

T. S. ASHTON

A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

1760-1830

4.^a edição

TRADUÇÃO, NOTAS E ÍNDICE CRONOLÓGICO
DO PROF. JORGE DE MACEDO



PUBLICAÇÕES EUROPA-AMÉRICA

Editor: Francisco Lyon de Castro

Edição n.º 1092/2307

Execução técnica:
Gráfica Europam, L.^{da}
Mira-Sintra — Mem Martins
(Abril de 1977)

baixa cotação dos consolidados e tivesse fechado algumas portas ao comércio britânico, a paz em 1763 manteve uma taxa de juro para os empréstimos públicos que não excedia 3 $\frac{3}{4}$ % e abriu novas áreas à iniciativa e aos capitais tanto no Extremo Oriente como no Ocidente. Ao mesmo tempo, as dificuldades suscitadas pela carência de alimentação, combustíveis, ferro, fio para tecelagem e transportes desapareciam tão depressa que se torna difícil dizer qual foi a primeira a desaparecer. E, assim como um obstáculo no caminho de qualquer indústria havia conduzido ao congestionamento de outras, assim também a remoção dos obstáculos suscitava uma libertação progressiva. A inovação é um processo que, uma vez iniciado, tende a acelerar-se.

Na agricultura, o movimento da vedação acentuou-se rapidamente. Passou das freguesias onde os ocupantes eram poucos para aquelas onde eram numerosos, e, quando havia hostilidade contra a operação, era preciso proceder por meio de uma lei parlamentar, em vez de por acordo mútuo. Uma petição assinada pelos donos de $\frac{1}{3}$ da terra (mas, em regra, numa proporção muito menor em relação ao número de proprietários) era enviada a Westminster, e em devido tempo aprovava-se uma lei «para a divisão, distribuição e vedação dos terrenos abertos e comuns, prados, pastagens e terras comunais e incultas de determinada freguesia». Em dez anos, a começar em 1740, foram feitas 38 leis desse tipo e nos dez anos seguintes 156. Mas na década que se iniciou em 1760 aprovaram-se nada menos de 480 e nas seguintes números muito mais elevados. A iniciativa vinha vulgarmente do morgado e proprietário dos dizimos. Num parlamento onde o interesse do proprietário era a voz suprema havia pouca ocasião para protestos. E, embora os encarregados nomeados para cada lei especial pareçam ter sido escrupulosos quando tratavam com quem podia apresentar direito legal à terra, ignoravam geralmente os justos

CAPÍTULO III

AS INOVAÇÕES TÉCNICAS

«Por volta de 1760, uma vaga de engenhocas varreu a Inglaterra.» Era assim que, não sem razão, um estudante começava a sua resposta a uma pergunta sobre a revolução industrial. Contudo, não foram só engenhocas, mas inovações de toda a espécie, na agricultura, nos transportes, na indústria, no comércio e na finança, que surgiam com uma rapidez para a qual é difícil encontrar paralelo em qualquer outra época ou região. O ritmo acelerado no desenvolvimento revela-se no catálogo das novas patentes, na extensa lista de licenças reservadas, nas cifras, cada vez maiores, de produção e exportação e na curva dos preços, que, depois de se manterem mais ou menos estáveis, durante duas gerações, iniciaram uma subida que havia de continuar durante mais de meio século. A história do período, que, só na década inicial, contou com as inovações relacionadas com os nomes de Brindley, Roebuck, Wedgwood, Hargreaves, Arkwright e Watt, dificilmente poderá ser narrada em termos de um processo evolutivo.

Já foi referido quanto este período era propício à invenção e ao progresso. A baixa da taxa de juro, coincidindo com uma expansão dos mercados interno e externo, constituía um estímulo. A conversão da dívida feita por Pelham de 3,5 % para 3 % tinha ficado concluída em 1757; e, embora a Guerra dos Sete Anos tivesse mantido

protestos daqueles cujo único título era o facto de eles, e talvez os seus antepassados, terem, até então, cultivado esse solo sem impedimentos. A história das vedações, na verdade, ajusta-se bem ao esquema de quem escreve história económica em termos de luta de classes, com os ricos a exercerem a sua influência política e económica para imporem a sua vontade aos pobres. Mas a história completa deve também ter em conta o esforço para aumentar a produtividade do solo numa altura em que as guerras e as más colheitas ameaçavam a existência duma sociedade urbana em crescimento. Houve muitos incidentes, pouco honrosos, relacionados com a vedação dos terrenos, mas não são suficientes para se considerar todo esse movimento como uma simples acção de esmagamento e roubo levada a efeito por um bando de aristocratas aventureiros.

As aldeias de campo aberto não estavam totalmente estagnadas. Em alguns lugares tinham sido introduzidas novas rotações de culturas, que incluíam a cultura do trevo; mas uma lei de 1773, que procurava encorajar esses melhoramentos, autorizando os lavradores a eleger fiscais rurais, revelou-se inoperante. Para observadores atentos como Arthur Young, o processo apresentava-se como uma sobrevivência moribunda da herdade auto-subsistente, que teria de desaparecer para que a Inglaterra continuasse a existir. Em 1801 — ano de guerra e de fome — a Lei Geral da Vedação simplificou-se e reduziu as despesas a levar a efeito, e desde essa altura até 1815 o movimento desenvolveu-se com rapidez.

Até há pouco tempo julgava-se que a vedação tinha sido responsável pelo declínio dos pequenos proprietários livres (*yeomen*), pela substituição da pequena pela grande propriedade e o despovoamento rural. É verdade que havia menos *yeomen* no fim do século XVIII do que no início; mas os recentes inquéritos estatísticos mostram que os proprietários livres tinham começado a vender as suas terras muito antes do período das leis parlamentares para

vedação. Depois de 1780, com efeito, a propriedade parece ter aumentado, pois, como sucedeu em 1914-1920, muitos lavradores utilizaram os seus lucros de guerra para comprar terras. É verdade que as grandes quintas tendiam a tornar-se maiores; mas aumentou também o número das pequenas fazendas trabalhadas por uma só família. É também verdade que nos lugares onde se utilizava a terra vedada como pastagem eram precisos menos trabalhadores e muitos jornaleiros e colonos de ocasião foram expulsos ou despedidos. Mas durante as guerras do final do século XVIII e do princípio do século XIX, quando havia necessidade urgente de pão, aumentou a área cultivada, que exigia o esforço de muitos braços. A medida que o tempo passava, os baldios estavam cada vez mais sujeitos à vedação e a cultura das terras que antes não eram trabalhadas deve ter aumentado o emprego de braços. Sem dúvida que alguns trabalhadores agrícolas emigravam para as cidades vizinhas, mas faziam-no atraídos mais pela indústria do que expulsos pela agricultura; isso prova-se pelo nível relativamente elevado dos salários agrícolas na proximidade dos centros industriais. O facto de nenhum condado da Inglaterra, entre 1801 e 1851, ter registado declínio de população, mostra que nessa altura não houve despovoamento no campo.

Os melhoramentos técnicos deste período não eram de natureza a poupar trabalho. A lavoura oferece um campo relativamente restrito à especialização e o largo uso da maquinaria na agricultura só se dará no século XX. Por volta de 1780 introduziram-se novos tipos de charrua e um escocês construtor de moinhos inventou uma debulhadora mais eficiente. O aumento da produção de ferro levou à substituição da madeira por este metal no fabrico do arado, assim como de certas partes da grade e do trilho para debulha; em 1803 foi lançada no mercado uma relha de arado de aço. Nenhuma destas invenções, porém, podia ter grandes consequências: as mudanças

técnicas mais importantes na agricultura têm de ser encontradas noutras direcções.

Em 1760, Joseph Elkington começou a aplicar novos métodos de drenagem em Warwickshire. Pela mesma altura, Robert Bakewell (1725-1794), de Dishley, no Leicestershire, usando métodos empíricos de criação, produzia gado que fornecia maior quantidade de carne, assim como cavalos com mais força e carneiros maiores e mais pesados. Por volta dos anos 70 do século XVIII, Coke de Holkham (1725-1842) despendia grandes somas no melhoramento das suas herdades, utilizando certas gredas, fazendo a cultura do trevo, introduzindo tipos novos de pasto e de adubos artificiais, estimulando os seus rendeiros a conservar as suas terras em boas condições e fazendo larga propaganda do sistema agrário de Norfolk. Outros aristocratas e o próprio Jorge III abraçaram com entusiasmo a causa do melhoramento da agricultura. Os novos processos eram divulgados nos jantares dos rendeiros, nas festas da tosquia e nas frequentes reuniões dos clubes locais de agricultores. A Sociedade das Artes dava prémios pelos novos inventos e a instituição de sociedades agrícolas locais também contribuía para a divulgação. Em 1776 apareceu o primeiro número do *Farmers' Magazine* e em 1806¹ o *Farmers' Journal*. Tratados de métodos agrícolas e publicações como as de Arthur Young (onde este descreve as suas viagens através da Inglaterra, Irlanda, França, Itália e Espanha) ajudam a quebrar o isolamento e o estreito regionalismo da vida rural. E, em 1793, Sir John Sinclair (1745-1835) fundou, com o apoio do Governo, uma sociedade de filiação voluntária, conhecida pelo nome de «Junta da Agricultura», cujos relatórios falam das experiências levadas a efeito por obscuros agricultores em muitas regiões do país. No entanto, deve evitar-se o perigo de supor que

¹ 1807 noutras referências.

os melhoramentos promovidos por proprietários senhoriais e lavradores esclarecidos eram regra corrente. A rotação de Norfolk, os métodos melhorados de criação de animais, a charrua de Rotherham, a substituição do boi pelo cavalo e do centeio e aveia pelo trigo foram inovações que se difundiram lentamente. Só nas zonas do Leste e do Oeste do Midlands é que o progresso foi acentuado e em muitas partes do condado a lavoura era como sempre tinha sido desde havia séculos.

