamento dos *agentes econômicos*.

Contudo, as relações econômicas entre os indivíduos transformam-se ao longo da história segundo a capacidade dos seres humanos em se apropriarem de fontes de energia disponíveis na natureza, através da construção de máquinas destinadas às diversas atividades de produção de bens materiais.<sup>177</sup> Além disso, como têm observado diversos autores<sup>178</sup>, na superação de um paradigma econômico por outro estão envolvidos outros fatores que não o reconhecimento entre os pares da capacidade de previsão empírica da realidade, mas crenças, valores, capacidade de articulação política e retórica, ou seja, fatores a princípio desconsiderados pela idéia de uma ciência normal positivista.<sup>179</sup>

Mais que isso, a psicologia dos agentes é influenciada por este ambiente tecno-energético, e as teorias econômicas, também. A realidade tem-se apresentado a nós humanos segundo os aparatos tecnológicos por nós mesmos construídos, e as teorias econômicas elaboradas sobre nosso comportamento nesta realidade internalizam aspectos psico-sociológicos relacionados a este ambiente.

Uma inovação científico-tecnológica como a energia nuclear (e todas as máquinas que permitirão a sua transformação em energia mecânica ou elétrica) afeta e modifica a

---

<sup>177</sup> Como observa T. Kuhn em seu *Energy conservation as an example of simultaneous Discovery*, por detrás da proliferação de idéias, no final do século XIX, no campo da energia (corrente elétrica, termodinâmica, eletromagnetismo) estava o grande interesse pela substituição de todo e qualquer trabalho manual por máquinas.

<sup>178</sup> Entre eles Kuhn (1970), Klamer (1983), McCloskey (1983), Gala & Rego (2003) e outros.

<sup>179</sup> Kuhn, T.S. *A estrutura das revoluções científicas*, São Paulo, Perspectiva, 1975; título original: The structure of scientific revolutions.

psicologia dos agentes e suas relações de produção, compra, venda e troca; modifica nossa filosofia de vida e a visão que temos do que é e para que serve a ciência e tecnologia. Demanda, portanto, novas teorias acerca da realidade econômica.

Por outro lado, a própria aceitação de uma teoria econômica como paradigma, influencia a percepção das pessoas sobre a realidade, modificando seu comportamento social. Quando os socialistas e depois Marx e Engels invocam os operários do mundo a unirem-se, suscitam a organização dos trabalhadores das fábricas e disseminam a “psicologia socialista” de aceitação da igualdade de renda e ausência de classes sociais, um “espectro” que passa a rondar a Europa e o mundo. Quando a queima de combustíveis fósseis ameaça nossa existência física, e a ética e os valores ecológicos massificam-se, condutas menos materialistas e ecologicamente mais equilibradas tendem a proliferar.<sup>180</sup>

Como vimos nos capítulos precedentes, a ruptura com a hegemonia do pensamento religioso se deu com a busca de “verdades científicas” e com o mecanicismo metodológico de Descartes e Bacon. Desta idéia de ciência neutra<sup>181</sup>, nasce a idéia de determinismo científico e tecnológico do século XIX, no qual a C&T (agora uma coisa só) teria um comportamento evolucionista linear e neutro no desenvolvimento histórico das sociedades, que, por sua vez, seria

---

<sup>180</sup> É certo que os interesses econômicos das grandes corporações são preponderantes, mas bens e serviços ecologicamente corretos tem constituído um nicho de mercado cada vez mais importante.

<sup>181</sup> Tendo como grande articulador Descartes, “o primado positivista de que a subjetividade devia ser contida dentro dos limites da objetividade e sua tentativa de reproduzir a realidade” assim como ela é dá força à crença de que a ciência é a expressão de uma verdade absoluta. Um conceito de progresso que se contrapõe radicalmente ao do pensamento religioso dominante, e o reconhecimento exclusivo dos fatos positivos, dos fenômenos observáveis, como sua manifestação, aliado à percepção de que os processos de natureza técnico-científica – principais portadores do progresso – cresceriam em importância em comparação com os políticos, aumentando a confiança na ciência como fonte, senão única, privilegiada, do saber “verdadeiro e universal”. (...)

Galileu (1957: 270) refere-se, por exemplo, "aos fatos da natureza, que permanece surda e inexorável aos nossos desejos". Segundo Koyré (1957: 4), a visão de Galileu levaria a "... rejeitar através do pensamento científico todas as considerações baseadas em conceitos valorativos, tais como perfeição, harmonia, significado e desejo, e finalmente à desvalorização última do ser, o divórcio do mundo dos valores do mundo dos fatos".

Nessa visão, o mundo dos fatos seria explicado mediante estruturas, relações, processos e leis a ele subjacentes sem que qualquer juízo de valor intermediasse essa explicação. .

A idéia de que a ciência é livre de valor, de que a ciência – o domínio dos fatos - e os valores – o domínio da ética – apenas se tocam, mas não se interpenetram e que, portanto, este não influencia aquele, foi assim sintetizado por Poincaré (1958: 12) no início do século XX:

“A ética e a ciência têm seus próprios domínios, que estão em contato mas que não se interpenetram. Um mostra-nos o objetivo que devemos aspirar, o outro, dado o objetivo, ensina-nos como alcançá-lo. Dado que nunca se tocam, eles jamais se opõem. Assim como não pode haver ciência imoral, não pode existir morais científicas.” Dagnino, R. *Um Debate sobre a Tecnociência: neutralidade da ciência e determinismo tecnológico*

solapada com a explosão das duas bombas atômicas estadunidenses no Japão. A partir de então, a aura de donos da verdade dos cientistas passa a ser questionada e o debate sobre a neutralidade da ciência e tecnologia amplia-se.

Correndo a risco de reduzir em demasia o debate, podemos entender o atual estágio do debate entre ciência, tecnologia e sociedade situando-o em torno da pergunta de se os efeitos negativos da evolução científica e tecnológica compensam os seus benefícios.

