

THEOTONIO DOS SANTOS

Revolução Científico-Técnica e Capitalismo Contemporâneo

Tradução de
Hugo Boff



Petrópolis
1983

© 1983, Editora Vozes Ltda.
Rua Frei Luís, 100
25600 Petrópolis, RJ
Brasil

Diagramação
Beatriz Salgueiro

Editora Vozes Ltda.
Petrópolis, RJ

SUMÁRIO

Prólogo, 7

Capítulo I — *Da revolução industrial à revolução científico-técnica*, 11

1. Desenvolvimento das forças produtivas e acumulação capitalista, 11
2. A produção manufatureira e o surgimento da máquina-ferramenta, 17
3. A revolução industrial, a máquina e o sistema de máquinas, 18
4. A produção em massa, a automação e a revolução científico-técnica, 23

Capítulo II — *A automação e a revolução científico-técnica*, 27

1. A automação, 27
2. A indústria dos computadores e a automação, 32
3. A utilização da tecnologia da computação, 37
4. Automação e revolução científico-técnica, 46

Capítulo III — *A ciência como investimento: conceitos básicos*, 53

1. Ciência, mudança tecnológica e acumulação de capital, 53
2. O capital e as tendências da atividade científica, 60
3. Pesquisa Básica, Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento, 63
4. Produtos e processos; invenção e inovação, 69
5. Esquema de produção científico-tecnológica global, 74
6. Esquema do ciclo do capital incluindo os gastos em P e D, 76

Capítulo IV — *A ciência como investimento: fatos e tendências*, 82

1. Os investimentos globais em Pesquisa e Desenvolvimento, 83
2. Pesquisa, desenvolvimento e educação, 88
3. O caráter exponencial do desenvolvimento científico, 92
4. Pesquisa básica, pesquisa aplicada e Desenvolvimento: tendências, 99
5. Distribuição da P e D por setores econômicos, 104

Apêndice do capítulo IV, 111

Capítulo V — *Pesquisa e Desenvolvimento; monopólio e capitalismo de Estado*, 131

1. Evolução da organização institucional da P e D, 131
2. Monopólio, grande empresa, Pesquisa e Desenvolvimento, 134
3. A Pesquisa e o Desenvolvimento, o Estado, a universidade e a empresa, 142
4. Problemas de planejamento e programação da Pesquisa e Desenvolvimento, 149

PRÓLOGO

Este livro inicia uma ampla reflexão em torno dos efeitos da revolução científico-técnica sobre as formações sociais contemporâneas. A primeira parte destas investigações se concentra nas leis que regem as relações mais gerais entre as forças produtoras e as relações de produção, trabalho que publicaremos em breve como introdução a estas reflexões. A seguir, vem o presente livro que analisa em termos muito gerais as tendências e perspectivas da revolução científico-técnica e seus efeitos contraditórios sobre o Estado e a política científica do capitalismo contemporâneo. A terceira parte deste trabalho será dedicada às relações da revolução científico-técnica com o processo de acumulação do capital, entendido como a produção do valor, do excedente e a reprodução do modo de produção capitalista na etapa contemporânea. Uma quarta parte, ainda em estudo, desenvolverá a relação desta revolução com o processo de trabalho, a estrutura do emprego, o emprego e o desemprego. Posteriormente, numa quinta parte, estudaremos seus efeitos sobre a economia internacional e particularmente sobre a transferência de tecnologia dos países desenvolvidos aos países subdesenvolvidos e a dependência tecnológica. Tais estudos nos permitirão um esforço de síntese final sobre a revolução científico-técnica e o mundo contemporâneo, em que dominam três tipos de formações sociais: a capitalista desenvolvida e imperialista, a socialista e a capitalista dependente.

A grande dimensão do estudo nos levou a publicar cada volume separadamente, iniciando-se pelo presente, ao passo que avançam os demais numa seqüência não estabelecida. Esperamos assim evitar que permaneçam paralisadas sugestões e idéias, cifras e dados, enquanto não se leva a cabo uma investigação cujo fim ainda não está à vista.