A produção para mercado, juntamente com o melhoramento do transporte, estimulou o desenvolvimento da especialização geográfica e o comércio inter-regional. As áreas do Oriente e do Sul deram a primazia ao pão, o Midlands a carneiros e cavalos e a região do Centro a produtos lácteos e hortícolas. Os carneiros eram trazidos da Escócia para o East Anglia e de Gales para Essex para serem engordados para matança. Os borregos eram enviados de Wiltshire para o Middlesex e de Nottingham para Worcester e, em retorno, eram remetidas ovelhas para criação. Havia muitas outras especializações menores — o queijo de Cheshire, os perus de Norfolk, os patos de Aylesbury, o lúpulo de Kent e o mel de Hampshire. Mas eram tão grandes as vantagens de uma agricultura mista que a concentração foi raras vezes — se alguma vez o foi — absoluta.

O costume passou a ter um papel cada vez menos importante e a concorrência um papel cada vez maior na determinação dos lucros e salários. Houve um aumento no padrão de vida dos jornaleiros, pelo menos no Norte, embora o declínio dos ofícios rurais tivesse influído duramente em muitos orçamentos familiares. Mas os trabalhadores tinham menos segurança do que no passado: com os melhoramentos na debulha, por volta de 1820 havia menos trabalho nas fazendas durante os meses de Inverno e o trabalhador rural começava a partilhar com o cidadão da experiência do desemprego tecnológico.

Para o cidadão, o progresso da lavoura trouxe alguma vantagem. O trigo veio substituir o centeio e a cevada como principal produto alimentar no Midlands, assim como substituiu a aveia no Norte e na Escócia. As batatas entravam no consumo geral e a carne deixou de ser um luxo. Uma melhor e mais variada alimentação não deixou de ter influência na saúde e condições de vida dos trabalhadores, nem foi dos menores factores de aumento da produção industrial.

Tal como a agricultura, as minas de carvão ofereciam pouco campo para a aplicação de maquinaria ou para súbitas mudanças na técnica. Aqui, como em todas as indústrias extractivas, o progresso fez-se por meio de pequenos melhoramentos. A introdução de garranos nos poços do Norte, por volta dos meados do século, reduziu grandemente o custo do carvão, pois, assim, os transportadores, que constituíam a maioria dos trabalhadores do subsolo, podiam ser substituídos por rapazes com salários relativamente baixos. O aumento da produção do ferro, por seu turno dependente do carvão, teve importante influência na técnica de mineração. O uso de tubagens de ferro fundido nos varais de suporte nas galerias tornou possível a escavação a maiores profundidades e os carris de ferro fundido, introduzidos nos poços em Sheffield, em 1777, por John Curr, permitiram uma maior economia no transporte subterrâneo. A caixa sobre rodas que Curr inventou para deslizar sobre carris podia ser trazida à superfície sem necessidade de ser descarregada no fundo do poço, o que também acarretava uma diminuição no custo. Melhoraram-se os processos de ventilação quando, por meados do século, Carlisle Spedding, de Whitehaven, introduziu o uso de ventiladores para dirigir o ar através das galerias e, ainda mais, quando, por volta de 1790, John Buddle introduziu na região de

Northumberland o seu sistema de fustes ventiladores¹ e métodos mais bem organizados de «condução» do ar. A extracção do carvão mantinha-se exactamente como dantes, mas os pilares do carvão deixados para suporte foram-se estreitando até se tornarem delgadas colunas. Além disso, no fim do século passou a usar-se a pólvora para abrir a rocha. A iluminação subterrânea continuou a ser um grave problema até que, por volta de 1813-1815, Sir Humphry Davy, o Dr. Clanny e George Stephenson apresentaram as suas diferentes lâmpadas de segurança, que, ao serem utilizadas pela primeira vez, trouxeram, não tanto uma maior segurança para os mineiros, mas uma maior produção, pois assim se puderam explorar vias até então consideradas perigosas.

Na indústria do ferro, os altos-fornos de coque haviam crescido em dimensões e em número e apareceram novas zonas industriais. Estimuladas pela necessidade de munições, durante a Guerra dos Sete Anos, de 1756-1763, abriram muitas fábricas novas, como as de John Wilkinson, em Broseley, e de John Roebuck, em Carron. Quer pela grandeza, quer pela variedade dos seus produtos (que incluem as famosas *carronades*), os artigos de ferro da fábrica de Carron constituíram uma potente antecipação de um tipo novo de empresa fabril, e o acender da sua primeira fornalha, em 1 de Janeiro de 1760, pode servir para marcar, para quem queira ser rigoroso nestes assuntos, o início da revolução industrial na Escócia.

Se bem que o carvão de madeira fosse ainda usado para transformar a gusa em ferro macio, o combustível mineral era cada vez mais usado nas primeiras fases do tratamento do metal; e os irmãos Cranage, empregados

¹ O sistema consistia em fustes ocos, num dos quais uma máquina aspiradora sugava o ar viciado do interior da mina; o outro fuste enviava o ar fresco pelo próprio vazio causado pela subida do ar no primeiro.

da Companhia Coalbrookdale, quase conseguiram ser bem sucedidos, desde 1766, ao usar exclusivamente o coque. Porém, só em 1783-1784 é que se conseguiu uma solução final, quando Henry Cort (1740-1800), agente marítimo, que tinha montado uma forja próximo de Farnham, registrou duas patentes para a pudelagem¹ e a laminação. O método de Cort consistia em aquecer primeiro a gusa com coque até ficar em estado líquido e depois agitá-la com varas de ferro até se queimar a maior parte do carvão e das impurezas; depois era passada entre rolos de ferro, que expulsavam as escórias que restavam. A sua descoberta foi um dos mais importantes acontecimentos da história da tecnologia. Teve como efeito libertar os mestres de forja da sua dependência, em relação ao arvoredo, exactamente como a descoberta de Darby havia libertado dessa mesma dependência os industriais dos altos-fornos. Libertou a Inglaterra da necessidade de importar grandes quantidades de carvão de madeira do Báltico, numa altura em que eram críticas as relações com a Suécia e a Rússia. Deslocou as forjas que estavam dispersas para as zonas de carvão, onde a preparação de ferro macio se podia fazer, ao lado dos altos-fornos produtores da gusa. Levou também ao desenvolvimento de grandes instalações industriais, onde se realizavam — controladas por um único grupo de proprietários — todas as fases da produção, desde a extracção do ferro e do carvão até ao metal em barra. Num espaço de tempo relativamente curto, a indústria concentrou-se em quatro zonas principais, desenvolvendo-se novos tipos de povoamento, com uma densa população em volta dos poços de carvão e dos montes de

¹ Do inglês *puddling* — técnica pela qual se transforma o ferro fundido em ferro macio, provocando num forno especial — forno de pudelagem — a eliminação das impurezas do ferro fundido e do seu carbono por meio da sua combustão. Como se vê, é um aperfeiçoamento baseado na técnica de Cort.

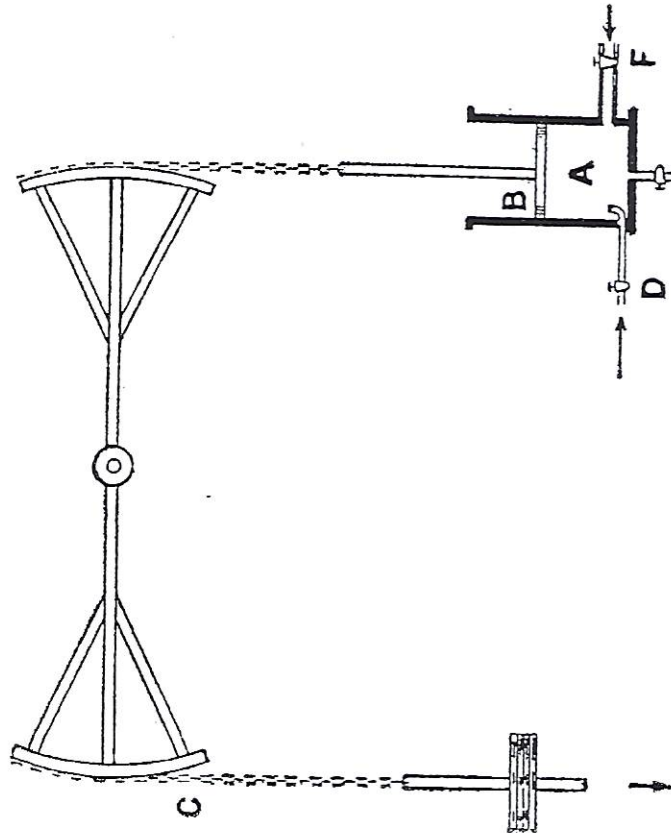
escórias do Staffordshire, Yorkshire do Sul, Clyde e Gales do Sul. A produção de ferro aumentou extraordinariamente; o metal substituiu a madeira e a pedra na construção civil. As indústrias de ferraria aumentaram o número dos seus produtos e poucas actividades houve — desde a agricultura à construção de navios, desde a mecânica à tecelagem — que não tivessem experimentado os efeitos estimulantes do ferro barato¹.

Uma geração depois, ou pouco mais, surge a descoberta de minério de ferro na Escócia, feita por David Mushet, e logo a seguir a introdução, por J. B. Neilson, da corrente de ar quente, do que resultou um novo aumento da produção do alto-forno. As datas destas invenções estão incluídas nos limites do nosso período, mas só por volta dos decénios de 1830 e de 1840 é que os seus efeitos foram plenamente sentidos.