“Os partidários do progresso reivindicam a ”razão” como sua aliada, enquanto seus adversários defendem "a humanidade" contra as máquinas e as organizações sociais mecanicistas. Devem os seres humanos submeter-se à lógica da maquinaria, ou a ciência e a tecnologia podem ser redesenhadas para melhor servir aos seus criadores? Essa pergunta, da qual em certo sentido depende o futuro da civilização industrial, não é apenas de natureza técnica, mas sim política.”<sup>182</sup>

Esta é também a essência da discussão levantada pelas escolas de pensamento que privilegiam a ecologia dentro do debate econômico. O retorno da ética e dos valores morais na condução das descobertas científicas e tecnológicas tem início com a energia atômica e ganha força com a evidente incapacidade da ciência em afrontar os desastres ambientais de ordem global. De um lado, alguns autores pregam a obrigatoriedade de uma mudança radical no estilo de vida e de consumo das pessoas do planeta, sob o risco de auto-aniquilamento. De outro, estão os profetas da ciência e tecnologia e das virtudes do mercado que afirmam que os mecanismos de ajuste automático de mercado são suficientes para a indução e o desenvolvimento de máquinas consumidoras de fontes de energia limpa e novos materiais, sem prejuízos relevantes para o ecossistema.

Desde Adam Smith duas tradições em economia se firmaram: uma, preocupada com a moral e a ética (cujos autores mais óbvios são Malthus, Marx, Stuart Mill) e outra, que pretendeu ser, desde cedo, uma espécie de “engenharia econômica” (escolas neo e novo clássicas), onde esta preocupação nunca existiu. Como vimos até agora, os paradigmas dominantes, ao longo da história, pertencem ao grupo da engenharia econômica. A economia do meio ambiente, que se enquadra certamente no primeiro grupo, parece ser mais uma tentativa de inserir aspectos morais e éticos nos alicerces da teoria econômica.

---

<sup>182</sup> Ibidem

De qualquer modo, os diversos autores que escrevem sobre o tema o vêem de maneira diferente e devem, portanto, ser separados em grandes grupos. Em comum têm o fato de terem surgido na década de 1970 nos EUA e Europa ocidental, época e locais que protagonizaram o início do período de grandes incertezas no campo da energia e do meio ambiente.

## 7.1 Economia do meio ambiente

Com os nomes de economia ecológica, economia ambiental e abordagem desenvolvimentista do meio ambiente, estas são as candidatas a um lugar na história do pensamento econômico. Possuem visões distintas sobre o problema sócio-econômico-ambiental e são uma subdivisão metodológica proposta por Sekigushi e Pires (1995).<sup>183</sup> Segundo ela teremos:

### 1. A economia ambiental

Título de um livro de David Pearce de 1976, segue a linha da economia neoclássica tradicional. Utiliza técnicas de custos/benefícios na avaliação de problemas ligados à poluição ou ao controle dos recursos naturais.

“O meio ambiente é tratado como bem ambiental e sujeito às preferências dos consumidores, como fonte de insumos ou bens públicos destinados ao lazer, à contemplação ou à existência. Enquanto bens públicos, estão sujeitos a inexistência de direitos de propriedade, gerando por vezes externalidades negativas. Admite-se, portanto, a intervenção governamental para definir direitos de propriedade ou direitos de ressarcimento (custos de degradação), já que os agentes econômicos não têm uma percepção clara do valor dos bens ambientais.

Para estes autores, a problemática ambiental se reduz à indução (pelo estado) de um novo equilíbrio de preços relativos devido ao problema das externalidades negativas. Agindo assim, o mercado por si só alocaria seus recursos para investimentos não degradantes do meio ambiente. Assume-se que o custo de degradação ambiental aumente proporcionalmente à sua escassez relativa. Uma política pública eficiente seria aquela que estabelecesse corretamente o preço dos serviços ambientais, o que na prática é sabidamente complexo, e o aplicasse aos mecanismos de mercado.

---

<sup>183</sup> Almeida, L.T. *Instrumentos de política ambiental: um debate internacional e questões para o Brasil*, UNICAMP, 1994.

Outra idéia implícita nesta análise é a de que, uma vez determinados corretamente os custos de degradação, as empresas privadas desenvolveriam tecnologias sustentáveis ou compensadoras do capital ambiental extinto.”<sup>184</sup>

Enquanto bens ambientais, os recursos naturais estariam sujeitos à oferta e demanda e ao mecanismo autoregulatório de preços. Assim, um rio poluído seria saneado somente quando a população desse algum valor (sanitário, visual, etc.) a um rio limpo. Então, as autoridades, pressionadas pela opinião pública, interviriam para a resolução da externalidade negativa, no caso o rio poluído, precificando a poluição e taxando os poluidores.

## 2. A economia ecológica

Tendo como precursor Nicholas Georgescu-Röegen<sup>185</sup> com seu trabalho *The entropy law and economic process* de 1971, esta corrente constitui um fórum interdisciplinar metodológico envolvendo economia, ecologia, física, química, biologia, sociologia e política. Internaliza-se aqui a lei da entropia da termodinâmica e as noções de limites do meio bio-físico-químico na construção de modelos econômicos. Tais modelos, menos antropocêntricos, procuram dar valor aos recursos ambientais segundo sua escassez (teoria do preço sombra) e aos custos de poluição segundo a capacidade de regeneração do meio ambiente. Georgescu-Röegen, que foi provavelmente influenciado pela obra *What's Life* do físico Erwin Schrödinger de 1945 que primeiro catalisou a relação termodinâmica e evolução utilizando os conceitos de entropia, agrega estes conceitos à economia.<sup>186</sup> Assim, no caso da Terra, um sistema aberto termodinamicamente, a disponibilidade energética não é constante como prega a primeira lei, mas está vinculada ao constante recebimento de energia livre vinda de fora na forma de luz e energia solar. Esta energia

---

<sup>184</sup> Romeiro, A. R., Salles Filho S., *Dinâmica de inovações sob restrição ambiental* In “Economia do meio ambiente: teoria, política e a gestão de espaços regionais”, UNICAMP, 2001.

<sup>185</sup> Georgescu-Rögen, Nicholas *The Entropy Law and the Economic Process*, El Trimestre Economico, nº 38, 1971.