Capítulo IV — *A ciência como investimento: fatos e tendências*, 82

1. Os investimentos globais em Pesquisa e Desenvolvimento, 83
2. Pesquisa, desenvolvimento e educação, 88
3. O caráter exponencial do desenvolvimento científico, 92
4. Pesquisa básica, pesquisa aplicada e Desenvolvimento: tendências, 99
5. Distribuição da P e D por setores econômicos, 104

Apêndice do capítulo IV, 111

Capítulo V — *Pesquisa e Desenvolvimento; monopólio e capitalismo de Estado*, 131

1. Evolução da organização institucional da P e D, 131
2. Monopólio, grande empresa, Pesquisa e Desenvolvimento, 134
3. A Pesquisa e o Desenvolvimento, o Estado, a universidade e a empresa, 142
4. Problemas de planejamento e programação da Pesquisa e Desenvolvimento, 149

PRÓLOGO

Este livro inicia uma ampla reflexão em torno dos efeitos da revolução científico-técnica sobre as formações sociais contemporâneas. A primeira parte destas investigações se concentra nas leis que regem as relações mais gerais entre as forças produtoras e as relações de produção, trabalho que publicaremos em breve como introdução a estas reflexões. A seguir, vem o presente livro que analisa em termos muito gerais as tendências e perspectivas da revolução científico-técnica e seus efeitos contraditórios sobre o Estado e a política científica do capitalismo contemporâneo. A terceira parte deste trabalho será dedicada às relações da revolução científico-técnica com o processo de acumulação do capital, entendido como a produção do valor, do excedente e a reprodução do modo de produção capitalista na etapa contemporânea. Uma quarta parte, ainda em estudo, desenvolverá a relação desta revolução com o processo de trabalho, a estrutura do emprego, o emprego e o desemprego. Posteriormente, numa quinta parte, estudaremos seus efeitos sobre a economia internacional e particularmente sobre a transferência de tecnologia dos países desenvolvidos aos países subdesenvolvidos e a dependência tecnológica. Tais estudos nos permitirão um esforço de síntese final sobre a revolução científico-técnica e o mundo contemporâneo, em que dominam três tipos de formações sociais: a capitalista desenvolvida e imperialista, a socialista e a capitalista dependente.

A grande dimensão do estudo nos levou a publicar cada volume separadamente, iniciando-se pelo presente, ao passo que avançam os demais numa seqüência não estabelecida. Esperamos assim evitar que permaneçam paralisadas sugestões e idéias, cifras e dados, enquanto não se leva a cabo uma investigação cujo fim ainda não está à vista.

Este amplo processo de pesquisa foi, inicialmente, um simples capítulo de um livro sobre o capitalismo contemporâneo, que conseguimos terminar, ainda em forma de rascunho, no Chile, em 1973. No entanto, o golpe de Estado de setembro daquele ano destruiu meu trabalho sob as botas da repressão. Por isso, ao recomeçá-lo no México, país que nos acolheu tão calorosamente, resolvi aprofundar este primeiro capítulo e o resultado foi o desenvolvimento quase incontrolável de minhas preocupações sobre o tema que vem consumindo grande parte de minhas energias desde 1974. O presente livro constitui um primeiro resultado incompleto que oferecemos aos leitores. Apenas em três artigos anteriores abordamos o problema científico-tecnológico, enquanto amadureciam nossos estudos sobre o tema. É importante tornar públicas nossas investigações, embora incompletas, e terminá-las em volumes sucessivos mais ou menos autônomos, antes que fiquem desatualizados nossos dados e conclusões.

Esperamos que os leitores concordem conosco e encontrem no presente livro matéria de reflexão que justifique sua publicação como um volume separado. Com o tempo, na medida em que forem se completando os demais volumes, teremos um primeiro esboço de uma abordagem latino-americana daquilo que deveria ser uma economia política da ciência e da tecnologia, um campo ainda inexplorado de nossas faculdades e centros de investigação.

Cada dia se torna mais visível a necessidade de articular os conhecimentos existentes sobre esse campo à medida que a revolução científico-técnica, analisada neste livro, abre caminho para uma integração radical entre a ciência e a tecnologia e o funcionamento da economia. Ao contrário dos neoclássicos, que por vários anos abandonaram as questões da relação entre progresso técnico e crescimento econômico, há hoje em dia uma revitalização do interesse, inclusive por parte dos economistas mais ortodoxos, por considerarem as mudanças tecnológicas como variável básica da estrutura econômica. Mais uma vez os economistas se vêem obrigados a voltar aos clássicos e a Marx para poderem produzir algo cientificamente relevante. Mas estas investigações só fizeram avançar muito superficialmente o estudo do problema. Só a noção de uma revolução científico-técnica como um estágio superior do de-

envolvimento das forças produtivas nos permite enfrentar corretamente a problemática derivada do progresso técnico contemporâneo.