A invenção de Cort da pudelagem e da laminação, tal como muitas invenções técnicas do tempo, só se poderia tornar efectiva com o auxilio de uma nova forma de energia. Até aos anos 60 do século XVIII, a máquina de Newcomen era uma invenção cuja utilidade se limitava a fazer subir a água. É verdade que a água elevada a uma determinada altura podia ser usada para pôr uma roda em movimento e assim fazer trabalhar máquinas de vários tipos. Mas era tão grande o consumo de energia que esse processo exigia que um escocês não podia descansar ao conhecê-lo². Na Universidade de Glásgua, Joseph Black (1728-1799) dava as suas lições sobre o fenómeno (que ele havia descoberto) do calor latente de fusão e John Anderson utilizava nas suas aulas de Física um modelo de máquina de Newcomen. Não sendo men-

¹ Efeito semelhante ao produzido com a descoberta do ferro no 1.º milénio antes de Cristo. Ver Gordon Childe, *O Homem Faz-se a Si Próprio*. Edição Cosmos, pp. 326 e segs.

² Alusão ao espírito económico dos Escoceses



Dispositivo de Newcomen a partir de 1705 (Vierendeel)

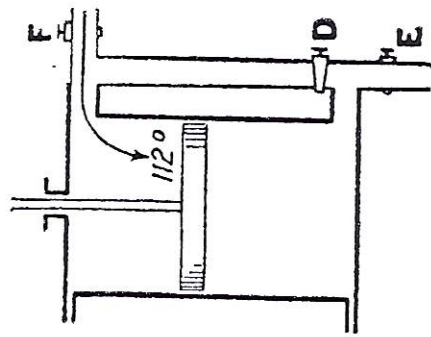
bro da Universidade, mas fabricante de instrumentos matemáticos, com a sua oficina nas proximidades, James Watt (1736-1819) foi chamado para consertar o modelo. Verificou então que o principal defeito do invento provinha de alternar a introdução do calor com a sua condensação. Para impedir que o vapor se condensasse antes que o pistão completasse o seu movimento ascendente, era necessário que o cilindro se mantivesse quente; mas, do mesmo modo, para condensar o vapor quando o pistão tivesse descido, era necessário tê-lo frio. As mudanças repentinas na temperatura das paredes do cilindro provocavam o consumo de uma grande quantidade de energia potencial.

Watt havia tido muitas discussões com Black, Anderson, John Robinson e outros membros da Universidade

sobre estas matérias e pensara nelas maduramente durante meses. Então, por uma súbita inspiração, em 1765, no decurso de um calmo passeio de domingo no parque, concebeu a solução de introduzir um condensador separado, que se conservaria permanentemente frio, enquanto o cilindro se conservava permanentemente quente. Construiu em poucas semanas um modelo, mas haviam de passar muitos anos antes que fossem resolvidas todas as dificuldades que impediam a sua transformação numa máquina praticamente utilizável. As experiências de Watt foram financiadas por John Roebuck, que teve participação na patente registada em 1769. Mas as fundições de Carron não podiam fornecer os operários especializados, cuja contribuição era essencial, e muitas das energias do próprio Watt foram gastas a ganhar a vida como perito e engenheiro civil.

Em 1774, porém, Roebuck, cujos negócios caminhavam mal, transferiu a sua quota na patente para Matthew Boulton (1728-1809) e James Watt deixou a Escócia, indo instalar-se em Birmingham. Aqui teve o apoio de um homem, já bem instalado no mundo dos negócios, dotado de um temperamento impulsivo e movido por uma ambição muito maior do que, simplesmente, a de ganhar dinheiro.

Nas fábricas de Soho pertencentes a Boulton havia os artifices de que Watt necessitava para fabricar válvulas e outras peças delicadas do seu invento. Não muito longe estavam as fábricas de ferro Coalbrookdale, com a sua longa experiência na produção de moldagens para



Esquema do cilindro de Watt, cerca de 1755 (Vierendeel)

a máquina de Newcomen, e muito perto também estava, em Bradley, o grande industrial de ferro John Wilkinson (1728-1808), cuja patente, de 1774, para a perfuração de canhões, podia ser adaptada à perfuração de cilindros com uma perfeição nunca atingida até essa ocasião. Watt tivera sorte com os seus associados. As investigações de Black, que lançaram os primeiros fundamentos, o capital e a iniciativa de Boulton, a habilidade de Wilkinson, a perícia técnica de Murdoch e Southern e uma série de obscuros artífices, tudo foi necessário para a construção da máquina a vapor. O mérito de Watt consiste não só em ter sido o primeiro a aplicar à indústria os métodos da experimentação sistemática, usados na ciência pura, como também o ter sido capaz de sintetizar as ideias dos outros, reunindo as diferentes especialidades necessárias à criação de um mecanismo complexo.

Em 1775, o Parlamento prolongou a patente de Watt por mais vinte e cinco anos, até 1800. Durante os seis primeiros anos deste período, o engenho continuou sendo uma invenção de actuação directa, produzindo um movimento de vaivém. Tinha uma eficiência quatro vezes maior do que o engenho de Newcomen e era usado na extracção de água dos reservatórios, nas salinas, nas fábricas de cerveja, nas destilarias e nas minas de metal da Cornualha. Na indústria de carvão, porém, tinha um papel relativamente reduzido. Na verdade, Watt baseava a sua vantagem na diferença de consumo de combustível entre a máquina de Newcomen e a sua própria, e, como nas minas de carvão a economia de algum combustível não tinha qualquer importância, havia pouco interesse em substituir os antigos por novos engenhos. Na indústria do ferro, por outro lado, o invento era usado para fazer subir água, fazer girar as grandes rodas que puzham em movimento os foles, os martelos de forja e os laminadores; e, por esse facto, mesmo nesta primeira fase de desenvolvimento, teve efeitos importantes na produção.

Se Watt só tivesse feito isso, já mereceria um lugar na primeira linha dos inventores ingleses. Mas não podia ter ficado satisfeito com os melhoramentos, embora grandes, levados a efeito naquilo que era pouco mais do que uma bomba a vapor. A sua inteligência há muito que estava ocupada com a ideia de converter o movimento de vaivém num movimento de rotação, capaz de mover máquinas, e isto foi possível por meio de um certo número de invenções, entre elas uma designada por «sistema solar»¹, e cuja patente foi registada em 1781. No ano seguinte veio o engenho rotativo de acção dupla, em que a força expansiva do vapor se applicava a ambos os lados do pistão; em 1784 imaginou o movimento paralelo e em 1788 realizava a interessante invenção chamada o «governador», que assegurava maior regularidade e leveza de movimento, essencial para os processos industriais mais delicados e complexos.

A introdução do engenho rotativo foi um acontecimento de primeira importância. Coincidindo com a época em que surgiu a pudelagem e a laminagem do ferro, ocorreu logo a seguir às invenções de Arkwright e Crompton, transformando por completo as condições de vida de centenas de milhares de pessoas. Quando, em 1783, se montou o primeiro dos novos engenhos para fazer mover um martelo na oficina de John Wilkinson, em Bradley, tornou-se claro que se tinha dado, na Grã-Bretanha, uma revolução tecnológica. Até que expirasse o prazo das suas patentes, em 1800, Boulton e Watt construíram e puseram em actividade cerca de quinhentos engenhos de ambos os tipos na Inglaterra e, nalguns casos (poucos), no exterior. A nova forma de energia e os maquinismos de transmissão, pelos quais aquela fazia trabalhar máquinas

¹ *Sun and planet* — forma de engrenagem que consiste numa roda dentada central (roda solar) e numa ou mais rodas exteriores (roda ou rodas planetárias) engrenando de forma que o eixo da última se move à volta da primeira, tal como um planeta à volta do Sol.

antes accionadas pela força muscular, foram a via pela qual a indústria entrou na idade moderna.

Foi na indústria têxtil que se deu uma transformação mais rápida. Já se haviam verificado importantes modificações na fição e já se havia resolvido o problema da falta de fio, que tanto tinha atrasado o desenvolvimento da tecelagem. Entre 1764 e 1767, James Hargreaves, carpinteiro-tecelão em Blackburn, inventava uma simples máquina manual chamada *jenny*¹, por meio da qual uma mulher podia fazer, ao mesmo tempo, seis ou sete fios; mais tarde, ia até oitenta fios. Infelizmente para ele, fabricou e vendeu um certo número de *jennies* antes de registar a patente, em 1770, e, por essa razão, os tribunais não atenderam as suas exigências. A *jenny* foi adoptada com entusiasmo primeiro em Nottingham e depois em Lancashire; e à volta de 1788 havia, a trabalhar, na Inglaterra, segundo se calcula, cerca de 20 000 destas máquinas. A *jenny* era tão pequena que podia ser instalada numa casa de habitação; também era barata e não exigia grande esforço para ser posta a funcionar. Em consequência disso, adaptou-se perfeitamente ao equipamento próprio da indústria doméstica; e, desde que a fiandeira podia agora produzir a par com o tecelão, o efeito foi fortalecer, mais do que enfraquecer, a economia familiar. O fio fiado pela *jenny* era, porém, macio, só utilizável para a trama; a urdidura tinha ainda de ser fiada à mão, até que, directamente ligada à invenção de Hargreaves, surgiu uma outra ligada ao nome de Arkwright.

Richard Arkwright (1732-1792) era barbeiro e fabricante de cabeleiras postigas em Preston. Não tendo ele próprio, segundo parece, grande talento inventivo, tinha, porém, a força de carácter e o sólido bom senso tradi-

¹ Nome próprio feminino que o seu inventor lhe deu porque fazia o trabalho de fição entregue a mulheres.

cionais na sua terra natal — com pouco, deve dizer-se, da simpatia e bom humor que são, de facto, os traços dominantes do povo de Lancashire. Ajudado por um fabricante de relógios de Warrington, John Kay (que havia assistido às experiências sobre fição de Thomas Highs, de Leigh), fabricou, em 1768, o «bastidor», que patenteou no ano seguinte. A primeira vista, o bastidor era semelhante à invenção de Lewis Paul — utilizava tambores para estender a mecha antes de passar para o fuso, embora não se possa dizer se Arkwright, Kay ou Highs viram ou não a máquina fabricada por Lewis Paul. O produto era um fio forte, ainda que um tanto áspero e encordoado, utilizável para a urdidura e menos caro do que o linho, geralmente usado para o efeito. Foi com a produção dessas chitas baratas, inteiramente de algodão, que se desenvolveu a primeira fase da revolução industrial.