<sup>186</sup> Em 1850, Rudolf Clausius (1822-1888) definiu as leis da termodinâmica (Primeira Lei: “A energia do Universo é constante”; Segunda Lei: “A entropia do Universo tende para um máximo”). Estas duas leis extrapolam os campos da física possuindo uma vasta aplicabilidade sobre os diversos domínios da existência como ciências biológicas, econômicas, sociais, químicos e talvez outros. A derivação automática destas duas leis de enunciado bastante simples nos diz que para manter um estado de coisas não entrópico, ou seja, para se construir a ordem (seja a vida, seja um prédio), é preciso gastar energia que, dinamicamente, tende à indisponibilidade (estado entrópico).

livre é canalizada para um estado não entrópico (ordem, organização) gerando os recursos ambientais que encontramos disponíveis na natureza (água, ferro, petróleo, etc.) Contudo, após a revolução industrial, o consumo material humano tem sido mais veloz do que a velocidade de reposição dos recursos naturais. O valor dos recursos naturais deveria, portanto, considerar não sua abundância ou escassez, mas a quantidade de energia gasta para a sua sintetização.

### 3. Abordagem desenvolvimentista do meio ambiente

A abordagem ecodesenvolvimentista, ou seja, preocupada com questões sócio-ambientais, principalmente na América Latina, segue na esteira da tradição cepalina. Desenvolvem análises de estilos de desenvolvimento procurando propostas alternativas para os Países menos desenvolvidos que incorporem a variável ambiental. Poder-se-ia imaginar este grupo de autores como ‘keynesianos ecológicos’.

#### **7.2 Psicologia ambiental e a termodinâmica na teoria econômica**

Em 26 de abril de 1986, na pequena cidade da Ucrânia de Chernobyl ocorreu o pior desastre nuclear da história. Por volta da 1:24 da manhã, engenheiros estavam fazendo testes na planta de energia nuclear e desarmaram algumas funções do sistema, dentre elas o fluxo de água para refrigeração. O reator começou a esquentar e a reação de fissão teve início com uma potência 100 vezes maior do que o nível máximo. Dois engenheiros morreram na hora e trinta e um outros, chamados para conter o reator, um mês depois como resultado da exposição à radiação. Estima-se que entre 140.000 e 500.000 pessoas tenham contraído câncer pelo mundo em decorrência deste acidente.

Um navio petroleiro da Exxon Valdez bateu em um recife em Prince William Sound, Alaska, em 24 de março de 1989, liberando no mar 260.000 barris de petróleo, o maior derramamento da história. A mancha de óleo cobriu cerca de 1.100 milhas da costa do Alasca, matando pássaros, mamíferos marinhos, peixes, corais, etc.

Estes são dois dos mais terríveis e, por isso mesmo, famosos desastres ambientais da história. Todavia, o que poderiam ser casos isolados decorrentes de negligência operacional, continuaram ocorrendo, mas com características agora globais e de caráter irreversível. Certamente, o mais perigoso desequilíbrio ambiental causado pelo homem e atinge a todos os habitantes do planeta é o efeito estufa causado pela queima exagerada de combustíveis fósseis pelo homem desde a invenção da máquina a vapor. Seus efeitos são o derretimento das geleiras polares, a alteração do clima mundial e do comportamento de espécies (podendo acarretar extinção de algumas delas), poluição do ar e talvez outros não conhecidos. Todavia, o movimento ambientalista não teve início com estes eventos, apenas ganhou força. Abaixo segue um quadro dos eventos mais importantes que marcaram a história da tomada de consciência ambiental.

A publicação do quase Prêmio Nobel de economia Nicolas Georgescu-Roegen, que escreveu seu *The Entropy Law and the Economic Process* em 1971, ocorreu um ano antes da publicação do relatório do Clube de Roma *The limits of growth*, 16 anos antes do relatório da comissão Brundtland, *Nosso futuro comum*, antes mesmo das crises do petróleo e dos desastres ambientais globais. Georgescu-Roegen escreve nos anos de auge da política econômica keynesiana em vários países do mundo, inclusive em países do terceiro mundo, o que pode tê-lo levado a questionar quais os limites ao crescimento do ponto de vista da disponibilidade de recursos naturais.

Como já foi mencionado na primeira parte, uma obra que o influenciou é *What's Life* do físico Erwin Schrödinger de 1945. Nela o conceito de entropia termodinâmica é muito presente, mas ainda não o relaciona com a teoria econômica. Quando Georgescu-Roegen propõe esta relação, critica a ausência dos recursos naturais na função de produção neoclássica e questiona sua infinita disponibilidade fazendo uso das leis da termodinâmica para concluir sobre a velocidade da taxa de reposição destes recursos.

Tabela 7.1 Eventos da história da tomada de consciência ambiental

<b>- Século XIX -</b>	
1869	Ernst Haeckel, propõe o vocábulo "ecologia" para os estudos das relações entre as espécies e seu ambiente.
1872	Criação do primeiro parque nacional do mundo "Yellowstone", USA.
<b>- Século XX -</b>	
1947	Funda-se na Suíça a UICN- União Internacional para a Conservação da Natureza
1952	Acidente de poluição do ar em Londres provoca a morte de 1600 pessoas
<b>- anos 60 -</b>	
1962	Publicação da "Primavera Silenciosa" por Rachel Carlson
1965	É utilizada a expressão "Educação Ambiental" (Environmental Education) na "Conferência de Educação" da Universidade de Keele, Grã-Bretanha
1968	Fundação do Clube de Roma
<b>- anos 70 -</b>	
1972	Publicação do Relatório "Os Limites do Crescimento" - Clube de Roma
1972	Conferência de Estocolmo – Discussão do Desenvolvimento e Ambiente, Conceito de Ecodesenvolvimento. Recomendação 96 Educação e Meio Ambiente
1973	Registro Mundial de Programas em Educação Ambiental -USA
1974	Seminário de Educação Ambiental em Jammi, Finlândia - Reconhece a Educação Ambiental como educação integral e permanente
1975	Congresso de Belgrado - Carta de Belgrado estabelece as metas e princípios da educação ambiental
1975	Programa Internacional de educação ambiental – PIEA
1976	Congresso de educação ambiental Brazzaville, África, reconhece que a pobreza é o maior problema ambiental.
<b>- anos 80 -</b>	
1980	Primeira Conferência Asiática sobre educação ambiental Nova Delhi, Índia
1987	Divulgação do Relatório da Comissão Brundtland, Nosso Futuro Comum.
1987	Congresso Internacional da UNESCO - PNUMA sobre Educação e Formação Ambiental - Moscou. Realiza a avaliação dos avanços desde Tbilisi , reafirma os princípios de Educação Ambiental e assinala a importância e necessidade da pesquisa, e da formação em Educação Ambiental .
1988	Declaração de Caracas . ORPAL - PNUMA, Sobre Gestão Ambiental em América Denuncia a necessidade de mudar o modelo de desenvolvimento .
1989	Declaração de HAIA, preparatório da RIO 92, aponta a importância da cooperação internacional nas questões ambientais.