Este não é mais um resultado de avanços pragmáticos e empíricos na maneira de produzir. A ciência assumiu o papel de dirigente do desenvolvimento tecnológico; os ramos da produção se convertem em campos de atividades criados pela ciência, dirigidos e controlados por ela. A ciência se converte numa força produtiva direta. Seu domínio, e só ele, garante a planificação, a execução, o controle e a eficiência da produção.

Este livro analisa esse fenômeno de cinco ângulos diferentes: a evolução histórica da revolução industrial à científico-técnica, sua continuidade e descontinuidade radical, a estreita relação entre a revolução científico-técnica e o processo de automação, entendido como a substituição cada vez mais iminente do trabalho manual, e inclusive o de gestão e controle, pelas máquinas, em particular por esse maquinismo especial que é o computador; em seguida, procuramos mostrar como a atividade científica deixa de ser um ato marginal para se converter numa atividade econômica perfeitamente definida como um momento novo da inversão de capital, que modifica inclusive o ciclo básico do capital; para se avaliar esse enfoque apresentamos uma ampla informação empírica no capítulo IV; e finalmente, no último capítulo, vemos como esse desenvolvimento científico-tecnológico só é possível nas condições do capitalismo monopolista de Estado contemporâneo, sem o qual, a investigação e o desenvolvimento seriam impossíveis dentro do capitalismo. O Estado garante não apenas os recursos sociais para assegurar uma atividade arriscada e cara, mas também assume, cada vez mais, a tarefa de coordenar e planificar esta atividade e seu desenvolvimento.

O caminho teórico e empírico realizado neste livro apenas nos deixa nos inícios de novos estudos e investigações a serem publicados em outros volumes independentes apenas editorialmente. Como ressaltamos no início deste prólogo, este nada mais é que o momento de uma reflexão mais global, não só sobre a economia política da ciência e da tecnologia, mas também sobre os elementos essenciais que explicam a estrutura e o funcionamento do capitalismo contemporâneo, seus efeitos internacionais, particularmente sobre as formações ca-

pitalistas dependentes e sobre a dialética entre capitalismo e socialismo no mundo contemporâneo.

A ambição deste projeto teórico nos obriga a caminhar passo a passo e um desses passos é este livro com o qual esperamos despertar no leitor um discreto apreço que traga em si um anseio de novos estudos que, espero, façamos em conjunto.

Seria impossível agradecer aqui a todos os colegas e companheiros que colaboraram nesses seis anos para a boa realização deste livro. Por essa razão me refiro a muito poucos para não ser injusto. Em primeiro lugar, quero agradecer aos estudantes da divisão de pós-graduação de economia da UNAM, particularmente aos que participaram dos seminários sobre economia política da ciência e tecnologia. Seria impossível consignar todos os seus nomes aqui, mas levei em consideração suas opiniões e críticas a meu trabalho. Devo em seguida agradecer particularmente a Leonel Corona e a Orlando Caputo por suas opiniões críticas e constantes trocas de opinião sobre este trabalho, desde suas formas mais primitivas. A Pedro Lopes e Ángel de la Vega por seu apoio institucional na chefia da divisão de pós-graduação de economia da UNAM, além de suas críticas. A meus colegas na mesma instituição. A Verônica Villarespe por seu dedicado trabalho de correção de estilo e organização do texto. A Consuelo Lisea de Carrasco por sua ajuda como secretária. Quero, porém, agradecer sobretudo a minha companheira Vânia Bambirra e a meus filhos Nádia e Ivan dos quais tive ânimo e vigor para avançar em meus estudos entre as muitas lutas e tantas derrotas e poucas vitórias de um cientista social sempre comprometido com a dura luta de nossos povos e com a espinhosa e exigente tarefa de fazer ciência.

Belo Horizonte, janeiro de 1981

Capítulo I

DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL À REVOLUÇÃO CIENTÍFICO-TÉCNICA

1. Desenvolvimento das forças produtivas e acumulação capitalista

O processo de mudança social se situa no horizonte de um desenvolvimento histórico amplo, no qual se destaca a luta dos homens para dominar a natureza e submetê-la a seus fins próprios. Nesta luta os homens não só se defrontam com o mundo natural externo e com seus limites como seres biológicos, mas também com suas relações sociais que se encontram subsumidas na luta cotidiana pela existência. Na medida em que submetem a natureza a seus próprios fins, os homens vão se libertando de necessidades naturais primárias e vão desenvolvendo as relações entre si de formas cada vez mais complexas e, contudo, mais autoconscientes.