Tal como Hargreaves, Arkwright depressa seguiu de Lancashire para Nottingham, onde a procura dos fabricantes de malhas fornecia um mercado imediato para o seu fio. Ao contrário da *jenny*, o bastidor necessitava de maior energia do que a força humana, e, por isso, foi logo, desde o início, instalado ou em moinhos, ou em fábricas. Após experiências em pequenas instalações onde se utilizava a força de cavalos, Arkwright procurou o apoio dos fabricantes abastados Samuel Need, de Nottingham, e Jedediah Strutt, de Derby. Em 1771 montou, em Cromford, uma grande fábrica movida a água, segundo parece, com modelo nas fábricas de seda de Lombe, em Derby; dentro de pouco tempo, dava emprego a cerca de 600 trabalhadores, a maior parte crianças. Depressa se verificou que os antigos métodos de cardagem já não podiam fornecer matérias-primas em quantidade suficiente para fazer face ao trabalho dos fiandeiros; e em 1775, reunindo as ideias de outros e acrescentando-lhes a manivela e o pente, Arkwright registou uma patente para cardagem por cilindros. Tal como a fição por

tambores, esta máquina exigia uma energia que não a humana; assim, tornou-se corrente fazer as duas operações lado a lado na fábrica. Montaram-se novos moinhos em Belper e Milford, no Derbyshire, e em 1777 montou-se em Lancashire a primeira das fábricas dotadas de energia hidráulica. Depois de 1781, quando os fiadores de algodão de Manchêster (obtidos adversários de todas as formas de monopólio como eram) conseguiram fazer revogar a patente da máquina de cardar, centenas de trabalhadores passaram a trabalhar em novas fábricas não só em Lancashire, mas também em Cheshire, Derbyshire, Nottinghamshire, Yorkshire e Gales do Norte.

Por meados dos anos 80, a situação voltou a alterar-se, com outra novidade na fiação. Depois de sete anos de experiência na sua «câmara de fiação», em Hall-i'-th'-Wood, um tecelão de Bolton, Samuel Crompton (1753-1827), conseguiu fabricar um fio fino, forte e utilizável tanto na trama como na urdidura e adaptado à fabricação de toda a espécie de têxteis, mas especialmente para tecidos finos, até então importados do Oriente como artigos de luxo. A máquina tinha elementos tanto da *jenny* como do bastidor movido a água e, em virtude da sua origem híbrida, veio a ser conhecida pelo nome de «mula». Não se fez qualquer registo de patente, talvez porque os termos amplos em que havia sido concedida a patente a Arkwright o não permitiam. Quando, em 1785, ambas as patentes de Arkwright foram finalmente canceladas, abriu-se o campo à livre iniciativa. No mesmo ano, a máquina a vapor de Watt era, pela primeira vez, aplicada à fiação por tambores e depois de 1790, quando a energia a vapor foi aplicada a fazer mover as «mulas», tornou-se possível construir grandes fábricas em cidades. Não quer isto dizer, porém, que as fábricas do campo declinassem: pelo contrário, o seu número aumentou sempre até cerca do fim da primeira década do século XIX — isto porque as máquinas movidas a água tinham menor vibração do que as máquinas a vapor e eram, portanto,

melhores para fiar fios delicados. Mas o desenvolvimento das fábricas urbanas foi rápido: enquanto em 1782 havia somente duas fábricas para tecidos de algodão em Manchêster e arredores, em 1802 atingiram o número de 52; e, por volta de 1811, quatro quintos dos tecidos de algodão produzidos em Lancashire eram feitos pelo fio da máquina de Crompton, sendo a maior parte tecida nas cidades.

Nos anos 80 e 90, a procura de novas musselinas foi tão grande que os tecelões (embora não tivesse sucedido o mesmo com as roupas mais grosseiras) ganharam imenso. Havia, na verdade, uma grande alta e um grande número de pessoas passaram a dedicar-se à indústria de tecelagem. Foi um período que assistiu a uma rápida transformação de celeiros e casas de cerveja em oficinas de tecelagem, multiplicando-se, por toda a região, «casas para tecer» junto das casas de habitação. Mas a «idade dourada dos tecelões» não estava destinada a durar muito. Em 1784, um clérigo-poeta, Edmund Cartwright, antevendo o progresso que se seguiria depois de terminados os direitos de patente de Arkwright, imaginou um tear mecânico que podia ser posto em movimento por cavalos, azenhas ou engenhos a vapor. Ao contrário das máquinas de fiação, o tear mecânico teve um progresso relativamente lento: muitos melhoramentos se tiveram ainda de introduzir antes que pudesse ser um efectivo instrumento de produção fabril. William Radcliffe e Thomas Johnson, em 1803 e 1804, introduziram nele novos melhoramentos para preparar a urdidura e levantar o pano no varal-mestre; na década seguinte, Horrocks, de Stockport, e Roberts, de Manchêster, introduziram novos melhoramentos. Mas, mesmo em 1813, não havia mais do que 2400 teares mecânicos no país, contra um número centenas de vezes superior de teares manuais. Depois do final das campanhas de França, o ritmo do desenvolvimento tornou-se mais rápido: por volta de 1820 havia cerca de 14 000 e em 1833 existiam

cerca de 100 000 teares mecânicos na Inglaterra. A tentativa dos tecelões manuais em competir com a máquina a vapor e com a organização superior da fábrica constituiu a matéria de um dos capítulos mais deprimentes da história económica deste período.

Em muitos casos, a tecelagem era feita por empresários independentes que se haviam especializado neste ramo da indústria; mas depois de 1820 desenvolveu-se a tendência entre os fiandeiros para colocarem teares nas suas fábricas de fição. Tal como no ferro, na indústria algodoeira a transformação industrial associou-se ao desenvolvimento de grandes organizações e à junção de técnicas.

A maior parte das inovações na fição e tecelagem era aplicável à manufactura de outros têxteis. Mas, de facto, o progresso tecnológico foi muito menos rápido e de mais baixo nível na indústria da lã do que na do algodão. Mesmo em meados do século XIX, trabalhavam em fábricas de lã pouco mais de metade dos seus operários têxteis de Yorkshire e em West Country ainda menos. A causa disto não está (como alguns supuseram) num conservantismo inato; os habitantes de Yorkshire eram, como hoje, enérgicos e expeditos como os de Lancashire. Ela reside, em parte, na natureza da matéria-prima e, em parte, nos regulamentos que, com boas intenções, mas mal informados, os governos tinham feito para orientar a indústria e ainda no facto de a procura de tecidos de lã, tanto na Grã-Bretanha como fora, ser menor do que a de chitas e musselinas. Num lugar ou noutro, industriais de iniciativa, como Benjamin Gott, montaram grandes fábricas. Mas a organização típica era uma empresa relativamente pequena, com vários proprietários de quotas iguais — afinal uma companhia por acções. Fizeram-se algumas fortunas consideráveis no West Riding, mas não houve nenhum Arkwright ou Peel,

nem um rei da lã, para competir com os reis do algodão da zona oeste dos Peninos.

As operações de acabamento na manufactura do algodão sofreram mudanças muito menores do que a cardagem, fição e tecelagem. Nos primeiros anos do século XVIII, a estampagem das chitas era feita por artefices, que, utilizando peças de madeira, imprimiam, à mão, o padrão no tecido. A primeira inovação consistiu em substituir a madeira por placas de cobre; mas o maior passo em frente foi dado em 1783, quando um escocês, Thomas Bell, substituiu as placas por grandes cilindros movidos a vapor. A sua invenção foi imediatamente adoptada pelos Peels e outros em Lancashire e a era da estampagem de chita em larga escala coincidiu, assim, quase precisamente, com a cardagem e a fição, nas mesmas condições. As outras operações de branqueamento e de tinturaria eram menos susceptíveis de processos mecânicos. Mas também aqui uma longa série de inovações culminou, por esta altura, numa revolução da técnica e no desenvolvimento de grandes empresas. O acontecimento está estreitamente relacionado com a descoberta de novos reagentes e tintas, em grande parte devida a cientistas escoceses e franceses e ao desenvolvimento da química industrial na Inglaterra.

O método tradicional de branqueamento consistia em expor aos raios do Sol o produto fabricado ou em fervê-lo, primeiro, numa solução de cinzas e depois em leite azedo. No livro *Art of Bleaching*, publicado em 1756, um professor de Edimburgo, Francis Home, propunha a substituição do leite azedo por ácido sulfúrico, já utilizado na limpeza dos pratos de estanho e outros produtos metálicos. Em 1736, um farmacêutico, Joshua Ward, dispunha de instalações em Twickenham, onde, utilizando um aparelho de vidro, conseguia fabricar ácido sulfúrico em pequena escala. Mas o seu custo era elevado; verdadeiramente, o início da fabricação industrial de ácido

sulfúrico verificou-se, anos mais tarde, quando John Roebuck, que já era um técnico químico, se associou com Samuel Garbett para a instalação de oficinas, primeiro em Birmingham e depois em Prestonpans, onde se produzia o ácido em vasos de chumbo. Em 1787, James Watt trouxe de França o processo de Bertholet de branqueamento por meio de cloro, sendo utilizado na Escócia por um seu cunhado, M'Gregor, assim como por outros. Em 1798, Charles Tennant, de Glásgua, fazendo passar o gás de cloro sobre cal apagada, descobriu um processo de produzir um pó de branqueamento fácil de manejar e de transportar e menos perigoso para a saúde do que os ácidos líquidos.