Em suas discussões com Solow e Stiglitz<sup>187</sup>, Georgescu-Roegen argumenta que os autores em questão, a economia neoclássica e mesmo os marxistas consideram os recursos naturais inexauríveis, em decorrência da prodigiosa capacidade humana em desafiar as leis da entropia de um modo ou de outro. Os outros autores afirmam que um limite absoluto da disponibilidade de recursos deve existir, mas não pode ser definido ou especificado em termos econômicos.<sup>188</sup> A idéia é a de que os avanços tecnológicos crescem exponencialmente, uma inovação induzindo outra, e todas sendo induzidas pela abundância ou escassez de recursos naturais. Desta forma, com a proximidade da exaustão de um determinado recurso, uma inovação tecnológica, intensiva em outro recurso abundante, surgiria. Na função de produção proposta por Solow e Stiglitz, após a crítica de Georgescu-Roegen,  $Y = f(K,L,R)$ , onde K é capital, L trabalho e R são os recursos naturais, R poderia ser tão pequeno quanto a taxa de reposição ofertada pela energia solar na sintetização destes materiais, desde que K seja suficientemente grande.<sup>189</sup> Em outras palavras, a capacidade do ser humano em desenvolver tecnologias de reciclagem e consumidoras de recursos renováveis permitiria uma baixíssima utilização de materiais cuja velocidade de sintetização pelo sol é muito lenta.

A contra-argumentação de Georgescu-Roegen é que

if progress were indeed exponential, then the input  $i$  per unit of output would follow in time the law  $i = i_0(1 + r) - t$  and would constantly approach zero. Production would ultimately become incorporeal and the earth a new Garden of Eden.<sup>190</sup>

Afirma também que Solow e Stiglitz esqueceram-se de contabilizar o aumento populacional e o aumento do consumo per capita.<sup>191</sup> Este argumento também é utilizado para rebater a teoria do crescimento zero, proposta por alguns economistas como Herman Daly.<sup>192</sup> Georgescu-Roegen afirma que os produtos minerais não podem ser substituídos indefinidamente

---

<sup>187</sup> Os artigos tem o nome de “Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz” e são replicados por Solow, Stiglitz e Daly em revistas como a *Ecological Economics* e a *American Economic Review* em 1997.

<sup>188</sup> Georgescu-Roegen, Nicholas *Energy and Economic Myths*. Southern Economic Journal 41, no. 3, January 1975.

<sup>189</sup> Romeiro, Ademar Ribeiro, *Economia ou economia política da sustentabilidade?* Texto para Discussão. IE/UNICAMP, n. 102, set. 2001.

<sup>190</sup> Georgescu-Roegen, Nicholas *Energy and Economic Myths*. Southern Economic Journal 41, no. 3, January 1975.

<sup>191</sup> Este último argumento já popularizado na suposição: o que seria do mundo se todas as pessoas tivessem o mesmo nível de consumo material que os estadunidenses?

<sup>192</sup> Daly afirma que “*the stationary state economy is, therefore, a necessity*”. Daly, Herman E. *Toward a Stationary-State Economy In Patient Earth*, edited by J. Harte and R. Socolow. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1971, pp. 226-244.

— o ferro tem sido substituído pelo alumínio em muitos casos, assim como o alumínio pode ser substituído por outro mineral, mas até um limite — ensejando o argumento da irreversibilidade das ações humanas sobre o meio ambiente (“*a piece of coal burned by our forefathers is gone forever, just as is part of the silver or iron, for instance, mined by them*”<sup>193</sup>) e dos limites ao consumo dos recursos naturais.

Os limites da disponibilidade de materiais apresentam-se como a tese fraca dos escritos de Georgescu-Roegen e da economia ecológica, já que até agora o ser humano tem mostrado capacidades espetaculares de substituição de materiais (como o plástico vegetal, por exemplo), as tecnologias de reciclagem têm evoluído muito e a utilização de fontes de energia renováveis para diversos usos mostra-se a cada dia mais viável do ponto de vista econômico e operacional.

Quanto à irreversibilidade das ações humanas, o autor não avançou até onde seria importante. Outros autores, porém, o fizeram, como Daly, Perrings, Montague e outros. Desenvolveram o princípio da precaução, cuja premissa básica é a consciência de que a ciência não possui os instrumentos necessários para analisar e prever os impactos das ações humanas sobre a biosfera. Assim sendo, ações políticas são requeridas para direcionar a trajetória tecnológica e impedir o avanço econômico indiscriminado até que se prove, com razoável grau de confiabilidade, sua sustentabilidade ambiental. Este princípio trata

de situações ambivalentes, como a de considerar legítima a adoção por antecipação de medidas relativas a uma fonte potencial de danos, sem esperar que se disponha de certezas científicas quanto às relações de causalidade entre a atividade em questão e o dano temido. (...) A Precaução implica tomar uma certa distância em relação à ciência e à tecnologia, como um eco ao desencantamento da opinião pública em relação a estas. (...) a Precaução estaria introduzindo “o lobo do irracional no estábulo da decisão pública”, mas por outro lado, refletiria efetivamente a constatação de que não se pode ter o controle total (ou quase) de acidentes ou problemas que não são decorrências estatísticas regulares do próprio funcionamento do sistema, tratáveis via sistemas de seguros, mas que representam situações e problemas onde predomina o sentimento da singularidade e irreparabilidade.<sup>194</sup>

---

<sup>193</sup> Georgescu-Roegen, Nicholas *Energy and Economic Myths*. Southern Economic Journal 41, no. 3, January 1975.

<sup>194</sup> Romeiro, Ademar Ribeiro, *Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares*, Revista Economica.