O modo de produção capitalista surge num estágio bastante elevado da luta do homem para submeter a natureza. De fato, este modo de produção surge como conseqüência do alto desenvolvimento das forças produtivas devido à expansão das indústrias e do comércio mundial. No entanto, o modo de produção capitalista só se pode desenvolver sem empecilhos depois de criadas as condições para a grande indústria no século XVIII. Até esse momento a separação dos produtores diretos de seus meios de trabalho se deu principalmente por meios violentos de expropriação dos camponeses de sua terra e dos artesãos de seus meios de trabalho. A partir do surgimento da grande indústria, a separação entre os proprietários dos meios de produção e os da força de trabalho passava a ser uma conseqüência direta de uma nova fase da tecnologia na qual esta separação já aparece como uma força «natural». Esta

é a passagem da apropriação *formal* do trabalho pelo capital para uma fase de apropriação *real*. Com a grande indústria, pois, o indivíduo se considera definitivamente proprietário de sua capacidade produtiva e aceita como um fato natural vender sua força produtiva ao proprietário dos meios de produção, os quais se mostram cada vez mais concentrados e fora do alcance de suas possibilidades econômicas. As revoluções burguesas dos séculos XVIII, XIX e XX apenas reconhecem política e juridicamente a realidade avassaladora desta nova força material: o modo de produção capitalista. Contudo, com o desenvolvimento das formas democráticas liberais de Estado, governo, sistema jurídico, educação e ideologia, estas revoluções puderam avançar muito mais rápido, enquanto, dialeticamente, estimulavam as primícias materiais do capital: a grande indústria; a divisão do trabalho; a concentração e cooperação no processo de trabalho; a máquina e o sistema de máquinas; os transportes e as comunicações e o conhecimento científico aplicado à produção.

A análise do capitalismo em sua fase contemporânea implica averiguar, ainda que sumariamente, as formas do desenvolvimento das forças produtivas na primeira fase do capitalismo, para se compreender em seguida seu grau de avanço atual e as perspectivas de seu desenvolvimento futuro. Poderemos entender assim em que medida a formação sócio-econômica do capitalismo contemporâneo responde mais ou menos adequadamente às necessidades impostas pelas tendências do desenvolvimento das forças produtivas e, ao mesmo tempo, que formas específicas assume na atualidade a contradição — que apontamos no texto introdutório — entre o desenvolvimento social das forças produtivas e as relações de produção de caráter privado.

Para se compreender cabalmente a forma atual dessa contradição, iniciaremos nosso estudo das forças produtivas no capitalismo contemporâneo, examinando e enfatizando aqueles aspectos mais revolucionários do progresso técnico e científico sob o capitalismo. A ênfase dada a esses aspectos revolucionários significa reconhecer as forças que impulsionam na direção de uma socialização crescente do processo produtivo e que, conseqüentemente, exacerbam o caráter contraditório do modo de produção capitalista. Em primeiro lugar, com o risco de parecer apologético, ressaltaremos o caráter liberta-

dor do desenvolvimento das forças produtivas no capitalismo contemporâneo. Posteriormente, havemos de nos ocupar da análise das limitações que apresenta o capitalismo tanto para fazer avançar rapidamente os conhecimentos científicos necessários ao desenvolvimento das enormes forças produtivas liberadas nos últimos anos, como para aplicar esses desenvolvimentos na produção e transformação do processo de trabalho bem como em melhorar as condições de vida da humanidade. Enquanto o capital dominar o processo de produção, o desenvolvimento da ciência e da tecnologia estará sujeito ao princípio da exploração do trabalho, do incremento da mais-valia e da taxa de lucros. Neste sentido não se pode falar de um desenvolvimento «neutro» da ciência e da tecnologia. A ciência e a tecnologia dependeram muito diretamente das pressões que a economia exerce sobre elas. Entretanto, o processo do conhecimento e da apropriação da natureza reduz os limites estreitos da lógica do modo de produção capitalista e coloca sob o domínio do homem forças produtivas que esse modo de produção não pode ignorar nem suprimir, forças que produzem conseqüências sociais e políticas que o capitalismo não pode determinar. Essa dialética é a causa da crise geral das formações sociais capitalistas dada a sua incapacidade de colocar ao serviço da sociedade as potencialidades produtivas que o próprio modo de produção capitalista desenvolve. É necessário ressaltar também que o desenvolvimento das forças produtivas na etapa contemporânea reduz o quadro do modo de produção capitalista e que as formações sociais novas — que se apóiam na propriedade estatal dos meios de produção e na planificação e caracterizam o campo socialista — alcançaram um grau de desenvolvimento das forças produtivas que lhes permite impulsionar sua própria tecnologia, a qual se desenvolve sem os entraves impostos pela propriedade privada dos meios de produção e o mercado capitalista. Dessa maneira, ao considerar o desenvolvimento das forças produtivas na etapa contemporânea, não podemos ignorar a contribuição do campo socialista e sua influência sobre o modo de produção capitalista, seja como estímulo à introdução de novas técnicas (sobretudo no campo militar), seja como estímulo à investigação, à invenção e à adoção de soluções econômicas mais integrais.