A produção de materiais descorantes era somente um aspecto da aplicação da química à indústria. Paralela e relacionada com a manufatura dos ácidos estava a produção de alcalinos e de sais. Em Prestonpans, Roebuck, utilizando o vitríolo e o sal comum, produziu soda e, em 1773, James Keir (que tinha estudado química sob a orientação de Black e havia colaborado com Wolfe, em Quebec) associou-se a um outro ex-funcionário, Alexander Blair, para a montagem de oficinas em Tipton. Aí fabricavam soda para sabão, alvaiade para a cerâmica e litargírio para a indústria vidreira, com a qual se instalaram mais tarde em Stourbridge. Outros industriais dedicavam-se à produção de potassa, alúmen e amônia, tendo sido descoberto, alguns anos mais tarde, por Priestley, um processo para produzir esta última. Numa nova fase, a existência de água salgada, carvão e ácido sulfúrico atraíram a indústria química para a área à volta de Tyne, onde, no início do século XIX, a introdução do processo Leblanc pelos Cooksons conduziu a uma rápida concentração populacional à volta do Shields do Sul e em Gateshead. Mas o progresso maior surgiu nos primeiros vinte anos de século XIX, quando, encorajados pela redução dos impostos sobre o sal, James Muspratt e Josiah Gamble abandonaram a Irlanda para

explorarem em Liverpool o processo Leblanc. Foi devido aos seus esforços que vieram a desenvolver-se mais tarde as prósperas mas pouco atraentes povoações de St. Helens e Widnes.

Entretanto, progredia-se na utilização dos derivados do carvão. Por volta de 1756, o geólogo escocês James Hutton conseguia extrair sal amoníaco da fuligem. Contudo, é a um outro escocês, Alexander Cochrane, nono conde de Dundonald, que cabe o mérito de utilizar o carvão como fonte de produtos químicos. Durante todo o século XVIII, a resina e o alcatrão, essenciais para a protecção da madeira dos navios, eram quase um monopólio dos Estados bálticos, que, deste modo, estavam em condições de exercer pressão diplomática sobre uma nação cuja prosperidade dependia, cada vez mais, dos seus navios. O patriotismo e o interesse próprio, simultaneamente, levaram o conde a tentar extrair alcatrão e verniz do carvão dos seus domínios e em 1782 montou, em Culross, oficinas com esse fim. Várias circunstâncias favoreceram a empresa. Joseph Black, Adam Smith e um parente, J. L. Macadam, deram o seu parecer; o Parlamento autorizou a patente até 1806; e o rápido desenvolvimento dos fornos de coque, depois das invenções de Henry Cort, forneceu a matéria-prima necessária através dos gases desperdiçados. Mas a falta de capitais, o conservantismo do Almirantado e o próprio temperamento dos Dundonalds provocaram um desastre financeiro. Macadam e os seus sucessores é que recolheram os benefícios de uma inovação cujas potencialidades só em nossos dias plenamente se realizaram.

Nas indústrias até agora consideradas, o desenvolvimento da produção está associado a nova formas de energia, nova maquinaria ou novos conhecimentos derivados da ciência. Em face do desenvolvimento que se verificou na indústria cerâmica, torna-se claro que não foram estas as únicas influências a exercer-se na revolução industrial. Desde o século XVII que a crescente

carência de estanho e chumbo e a crescente predileção pelo chá e café provocaram uma substituição gradual dos vários tipos de utensílios caseiros de metal por utensílios de barro. A porcelana oriental e a louça de Delft, da Holanda, apareciam na mesa das pessoas «bem» e a cerâmica inglesa, mais rude, encontrava-se na mesa dos pobres. No princípio do século XVIII havia olarias em Lambeth, Chelsea, Bristol, Worcester, Liverpool e outros centros urbanos; mas a carência de madeira como combustível fez deslocar a indústria para as áreas do carvão e especialmente para o Norte de Staffordshire, onde se podia dispor de vários tipos de barro e de chumbo para a vidragem. Tal como nas outras actividades produtoras de bens de consumo, as oficinas eram pequenas. O padrão típico era um homem que possuía uma ou duas oficinas, uma tina para misturar o barro com a água, uma estufa para secagem, uma só roda de oleiro, movida à mão ou com o pé, e um forno para cozer o barro. Os vasos eram vendidos aos ambulantes, que os levavam em cestos sobre animais de carga. O progresso consistia, em larga medida, numa questão de desenvolver novas artes, em encontrar melhores barros, materiais de vidragem e meios de coração. O barro branco de Devon e de Dorset, misturado com pederneira calcinada, substituiu o barro de Staffordshire, mais grosseiro e opaco; para a vidragem trouxe-se o sal de Cheshire, embora isso não significasse que o chumbo fosse posto de parte. O cobalto passou a ser usado na tinturaria e o gesso empregado para fazer os moldes de cerâmica. Em meados do século inventou-se o pirômetro, para medir a temperatura dos fornos, e pouco depois adoptava-se o uso de pratos de cobre para gravar desenhos no barro.

Em alguns destes progressos teve acção importante a família dos Wedgwoods, cujos membros se dedicavam à indústria desde os primeiros anos do século XVI. O desenvolvimento das olarias está mais estreitamente ligado ao nome de Josiah Wedgwood (1730-1795). Em 1790 ins-

talou perto de Hanley as famosas oficinas Etrúria, que, tal como Coalbrookdale, Cromford e Soho, se tornaram um modelo para muitas outras instalações. Embora não fosse um cientista especializado, Wedgwood era um experimenter infatigável; imaginou um vidro verde, introduziu a cerâmica creme, conhecida pelo nome de «cerâmica da Rainha», e aperfeiçoou a cerâmica jaspe (figuras brancas em relevo sobre um fundo colorido), que hoje é citada sempre que se menciona o nome de Wedgwood. Tinha sensibilidade artística e empregava homens da categoria de Flaxman¹ e Webber² para desenhar as suas produções «ornamentais»; mas tinha também o bom senso de saber que os seus lucros deviam provir da manufactura em larga escala daquilo a que ele chamava o «barro corrente». Amigo de Boulton e de Watt, tomou especial interesse pelo desenvolvimento da máquina a vapor e utilizou a nova energia para a moenda dos materiais e para fazer girar o torno. Mas a maior parte do trabalho em Etrúria era feita à mão: foi pelo aumento da divisão de trabalho que Wedgwood conseguiu a redução no preço do custo pelo qual a sua cerâmica conseguiu mercados em toda a Grã-Bretanha, assim como na Europa e na América. Construiu uma aldeia para os seus trabalhadores, gastou muito dinheiro no melhoramento de estradas e foi tesoureiro do Grande Canal de Junção, cuja abertura, em 1777, trouxe uma nova era de prosperidade para a cerâmica em geral e para a sua fábrica Etrúria em particular. Embora não fosse o autor de qualquer

¹ John Flaxman (1755-1826), escultor e desenhador inglês de grande renome em virtude das suas estátuas de Howe, Nelson, Collins, Reynolds, Washington, etc. Notável ilustrador de livros e de peças de cerâmica.

² Webber (1750[?]-1793), pintor paisagista inglês, mas de formação continental. As suas paisagens, de minucioso acabamento, prestavam-se à gravação, tendo sido escolhidas por muitos gravadores famosos (Bartolozzi, por exemplo). As obras de cerâmica têm as mesmas características.

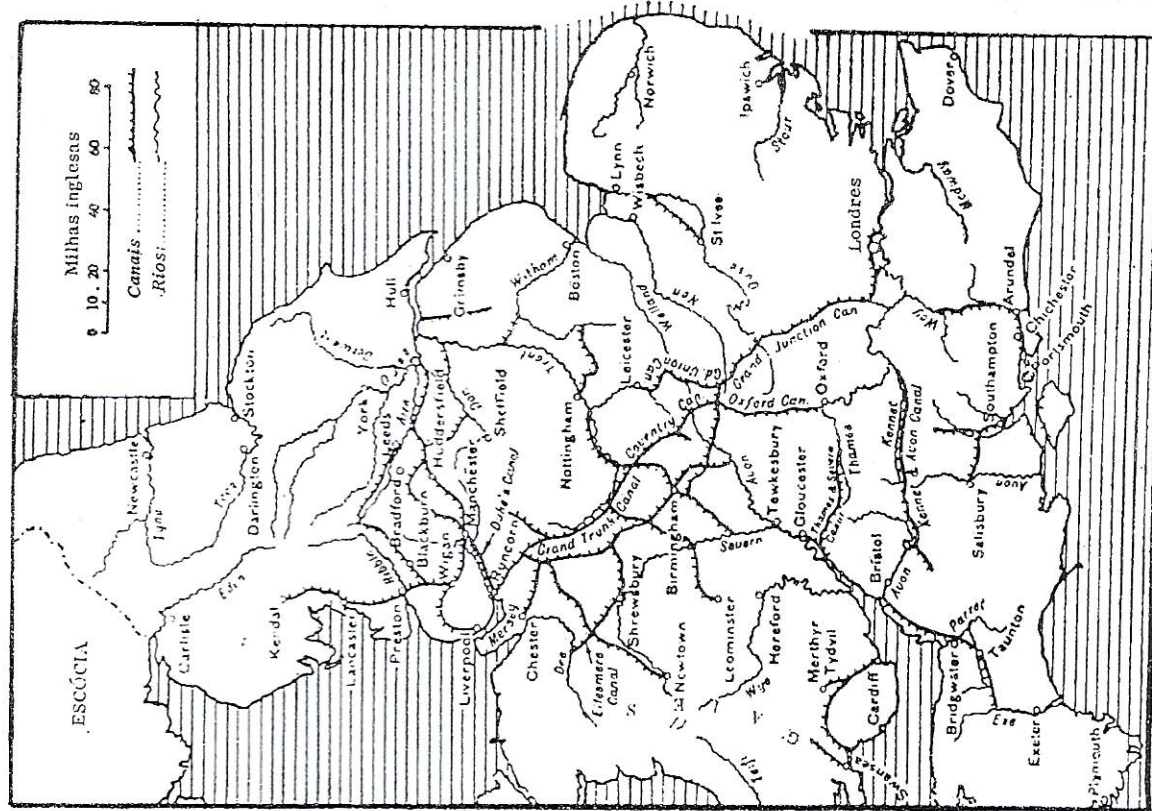
invenção especial, Wedgwood foi um inovador de primeira categoria. Teve a habilidade de obter a maioria das acções na Cornish Clay Company e a sua capacidade organizadora revelou-se não só na importância que deu ao treino de trabalhadores como no cuidado que tinha na selecção dos seus vendedores e gerentes e na atenção que dava à eliminação do refugo. Começando em humildes condições, quando morreu tinha mais de meio milhão de libras e dominava um processo de fabricar cerâmica pelo qual «transformou uma manufactura rude e pouco considerada numa arte elegante e num importante elemento no comércio nacional».