### 7.3 Conclusões

Analisar os pensadores econômicos contemporâneos não é uma tarefa fácil e muito menos definitiva. Falta ao analista a perspectiva histórica para fazer uma análise abrangente de uma teoria recente ou em andamento. Por isso, é correto afirmar que tal análise se trata de algo provisório e sujeito a constantes aperfeiçoamentos, senão a uma completa revisão.

Como vimos, a economia do meio ambiente, mais especificamente a vertente ecológica impulsionada pelos escritos de Georgescu-Rögen, procura enquadrar-se, a exemplo da teoria marxista do século XIX ou a malthusiana do século XVIII, como contraponto ao positivismo da ciência econômica neoclássica. Considerando os desdobramentos desta linha de pensamento, ou seja, o Princípio da Precaução, há a sobreposição da ética, da política e da moral sobre a ciência (não só econômica, mas física, química, estatística, biológica, etc...). Não significa desacreditar a ciência, mas precaver-se da idéia falsa de uma ciência neutra ou apolítica.

Os acontecimentos no campo da energia foram os causadores desta descrença científica. Quando ocorre a liberação de energia atômica sobre as cidades de Hiroshima e Nagasaki, um feito científico e tecnológico bem sucedido, o mundo pergunta-se se realmente a ciência está isenta de valores ou pode ser direcionada para o bem ou para o mal. Einstein abandona o laboratório e dedica-se à política; a ciência descobre-se política. Estudiosos da história da ciência e da tecnologia passam a criticar o determinismo e a neutralidade da C&T, cristalizados principalmente na obra de Merton.

E, nesse sentido, a proposta de Georgescu-Rögen é audaciosa: refundamentar a ciência econômica em bases termodinâmicas. Não utilizando a receita observação – falseamento – aceitação/refutação da teoria (prática considerada tradicional da construção científica), mas impondo uma nova interpretação da teoria do valor, cujas conseqüências seriam o abandono da imposição anterior em função de uma “psicologia ecológica”. Todavia, o prosseguimento da teoria econômica ecológica deu-se com a introdução de mecanismos próprios da teoria neoclássica. O Princípio da Precaução admite a utilização de taxas, subvenções, empréstimos subsidiados, criação de mercados de créditos, etc. como forma de indução do mercado em direção

a caminhos tecnológicos mais seguros. Aí está o exemplo do Protocolo de Kyoto. Diante da incerteza científica de se o aquecimento da Terra é causado ou não pela queima contínua de combustíveis fósseis, opta-se por incentivos monetários indutores de tecnologias energéticas “limpas”.

Em seu debate com Robert Solow e Joseph Stiglitz durante a década de 1970, Georgescu-Rögen menospreza a capacidade da ciência e tecnologia em substituir todos os materiais, limitados em sua disponibilidade pela primeira e a segunda lei da termodinâmica, por similares de origem vegetal ou animal renováveis. Tende a seguir o argumento malthusiano de que o avanço tecnológico não suporta aumentos populacionais. Entretanto, enseja os argumentos da irreversibilidade e da precaução; politiza o debate acadêmico; traz a termodinâmica para a economia.

## Capítulo 8

### Conclusão

Como o grande biogeoquímico russo Vladimir Vernadsky e outros demonstraram, a tendência anti-entrópica do planeta Terra em direção à geração de matéria viva teve início há mais de 4 bilhões de anos graças ao constante recebimento de energia solar na forma de calor e radiação. A captura desta energia solar tem permitido ao longo destes milhares de anos a construção de tecidos vivos que, conjugados para realizarem processos especializados, constituem os seres vivos. Dentre esses seres vivos, o ser humano tem utilizado, ao longo da sua curta história no universo, diversos tipos de conversores capazes de capturar esta energia potencialmente disponível e transformá-la em trabalho para a sua comodidade.

Hoje percebemos que a natureza não é estática ou está em equilíbrio, mas muda (“evolui”) sem cessar acumulando mais e mais matéria viva à medida que recebe energia solar. O mais importante desses conversores utilizado pelo ser humano e por outros seres vivos é, sem dúvida, a planta. E o ser humano tem manejado estes seres vivos desde há cerca 10 mil anos através da agricultura. Assim, a agricultura tem também contribuído para o aumento da biosfera através de melhoramento da terra, que não se refere somente ao aumento da fertilidade do solo em si, mas a todos os investimentos físicos e outras mudanças que permitem ao agricultor manter e aumentar os rendimentos agrícolas de geração a geração. Isto inclui sistemas de irrigação e drenagem; melhoramento de sementes; equipamentos para a aragem, plantação, adubação, fertilização, colheita, medidas para controlar doenças e parasitas de plantas, etc.<sup>195</sup>

Associada à agricultura, existe toda uma indústria de equipamentos, ferramentas, aditivos, livros e assim por diante que consomem recursos naturais como ferro, sal, vidro, etc, e que necessitam de fontes de energia (petróleo, carvão, gás, etc.) para porem em movimento as máquinas que potencializarão o trabalho humano na indústria e na lavoura.

---

<sup>195</sup> Tennenbaum, Jonathan *A conexão ecologia-economia: pode o homem melhorar o planeta?* Alerta Científico e Ambiental, Ano 9, Agosto de 2002.

Essas fontes de energia, por sua vez, foram sendo substituídas ao longo da história da humanidade segundo sua abundância e escassez, ou seja, quando uma fonte de energia tornava-se escassa em determinado país ou região, desenvolvia-se outra tecnologia capaz de utilizar fontes energéticas abundantes. Desta forma, saímos de um padrão de consumo de energias renováveis como o vento, a força da água corrente dos rios e a lenha para fontes de energia fósseis como o petróleo, o carvão mineral, o urânio e o plutônio, cujo tempo de reposição pela natureza é muito longo comparavelmente ao nosso ritmo de consumo.

Historicamente, a teoria econômica tem sido ineficaz em planejar e responder aos problemas energéticos. Os chamados escritores Clássicos da economia política (Smith, os fisiocratas, Malthus, Marx, etc.) tratam os recursos naturais – a terra, minérios, etc. – como sendo finitos. Dada esta restrição quantitativa, os agentes adicionariam valor àquele recurso natural com seu trabalho e o venderiam conforme seu valor de troca no mercado. No mais, a divisão do trabalho e a concorrência se encarregariam em fazer cair o preço das mercadorias. Não aprofundam, porém o tema dos limites de consumo dos recursos naturais. Já os chamados Neoclássicos ou marginalistas vêem o valor como algo subjetivo, que pode aumentar ou diminuir conforme sua escassez e abundância associada à necessidade ou vontade do consumidor. Analisando a economia desta forma, Jevons concluiu que a Inglaterra entraria em colapso em sendo o carvão mineral insubstituível em suas qualidades, sua oferta limitada e sua demanda infinita. Foi o primeiro, contudo, a escrever especificamente sobre a questão da energia enquanto base de sustentação de toda a atividade econômica.

Desconsiderou, entretanto, as potencialidades da mente humana para o desenvolvimento científico e tecnológico. Não foi só ele. Pode-se, a bem da verdade, traçar uma linha sucessória de escritores econômicos que desprezaram o avanço tecnológico como solução para problemas de oferta energética. Iniciando pelos Malthusianos (Cantillon, Turgot, Necker, Giovanni Botero, Gianmaria Ortes, Bentham, Condorcet e o próprio T. Malthus) passando por Jevons e terminando no Clube de Roma e em Georgescu-Rögen.

É certo que no século XX o Estado e seus dirigentes passaram a se preocupar com o planejamento energético de forma efetiva. A noção de que o setor era estratégico do ponto de

vista diplomático e econômico e não poderia ser deixado para os grandes monopólios internacionais norteou as políticas de nacionalização das empresas de energia antes mesmo das publicações de Kalecki e Keynes. Antes disso, autores como Hobson, Rosa Luxemburgo, Kautsky, Bukarin, Lênin, Schneider, Joan Robinson e outros romperam com o paradigma neoclássico que já desde 1880 não explicava adequadamente a formação dos monopólios bancários, petrolíferos e da energia elétrica. Mas não devemos esquecer que o setor energético sempre esteve ligado à diplomacia internacional e aos movimentos imperialistas. Como disse Lênin, sem compreender a essência econômica do imperialismo é impossível formar um juízo sobre a guerra e a política, e esta essência é econômica. Assim, desde sempre, os movimentos colonialistas e imperialistas objetivaram dominar as fontes produtoras de recursos naturais e, a partir do final do século XIX, as fontes de energia — carvão, guano, petróleo, gás, urânio — foram os recursos estratégicos necessários para a consolidação do poder econômico e militar dos países. As guerras periféricas empreendidas pela URSS até a década de 1980 e pelos EUA até hoje sob a forma de intervenção humanitária e defesa da democracia tem o caráter imperialista de controle político, militar e econômico das reservas físicas de recursos energéticos.

Esta política remete à preocupação de Jevons sobre o fim do carvão na Inglaterra de 1870 e é levada a cabo pelos setores mais conservadores dos EUA, cujos interesses estão ligados à indústria militar e petrolífera. Todavia, como bem vimos, a riqueza de um país reside na capacidade de seus indivíduos em traduzir conhecimento em inovação. No campo da energia do século XIX, significa desenvolver tecnologias que utilizem fontes abundantes, renováveis e não poluentes, dificuldades não consideradas por nossos antepassados do século XIX.

Como no passado, as fontes de energia que vão se tornando escassas são substituídas por outras abundantes à medida que novas tecnologias vão se tornando viáveis técnica e economicamente. Os países ricos membros da OECD fazem um jogo duplo, controlam o restante das reservas de combustíveis fósseis e estão na dianteira no desenvolvimento de tecnologias como as células de hidrogênio, a energia nuclear, etc. O *mainstream* econômico novoclássico recomenda que os Estados não interfiram na atividade econômica, o que não tem encontrado paralelo na realidade dos tomadores de decisão, que direcionam, através de incentivos financeiros de diversos tipos, os investimentos privados quando não investem diretamente através de agências ou outros órgãos públicos nacionais e internacionais. Os movimentos de privatização

não atingiram completamente o setor energético e não o farão. Novamente, a teoria econômica não se adequa à realidade energética e, novamente, pode vir a ser modificada por esta realidade.

## Referências Bibliográficas

- Almeida, L.T. *Instrumentos de política ambiental: um debate internacional e questões para o Brasil*, UNICAMP, 1994.
- Ashton, T.S. *Iron and Steel in the Industrial Revolution*. Manchester University Press, 1924.
- Audard, Catherine *Anthologie Historique et Critique de L'Utilitarisme*. Presses Universitaires de France, Paris, 1999.
- Biven, W. Carl *Quem matou John Maynard Keynes?* São Paulo: McGraw-Hill, 1990; título original: "Who killed John Maynard Keynes?", 1989.
- Babbage, Charles, *Reprints of economics classics*, New York, 1971, originalmente escrito em 1832.
- Bentham, Jeremy *Escritos Econômicos*. Fondo de Cultura Economica, México, 1984.
- Bernal, J.D. *Ciência e indústria em el siglo XIX*, Ediciones Martínez Roca S.A., Barcelona, 1973; primeira edição do original em inglês em 1953.
- \_\_\_\_\_ *Marx and science*, London, 1952.
- \_\_\_\_\_ *Ciência na História*. Livros Horizonte, Lisboa, volumes de 1 a 7; título original: Science in History, 1965.
- Berti, E. & Volpi, F. *Storia della filosofia: ottocento e novecento*, Laterza, Roma, 1991.
- Bowles, M. *The precursors of Jevons – the revolution that wasn't*. Manchester School, UK, 1972.
- Bourgeois, Bernard; Finon, Dominique; Martin, Jean-Marie *Energie et changement technologique. Une approche évolutionniste*. Paris: Economica, 2000.
- Bupp, Irvin C., Derian, Jean-Claude *Light Water. How the nuclear dream dissolved*. New York: Basic Books, 1978.
- Cervantes, M.S. *Dom Quixote de la Mancha*, Abril Cultural, São Paulo, 1981.
- Church, R.A. & Wrigley, E.A., Org. *The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries*. The Economic History series, Blackwell, Oxford UK & Cambridge USA, 1994.
- Cipolla, Carlo M. *Canhões e Velas na Primeira Fase da Expansão Européia (1400-1700)*. Gradiva, Lisboa, 1989; título original: "Guns, Sails and Empires", 1965.
- \_\_\_\_\_ *The Economic History of Europe: The sixteenth and seventeenth centuries*.