De entre as novas indústrias que tomaram desenvolvimento no século XVIII, a construção civil deve ter sido a mais importante. Tem-se dito que o engenheiro civil, tal como hoje é conhecido, é o descendente directo do sapador das guerras do século XVII. No entanto, embora assim possa ter sido noutras partes da Europa, na Inglaterra foram as necessidades comerciais, e não as estratégicas, que provocaram os melhoramentos nos meios de comunicação: os homens que fizeram as novas estradas, pontes, canais e caminhos-de-ferro eram civis empregados não pelo Estado, mas por indivíduos ou companhias desejos de desenvolver o comércio na região donde tiravam os seus rendimentos pessoais. Os mais interessados eram os grandes proprietários territoriais, salientando-se de entre todos Francis Egerton, segundo duque de Bridgewater, que se julga ter aplicado mais de 200 000 libras no desenvolvimento de canais e em minas de carvão.

Em 1759, o duque, cansado da sociedade de Londres e desiludido de amores, deu realização ao projecto, concebido por seu pai, de fazer um canal desde as suas minas de carvão em Worsley até à progressiva cidade de Manchéster, a algumas milhas de distância. Era uma obra de consideráveis dificuldades, uma vez que obrigava que a navegação fosse até junto das minas e, por outro

lado, que se levantasse um aqueduto, em Barton, sobre o rio Irwell. Mas a perícia de James Brindley (1716-1772), um construtor de moinhos analfabeto que estava ao serviço do duque, transpôs todos os obstáculos; e no Verão de 1761 o carvão estava a ser distribuído em Manchéster por metade do custo, no transporte, que até então se pagava por estrada. Quando a Guerra dos Sete Anos acabou, em 1763, e a taxa de juro baixou, o duque concebeu a empresa mais ambiciosa de estender o seu canal até Runcorn, na embocadura do Mersey, de modo a formar uma via de comunicação eficaz entre a região têxtil do Sudeste de Lancashire e Liverpool. Antes de que o novo canal estivesse aberto, em 1767, estavam já organizados os planos para um canal que, passando através da área de sal-gema de Cheshire e a zona cerâmica de Staffordshire, ligasse o Mersey com o Trent e, assim, com o Humber. Este canal, a que foi dada a designação de «Grand Trunk», era uma empresa cuja execução exigia muito mais capitais do que aqueles que se poderiam obter por via particular. O duque, o seu cunhado conde Gower, Lorde Amson, o marquês de Stafford, Josiah Wedgwood, Richard Bentley e outros uniram-se para conseguir a necessária lei que lhes fornecesse os indispensáveis recursos. E de novo Brindley contribuiu com a sua perícia e capacidade organizadora para uma empresa que tinha sob uma direcção unificada um número de homens como nunca até então tinha sido empregado numa só operação, exceptuando as campanhas militares. Surgiram muitas dificuldades materiais e financeiras: só em 1777, muito tempo depois da morte de Brindley, esgotado pelo esforço despendido, é que foi completado o Grand Trunk.

Entretanto, o canal Wolverhampton, começado em 1768, ligava o Midlands metalúrgico com o rio Severn: fez a sua junção com o Grand Trunk e as duas navegações permitiram assim o transporte constante por via marítima entre Bristol, Liverpool e Hull. Londres era o objectivo imediato dos autores dos projectos. Em 1767



Emery Walker Ltd. sc.

Mapa da Inglaterra, mostrando os principais canais e rios utilizados na rede de transportes no princípio do século XIX

e 1768 foram conseguidas leis para dois canais, o Coventry e o Oxford, que deveriam dar acesso ao Tamisa. Mas o início da Guerra da Independência da América trouxe um grande aumento na taxa de juro, que tornou difícil obter capitais, e só em 1790 estava realizado o objectivo principal. Entretanto abriram-se outros canais na região à volta de Birmingham, assim como no Norte. Mas foi no período do dinheiro barato, no início dos anos 90, que a actividade na construção atingiu o seu máximo. A mania dos canais de 1790-1794 provocou, sem dúvida, um certo desgaste dos recursos nacionais em projectos mal concebidos, mas, no seu conjunto, os investimentos em canais trouxeram não só dividendos consideráveis aos accionistas, mas também um aumento efectivo no rendimento público em geral.

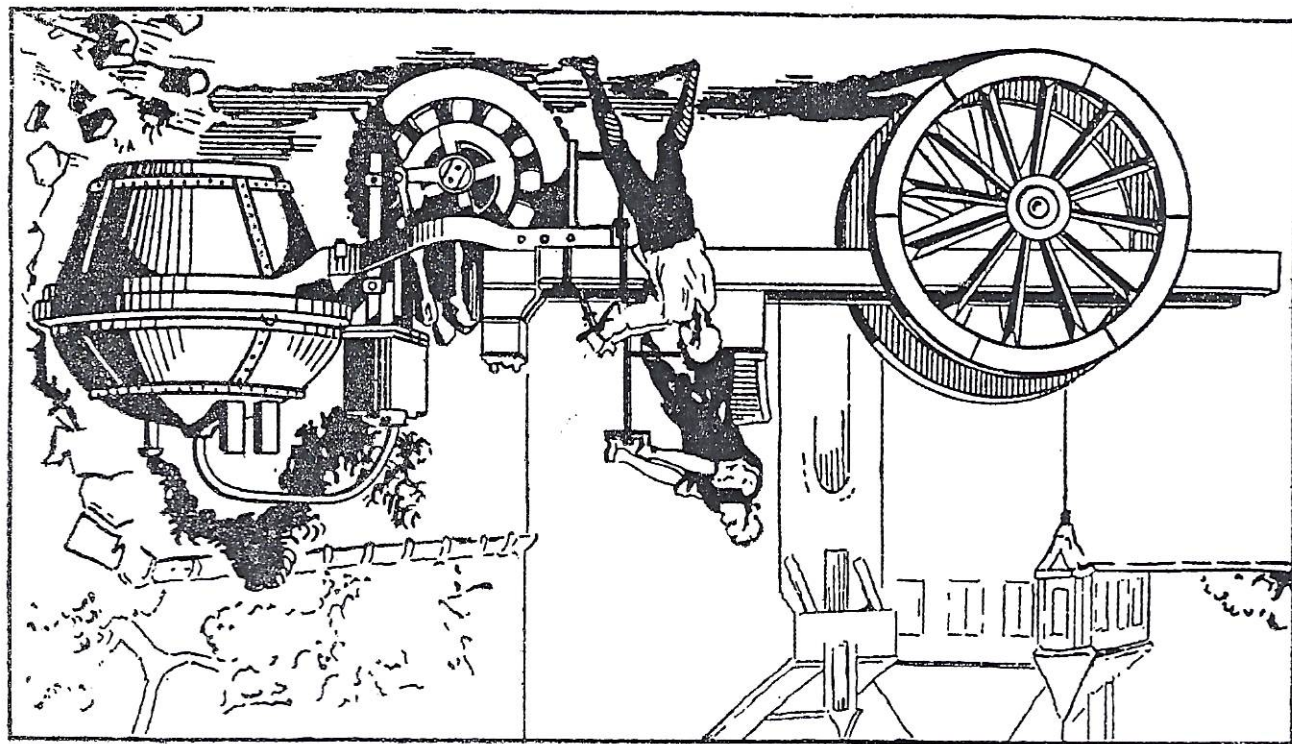
A época dos canais foi curta — coincidiu com o período de 1760-1830 —, mas assistiu a mudanças fundamentais na vida económica. O preço de mercadorias volumosas ou pesadas, tais como carvão, ferro, madeiras, pedra, sal e barro, reduziu-se consideravelmente; regiões agrícolas que tinham estado afastadas dos mercados foram integradas dentro dos círculos de troca, consideravelmente ampliados; o temor de fome local, tanto de alimentação como de combustível, ficava afastado, e o contacto mais estreito entre as pessoas através de novos meios de comunicação teve uma influência civilizadora nas populações das regiões cerâmicas e outras áreas do interior. Houve uma redistribuição de actividades: alguns antigos portos fluviais, tais como o Bewdley e o Bawtry, decaíram, enquanto novas povoações situadas nos pontos nodais se desenvolveram: por exemplo, Stourport. Melhoraram as condições de concorrência dos centros de produção mais distantes e os rendimentos nos centros mais próximos dos mercados baixaram ou pararam de subir, aliás, como, de outro modo, teria sucedido. Os rendimentos recebidos por aqueles que haviam aberto os novos canais, ao serem consumidos, resultavam num

aumento do nível geral de emprego. A oferta de acções ao portador, com promessas de lucros altos, habituara os homens a investir os seus capitais fora da restrição aplicação em fundos do Estado e em companhias monopolistas de comércio e tiveram assim a sua influência no desenvolvimento de um mercado anónimo de capitais. Porém, o mais importante resultado do movimento iniciado por Bridgewater e Brindley deve ter sido o ter preparado um novo tipo de engenheiros civis aptos a corresponderem às solicitações que a idade dos caminhos-de-ferro havia de fazer à sua pericia, persistência e capacidade para o esforço disciplinado.