- Fontana Books, 1974.
- Dagnino, R. *Um Debate sobre a Tecnociência: neutralidade da ciência e determinismo tecnológico*, Unicamp, 2003.
- Daly, Herman E. *Toward a Stationary-State Economy* In *Patient Earth*, edited by J. Harte and R. Socolow. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1971.
- Derry, T.K.& Williams, I.T. *Historia de la tecnologia: desde 1750 hasta 1900*, vol.3. Siglo veintiuno editores, Colômbia, 1984; título original: “A short history of technology: from the earliest times to a.d. 1900”, Oxford University Press, 1960.
- Eden, Richard; Postner, Michael; Bending, Richard; Crouch, Edmund & Stanislaw, Joe *Energy Economics*. Cambridge University Press, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney, 1981.
- Engels, Friedrich *Dialética da Natureza*. Quatro volumes de manuscritos elaborados entre 1872 e 1882 nunca terminados e editados por Haldane, J. B. S., 1940.
- Forbes, R.J, *The Petroleum*, IN *A history of technology: the late nineteenth century*, Oxford University Press, London, 1958.
- Freeman, S. David. *Energy, the new era*. New York: Vintage Books, 1974.
- Foster, J.B. *Materialism and nature*, Monthly Review Press, New York, 2000.
- Friedman, M. *The relative stability of monetary velocity and the investment multiplier*, Stabilization Policies, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, pp. 161-268,1963.
- Gala, Paulo & Rego, José Márcio (org.) *A história do pensamento econômico como teoria e retórica*. Editora 34, São Paulo, 2003.
- Georgescu-Rögen, Nicholas *The Entropy Law and the Economic Process*, El Trimestre Economico, nº 38, 1971.
- \_\_\_\_\_ *Energy and Economic Myths*. Southern Economic Journal 41, no. 3, January 1975.
- Habakkuk, H.J. *Population, commerce and economic ideas* in *The new Cambridge modern history*, vol. VIII. Cambridge University Press, 1965.
- Hall, A.R. “*Philosophers at war: the quarrel between Newton and Leibniz*”. Cambridge University Press, Cambridge, 1980.
- Hammersley, G. *The Crown Woods and their Exploitation in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*. Bulletin of the Institute Historical Research, 1957.

- Harris, J.R. *The Diffusion of English Metallurgical Methods to Eighteenth-Century France*. Oxford University Press, French History, Vol. 2, Nº 1, pp. 22-44, 1988.
- Heckscher, Eli F. *Mercantilism*. Routledge, Londres e Nova York, 1994. Primeira publicação em sueco em 1931.
- Hémery, Daniel, Debeir, Jean-Claude, Deléage, Jean-Paul *Uma história da energia*, Brasília: Flammarion, 1993; título original: “Lês servitudes de la puissance: une histotoire de l’energie”, 1986.
- Hobson, J.A. *Estúdio del imperialismo*, Alianza Editorial, Madrid, 1968; título original: “Imperialism – a study”, London, 1902.
- Hooykaas, R. *A religião e o desenvolvimento da ciência moderna*, Editora Polis, Brasília, 1988; título original: ”Religion and the risse of modern science”, Scottish Academic Press, 1972.
- Hutchison, Tenence *Before Adam Smith: The Emergence of Political Economy, 1662-1776*. Basil Blackwell, Oxford, UK, 1988.
- Hyde, Charles K. *The Adoption of Coke-Smelting by the British Iron Industry, 1709-1790*. Blackwell, 1994.
- Jevons, W.S. *A teoria da economia política*. Nova Cultural, São Paulo, 1983; título original: “The theory of political economy”, London, 1871.
- \_\_\_\_\_ *The coal question*. London, 1865.
- Kalecki, Michal *Teoria da dinâmica econômica*, Editor Victor Civita, São Paulo, 1983; título original: Theory of Economics Dynamics – an essay on ciclical and long-run changes in capitalist economy, London, 1954.
- Kanefsky, John W. *Motive Power in British Industry and the Accuracy of the 1870 Factory Return*. Economic History Review, 2<sup>nd</sup> series, nº 32, 1979.
- Keynes, John Maynard *A teoria geral do emprego, do juro e da moeda*, Editor Victor Civita, São Paulo, 1983; título original: “The general theory of employment, interest and money”, London, 1936.
- Klamer, Arjo *Conversas com economistas* Editora da Universidade de São Paulo, 1988; título original: “Conversations with Economists”, 1983.
- Kuhn, T.S. *Energy conservation as an example of simultaneous discovery in: Critical problems in the history of science*. Madison, Wiscousin: Marschall Clagett, 1959.
- \_\_\_\_\_ *A estrutura das revoluções científicas*, São Paulo, Perspectiva, 1975; título

original: The structure of scientific revolutions.

Labini, Paolo Sylos & Roncaglia, Alessandro *Pensiero Económico: temi e protagonisti*. Laterza, Roma-Bari, 1995.

Landes, David S. *Prometeu desacorrentado*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1994; título original: “The unbound Prometheus”, Cambridge University Press, 1969.

Locatelli, Catherine *Energie et transition en Russie : les nouveaux acteurs industriels*. L’Harmattan, Paris, 1998.

Guerra, S. M. & Macedo, G. C.; Planejamento energético e doutrina econômica na América Latina no século XX, X CBE 2004, Rio de Janeiro/RJ, anais do evento, v. 03, p. 1287 - 1294.

Magnusson, Lars *Mercantilist economics*. Kluwer Academic Publisher, Sweden, 1993.

\_\_\_\_\_ *Mercantilism : the shaping of an economic language*. Routledge, London; New York, 1994

Malthus, Thomas Robert *Economia*. Org. SZMRECSÁNYI, T., Editora Ática, São Paulo, 1982.

McCloskey, D. N. *The rhetoric of economics*. Journal of economic literature, vol. XXI, 1983.

Mckie, D. *Science and technology* in The new Cambridge modern history, Vol. VIII. p. 140. Cambridge University Press, 1968

Martin, Jean-Marie *Industrialisation et développement énergétique du Brésil*. Institut des Hautes Etudes de l’Amérique Latine, Paris, 1966

\_\_\_\_\_ *Num contexto de abastecimento energético globalizado, os Estados Nacionais ainda tem uma missão?* Aula inaugural, UNICAMP, Campinas, 2004.