Fizeram-se alterações paralelas no sistema inglês de estradas. Na primeira metade do século foram aprovadas leis para regular o peso das cargas, o número de cavalos por galera e a largura das rodas. Tratava-se de adaptar o tráfego às estradas. No entanto, a partir de 1750, procurava-se adaptar as estradas ao tráfego. A extensão das estradas com valeta aumentou imenso, em especial no princípio dos anos 50, e mais tarde, nos anos 90, quando as taxas de juro eram baixas. Em especial nas crescentes regiões industriais do Norte, vários engenheiros autodidactas muito fizeram por aumentar a capacidade de transporte das estradas. Entre os pioneiros contava-se John Metcalf (1717-1810), que, apesar de cego, construiu muitas estradas em Lancashire e Yorkshire, deitando molhos de urze como alicerces onde o subsolo era mole, fazendo superfícies convexas e cavando valas para levar a água, principal inimigo do construtor de estradas, como já o era do mineiro. Num período mais recente está Thomas Telford (1757-1834), fiscal da estrada Londres-Holyhead, arquitecto da linda ponte Menai e primeiro presidente da Sociedade dos Engenheiros Civis, e John Loudon Macadam (1756-1836), inspector-geral das Estradas de Londres e o primeiro director-geral de Transportes. Os métodos destes dois homens eram diferentes: o primeiro fazia cair a pressão

sobre sólidos alicerces; o segundo colocava à superfície cascalho batido disposto numa espécie de arco. Mas juntos revolucionaram o tráfego. Por todo o país, as galeras substituíram os animais de carga; o número de viaturas públicas e particulares aumentou extraordinariamente, e nas duas décadas que se seguiram a Waterloo a Inglaterra teve uma época de carros velozes, de hospedarias sempre cheias e de preocupação com estilo e qualidade dos cavalos, o que ainda não desapareceu completamente. Embora, para a indústria, as modificações nas estradas fossem menos importantes do que os canais, os seus efeitos no comércio interno tiveram grande interesse: o caixeiro-viajante veio substituir o almocreve; o correio tornou-se um meio efectivo de correspondência e os processos de colocar depósitos à ordem e de remeter dinheiro tornaram-se mais simples e rápidos.

Desde tempos muito antigos que era uso corrente, nas minas mais importantes, dispor tiras de madeira no chão para facilitar o movimento dos carros que transportavam o carvão para as margens dos rios ou para os portos. No princípio do século XVIII, nas curvas e noutros pontos de maior fricção, fixavam-se muitas vezes, a essas tiras, chapas de ferro fundido. Mais tarde, em 1767, Richard Reynolds construiu desde Coalbrookdale até Severn um troço de carris de ferro fundido, providos de abas para conservar as rodas na linha; e em 1789, seguindo-se o conselho do famoso engenheiro John Smeaton, a aba foi transferida do carril para a roda. Até então, os carris foram usados quase exclusivamente à volta das minas de carvão e nas oficinas metalúrgicas de ferro. Mas, em 1801, construiu-se o Caminho-de-Ferro de Surrey, de Wandsworth a Croydon, para transportar mercadorias para o público em geral. Durante os seguintes vinte anos, um grande número de companhias foram autorizadas a instalar tranvias, embora a maior parte delas se destinasse mais a alimentar a circulação dos



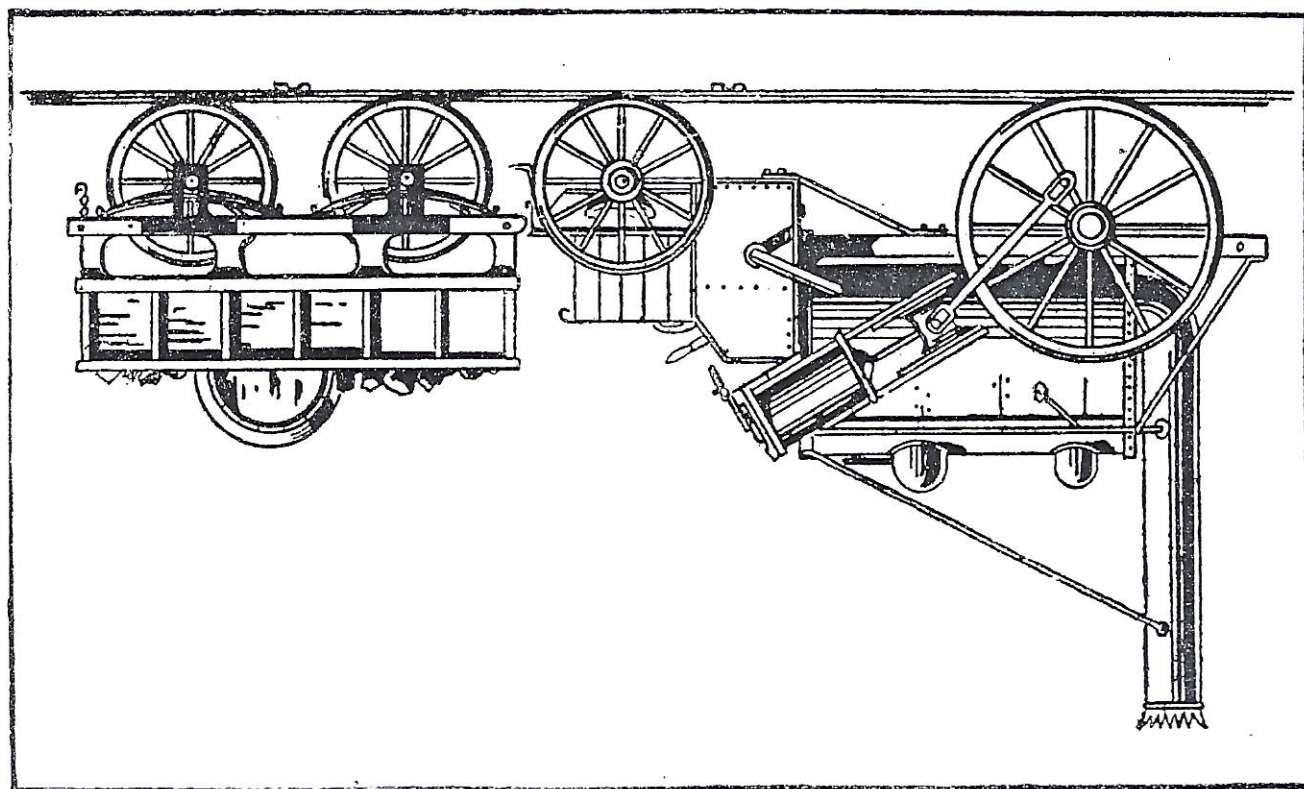
O CARRO DE CUGNOT — O carro do engenheiro Cugnot (1770) precipitando-se sobre um muro (segundo uma gravura da época)

canais do que a constituir uma alternativa nos transportes disponíveis.

Inicialmente, a tracção em todos os caminhos-de-ferro era feita por cavalos. Mas, a partir de 1760, muitos esportes inventivos, tanto em França como na Inglaterra, procuraram descobrir o meio de adaptar ao transporte a máquina a vapor, recentemente descoberta. Em 1784, William Symington e William Murdoch construíram modelos de locomotivas. Mas Watt, que era o árbitro em todas as matérias referentes a máquinas a vapor, considerou-as simples brincadeiras, e, em grande parte, por causa da sua atitude obstrucionista, foi posta de lado a ideia de uma locomotiva a vapor. Expirado o prazo da patente de Watt, o engenheiro Richard Trevithick (1771-1833), da Cornualha, inventou um engenho de alta pressão; e em 1803 uma viatura a vapor por ele construída fez várias viagens pelas ruas de Londres. Porém, as estradas públicas revelaram-se impróprias para o tráfego das locomotivas e a audaciosa experiência de Trevithick não deu frutos imediatos. Foi posta de parte a possibilidade de fazer andar o engenho sobre uma via especialmente construída em virtude da curiosa crença de que uma roda lisa não poderia «agarrar» num carril liso: só em 1812 é que um engenheiro de minas, William Hedley, demonstrou a possibilidade prática da ligação dos dois inventos. Pouco depois, outro mecânico de uma mina, George Stephenson (1781-1848), melhorou a eficiência da locomotiva ao intensificar a tiragem do ar para a fornalha; e quando, em 1821, Edward Pease e os seus amigos quacres conseguiram licença para construir um caminho-de-ferro de Stockton a Darlington, Stephenson foi contratado como engenheiro e a sua locomotiva (juntamente com os cavalos e os cabos puxados por máquinas fixas) foi usada para a tracção. Porém, só em 1829, quando o *Foguete* de Stephenson venceu a corrida em Rainhill, no caminho-de-ferro, construído havia pouco tempo, entre Liverpool e Manchester, é que as potencia-

lidades do transporte a motor foram plenamente compreendidas. A locomotiva a vapor foi o triunfo culminante da revolução tecnológica: os seus efeitos sobre a vida económica da Inglaterra e do mundo foram profundos. Mas a sua determinação — assim como a das consequências paralelas da navegação a vapor — pertence a um período que já está fora dos limites deste livro.