Marx, Karl, *Manuscritos econômico-filosóficos e outros textos escolhidos*, Abril Cultural, São Paulo, 1985; tradução dos originais alemães escritos em 1844 em Paris, publicados pela primeira vez na *Marx Engles Gesamtausgabe*, Berlim, 1932.

\_\_\_\_\_, *A ideologia alemã*, Hucitec, São Paulo, 1986; título original: “Die deutsch ideologie”, 1845-46.

\_\_\_\_\_, *Miséria da filosofia: resposta à miséria da filosofia do Sr. Proudhon*, Global, São Paulo, 1989; título original: “Misere de la philosophie”, 1846.

\_\_\_\_\_, *Manifesto do partido comunista*, Vozes, Petrópolis, 1988; título original: “Das communistische manifest”, 1848.

\_\_\_\_\_, *Elementos fundamentales para la critica de la economia política*, Siglo Veintiuno,

Buenos Aires, 1973; título original: “Grundrisse der kritik der politischen okonomie”, 1857-58.

\_\_\_\_\_, *Capital: a critique of political economy*, Modern Library, 1906; título original: “Das capital: kritik der politischen okonomie”, 1865.

Mokir, Joel *Twenty-five centuries of technological change: an historical survey*. Harwood Academic Publishers, London, Paris, New York, Melbourne, 1990.

Mulhall, *Dictionary of statistics*, p. 545; W. Woytinsky, *Die welt in zahlen*, Berlin, 1926.

Muth, John *Rational expetation and the theory of prices movements*, *Econometrica*, pp. 315-335, julho de 1960.

O’Brien, Patrick *Transport and economic development in Europe, 1789-1914* in *The Industrial Revolution in Europe*

I, Edit by O’BRIEN, Patrick, Economic History Society, Blackwell Publishers, Oxford UK & Cambridge USA, 1994.

Penrose, Edith T. *The large international firm in developing countries: the international petroleum industry*, MIT Press, 1968.

Phillips, A.W. *The relation between unemployment and the rate of the change of money wage rates in the United Kingdom, 1861-1957*, *Econometrica*, 1958.

Petty, William sob o título *The Petty-Southwell Correspondence*. carta publicada em 1927-28, originalmente escrita em 1687.

\_\_\_\_\_, *Aritimética Política*. Abril Cultural, São Paulo, 1983; título original: “Polical Arithmetick”. Escrito em 1676 e publicado em 1690.

\_\_\_\_\_, *Tratado sobre Impostos e Contribuições*. Abril Cultural, São Paulo, 1983; título original: “A Treatise of Taxes and Contributions”, publicado por volta de 1662.

\_\_\_\_\_, *Verbum Sapienti*. Abril Cultural, São Paulo, 1983. Escrito em 1665 e publicado em 1691.

Quesnay, François *Economia*. Ed. Ática, São Paulo, 1984.

Randall, John Herman *The making of the modern mind*. Columbia University Press, Nova York, 1976.

Rich, E.E. & Wilson, C.H. *The Economy of Expanding Europe in the Sixteenth and Seventeenth*

*Centuries*. Cambridge Economic History of Europe , Cambridge, 1967, Volume IV, chapter I.

Robinson, Joan *The economics of imperfect competition*, The Macmillan Press, 1969. Primeira edição em 1933.

Romeiro, Ademar Ribeiro, *Economia ou economia política da sustentabilidade?* Texto para Discussão. IE/UNICAMP, n. 102, set. 2001.

Romeiro, A. R., Salles Filho S. *Dinâmica de inovações sob restrição ambiental* In “Economia do meio ambiente: teoria, política e a gestão de espaços regionais”, UNICAMP, 2001.

Rosa, Luiz Pinguelli; Tolmasquim, Mauricio Tiomno; Pires, José Cláudio Linhares *A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo*, Relume Dumará, Rio de Janeiro, 1998.

Rossi, Paolo *I Filosofi e le Machine: 1400-1700*, 1989.

Schumpeter, Joseph Alois *History of economic analysis*. Oxford University Press, New York, 1954.

Singer, C.; Holmyard E.J.; Hall A.R.; Williams T.I. *A history of technology: the late nineteenth century*, Oxford University Press, London, 1958.

---

*A history of technology: from the renaissance to the Industrial Revolution C.1500 – C.1750*, Oxford University Press, London, 1957.

Smith, Adam *Riqueza das Nações: Investigação sobre sua Natureza e suas Causas*. Abril Cultural, Col. “Os Economistas”, São Paulo, 1983; título original: “The wealth of Nations”, 1776.

Solow, R.M. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz: Reply. *Ecological Economics*, 22,3 (September, 1997): 267-268.

Tennenbaum, Jonathan *A conexão ecologia-economia: pode o homem melhorar o planeta?* Alerta Científico e Ambiental, Ano 9, Agosto de 2002.

Thomas, Brinley *Was There an Energy Crisis in Great Britain in the 17th Century?* University of California, Academic Press, Davis, 1986.

Ulianov, Vladimir Ilitch *O Imperialismo, fase superior do capitalismo* In Obras Escolhidas, Editora Alfa-Omega, São Paulo, 1979; título original: ИМПЕРИАЛИЗМЪ, КАКЪ НОВБЪЙШИЙ ЗТАПИТАЛИЗМА, 1917.

Usher, Abbott Payson *Uma história das invenções mecânicas*. Papirus, São Paulo, 1993; título original: “A history of mechanical inventions”, Harvard College, 1982.

Vargas, Milton *Para uma filosofia da Tecnologia*. Editora Alfa-Omega, São Paulo, 1994.

Weber, M. *A ética protestante e o espírito do capitalismo*, Ed. Pioneira, São Paulo, 1983; título original: “Die Protestantische Ethik und Geits dês Kapitalismus”.

White, Lynn *Medieval Technology and Social Change*. Oxford University Press, England, 1962.

Wilson, Edmund *Rumo à estação Finlândia*. Companhia das Letras, São Paulo, 1986; título original: To the finland station, 1940.

Yergin, Daniel *O petróleo: uma história de ganância, dinheiro e poder*, Scritta, São Paulo, 1993; título original: “The prize: the epic quest for oil, money and power”, NY, 1990.

Zola, Émile *Germinal*. Hemus, Brasil, 1982.