A produção de engenhos era sômente um ramo da produção de máquinas a que demos o nome de «engenharia». O montador, o torneiro ou o assentador, ao traçarem a sua genealogia desde Stephenson, Watt e Newcomen para trás, chegam ao construtor de moinhos, que fazia a montagem e reparação das azenhas e do aparelho de moenda em que se trabalhava. Podem também encontrar antepassados nos inspectores das minas de carvão, nos fabricantes de relógios e de instrumentos, nos fundidores e nos fiandeiros de algodão, que durante a revolução industrial alteraram por completo os domínios da sua actividade. Quando Boulton e Watt deixaram de ser simples consultores (fornecendo planos, vigiando a construção de máquinas e cobrando direitos de patente) e fundaram, em 1795, a fundição Soho, em Birmingham, deu-se um importante passo na montagem de uma indústria especializada. Por essa mesma altura, ou pouco depois, foram montadas em Londres um certo número de oficinas de construção de máquinas por homens como Joseph Bramah, Henry Maudslay e Joseph Clement. E nos centros têxteis de Lancashire e Yorkshire, onde até então eram os próprios mestres fiandeiros que faziam as suas máquinas, instalaram-se oficinas como as de Dobson e Barlow, Asa Lees e Richard Roberts. Tais instalações constituíam elementos económicos superiores à estrutura produtiva e eram, ao mesmo tempo, causa e efeito da indústria em larga escala. Os engenhos inventos daí provenientes são demasiado numerosos para serem aqui catalogados: bastará referir que



A PRIMEIRA LOCOMOTIVA — O Foguete, de Stephenson, que atingiu 60 km/h em 1825

os processos mais rigorosos de aplainar, brocar, serrar e tornear que aí se desenvolveram desempenharam uma acção muito significativa na fase subsequente da revolução técnica em Inglaterra.

Até aqui tem-se traçado separadamente o processo de invenção em cada indústria. Processo expositivo que tem a vantagem de tornar claro o que era complexo, em cada fase do processo, mas não resulta quando se pretende salientar como as descobertas nos diferentes campos de actividade estão ligadas entre si. Muitas vezes dá-se um simples caso de imitação, tal como sucedeu com o princípio da laminação dos materiais, fazendo-os passar por entre cilindros, que passou da indústria do ferro para a têxtil, ou com o método de Wilkinson para brocar os canhões, aplicado ao fabrico dos cilindros das máquinas a vapor. Outras vezes, um avanço num domínio era condição de progresso noutro, tal como sucedeu com o aperfeiçoamento dos fornos de coque, que tornou possível a extração do alcatrão. Com frequência, duas ou mais indústrias iam a par, contribuindo cada uma delas para o progresso da outra. Newcomen não poderia ter aperfeiçoado o seu maquinismo sem a descoberta da fundição pelo coque, que permitiu o fornecimento de peças fundidas mais complexas e em maior número; e sem a máquina de Newcomen dificilmente Darby poderia ter obtido por fole correntes de ar capazes de produzir ferro na escala necessária. Tanto a máquina atmosférica como a máquina a vapor ajudaram a aumentar a produção carbonífera e de metais e o maior fornecimento destes últimos (especialmente cobre e latão) influenciou o desenvolvimento da maquinaria. «A invenção é a mãe da necessidade»: um melhoramento num processo de uma indústria exercia pressão sobre outras técnicas anteriores, concomitantes ou posteriores da mesma indústria. A invasão dos fundidores no domínio dos mestres

de forja obrigou estes a estudarem novas maneiras de reduzir o custo do ferro forjado; a introdução da lançadeira volante exigiu que os fiandeiros procurassem melhores métodos de produzir fio, e os melhoramentos posteriores na fiação e tecelagem trouxeram uma necessidade nova no sentido de procurar métodos mais rápidos de branqueamento e de acabamento. Em todos estes casos, uma inovação suscitou outra inovação.

Os estabelecimentos em que se aplicaram, pela primeira vez, as principais descobertas — Coalbrookdale, Cromford, Carron, Etrúria e Soho — tornaram-se centros donde irradiaram ideias e iniciativas para outras partes. Os Darbys treinaram homens como Joseph e William Reynolds e os irmãos Cranage; e das oficinas de ferro de Carron provieram os homens das companhias de Clyde, Calder, Crammond e Muirkirk. A técnica de Arkwright e o seu método de organizar o trabalho foram integralmente copiados por centenas de mestres fiandeiros de algodão na Inglaterra, Escócia e Gales. Boulton e Watt instruíram toda uma geração de engenheiros, que incluía homens como Murdoch, Bull, Cameron, Southern, Ewart e Brunton. E de uma escola de engenharia mais recente, as oficinas de Henry Maudslay, em Londres, vieram Nasmyth, Clement, Roberts, Whitworth e muitos outros.

O desenvolvimento das invenções reflecte-se directamente nas tabelas dos comissariados de patentes. Antes de 1760, o número de patentes registadas num só ano raramente excedia uma dúzia, mas, em 1766, subiu bruscamente para 31 e, em 1769, para 36. Durante alguns anos, a média manteve-se abaixo deste número, mas, em 1783, teve uma subida súbita, para 64. Depois o número desceu, até que em 1792 vem um novo salto, para 85. Durante os oito anos seguintes flutuou à volta dos 67, mas desde 1798 temos um movimento ascendente até ao elevado número de 107, em 1802. Outros números muito elevados surgem em 1813 e 1818, mas não são

significativos. Em 1824, porém, o número de patentes sobe, mais uma vez, repentinamente, para 180, e no ano seguinte atinge-se a cifra, sem precedente, de 250. Aqueles que têm a pernicioso opinião de que a guerra é favorável ao progresso tecnológico podem verificar que são de paz os anos de maior número de patentes — 1766, 1769, 1783, 1792, 1802 e 1824-1825. E aqueles que julgam que «o vento sopra só onde quer» (Evangelho de S. João, 3. 8.) poderão ponderar o facto de que em cada uma destas datas a taxa de juro tinha descido relativamente ao seu nível anterior e que em todos aqueles anos eram elevadas as esperanças de lucro¹.

Quando se dispõem as invenções por ordem cronológica, é possível determinar uma ou duas fases distintas².

Nos primeiros anos do século XVIII dirigiram-se os esforços principalmente para dominar as forças exteriores ao homem. Em Coalbrookdale, a energia extraída do carvão era essencial para a fundição, a pressão atmosférica era a energia que fazia mover as bombas e a gravitação a força pela qual a água, levada a um ponto alto, fazia mover a roda da azenha quando caía. A partir dos anos 30 e 40, quando o capital era relativamente abundante e os operários industriais eram ainda relativamente escassos, a atenção estava centralizada nos mecanismos que economizavam trabalho, tais como os de Kay e de Paul na indústria têxtil, e a pesquisa prosperou até que nos anos 60 e 70 culminou nas invenções de Hargreaves, Arkwright e Crompton. Por esta altura dava-se início à alteração da natureza do problema económico: a população começava a procurar obter recursos pecuniários. O apressamento da vedação e o ataque ao baldio eram o resultado de crescente procura de alimen-

¹ É evidente que a frase citada se refere à vontade do homem (e mesmo assim com a devida interpretação).

² Ver índice cronológico no final do volume.

tos; a primeira máquina de Watt e os canais do Duque eram a resposta a um problema posto pela carência de carvão; a introdução da pudelagem e laminagem era uma medida tendente a combater a carência de carvão de madeira; e as pesquisas de Dundonald e outros podem considerar-se como uma resposta hábil ao insuficiente abastecimento de outras matérias-primas. Para o fim do século XVIII e mais tarde, quando as taxas de juro subiram, alguns inventores voltaram-se para ideias de economia de capitais. Os tipos mais recentes das máquinas de Bull e de Trevithick e as formas recentes de transmissão da energia dispensavam o equipamento caro; os novos métodos de branqueamento economizavam tempo; os meios de transporte, melhorados com maiores velocidades, libertaram capitais que até então tinham estado fixados nas mercadorias, no transporte do produtor ao fabricante ou deste ao consumidor. Seria porém perigoso levar estas generalizações longe de mais. Havia muitas vezes uma grande demora entre um invento e a sua aplicação; mais do que a descoberta propriamente dita, a sua aplicação era influenciada por fenómenos como a crescente carência de materiais ou uma alteração no abastecimento de trabalho ou de capitais. Mas, não tendo aqui em consideração o factor tempo, é importante esclarecer para cada caso que o efeito era ou substituir os recursos naturais, ou o capital por trabalho, este por capital ou uma espécie de trabalho por outra. Na verdade, disso dependia a distribuição (não só entre os elementos da produção como também pelas diferentes classes sociais) da maior riqueza a que essas invenções deram origem.

Deve estar bem presente a circunstância de que as inovações se deram somente num campo da economia nacional: abrangia pouco mais do que as indústrias relacionadas com maquinaria e produtos intermediários, como fio e tecidos, incluídos na categoria de mercadorias de consumo obrigatório. As várias actividades que

forneciam bens de consumo imediato (exceptuando a cerâmica) pouca influência sofreram. Em 1830 havia áreas consideráveis da Inglaterra rural e muitas cidades do campo onde a vida decorria da mesma maneira que há cem anos atrás. E mesmo nas regiões à volta de Londres, Manchéster e Birmingham havia homens e mulheres trabalhando laboriosamente, sem o auxílio que a ciência e a técnica haviam dado aos seus camaradas da fábrica, da fundição e da mina.

CAPÍTULO IV

CAPITAL E TRABALHO

I

A revolução industrial era uma questão tanto económica como tecnológica: consistiu tanto em alterações no volume e distribuição da riqueza como na mudança dos métodos de dirigir essa riqueza para determinados fins. Na verdade, os movimentos estavam estreitamente ligados; sem os inventos, a indústria teria prosseguido no seu lento progresso, tornando-se as empresas maiores, o comércio mais vasto, a divisão de trabalho maior, o transporte e as finanças mais especializados e eficientes, mas não teria havido nenhuma revolução industrial. Por outro lado, sem os novos recursos difficilmente esses inventos poderiam ter ocorrido e só teriam sido aplicados em escala limitada. Foi o crescimento da poupança e da vontade de os pôr à disposição da indústria que permitiu à Inglaterra recolher os frutos do seu engenho.

Tem havido larga discussão sobre a origem do capital que veio a ser aplicado nas indústrias em expansão. Dizem alguns que proveio da terra, outros que proveio do comércio com o ultramar, outros ainda asseguram ter provado a existência no país de um fluxo contínuo das indústrias secundárias para as primárias. Mas a cada instrumento de prova é possível apresentar uma contraprova. Muitos proprietários ou agricultores, como