Nos países capitalistas, a organização e a consciência da classe operária são os fatores principais que limitam o uso indiscriminado das potencialidades que emprega a tecnologia para aprofundar a exploração do trabalho; pois cada avanço tecnológico é um instrumento a mais de dominação da força de trabalho. A ação política organizada condiciona também o desenvolvimento da ciência e da tecnologia apesar de não mudar o conteúdo que lhe imprimem o regime de produção dominante e as leis de funcionamento que o caracterizam.

Feitas estas considerações gerais, estudaremos as tendências do desenvolvimento da tecnologia sob o capitalismo até a sua expressão atual. Servirá de guia para esta análise a obra de K. Marx, que, em meados do século passado, conseguiu antecipar com grande audácia essas tendências e integrá-las pela primeira vez numa análise teórica das leis de movimento do modo de produção capitalista.¹

Antes do capitalismo, o desenvolvimento tecnológico tinha sido importante para a humanidade, mas seu ritmo havia sido muito lento. De fato, grande parte das invenções que o homem produziu naquela época era resultado de uma acumulação de conhecimentos muito lenta e relativamente pouco sistemática. Por outro lado, ainda não se estabelecia uma relação clara entre o conhecimento científico do mundo físico e social e sua aplicação ao sistema produtivo.

Foi quando o capitalismo conseguiu realizar a síntese entre o desenvolvimento do sistema produtivo e o desenvolvimento do conhecimento humano sistemático, que a técnica pôde utilizar muitos dos conhecimentos produzidos nas etapas anteriores, uma vez que só então encontraram a possibilidade de aplicá-los.

A razão por que o modo de produção capitalista conseguiu absorver de maneira revolucionária o conhecimento técnico anterior e impulsionar com intensidade desconhecida o desenvolvimento das forças produtivas e da ciência se encontra no

1. Marx e Engels desenvolveram suas concepções sobre a relação entre o desenvolvimento tecnológico e científico e o modo de produção capitalista desde a juventude em obras como *A Ideologia Alemã* de Marx e Engels e *Miséria da Filosofia*, de Marx. Posteriormente no prólogo citado e nos *Elementos Fundamentais para a Crítica da Economia Política* e em *O Capital*, Marx aperfeiçoou seu tratamento do tema. Engels também trouxe contribuições para o tema sobretudo no *Anti-Dühring* e outros trabalhos menores. Um interessante resumo do pensamento de Marx sobre o tema se encontra em Aleksandr A. Kusin, *Marx e a Técnica*, Mazzotta, Milão, 1975.

próprio caráter da acumulação do capital. A produção capitalista se apóia na separação taxativa entre o trabalhador e os meios de produção, ao passar ambos a serem propriedade do capital. O trabalho e os meios de produção se incorporam assim ao capital em forma de capital variável e de capital constante.

Na medida em que o aumento da taxa de lucro depende da redução dos custos de produção, o capitalista precisa:

- a) reduzir o valor da força de trabalho, aumentando a produtividade nos setores produtores de bens salariais;
- b) incrementar a produtividade do trabalho acima da média do setor ou do ramo em que opera, introduzindo melhorias tecnológicas dos meios de produção ou intensificando a jornada de trabalho (racionalização da gestão e do controle);
- c) reduzir o valor dos meios de produção mediante o aumento da produtividade nos setores de produção dos bens de capital e de matérias-primas, bem como na construção de instalações, etc.;
- d) reduzir a rotatividade do capital fixo através da utilização mais intensa dos meios de produção ou de seu aperfeiçoamento técnico;
- e) diminuir os custos de circulação das mercadorias, do transporte e da comunicação, da comercialização, etc.;
- f) aumentar a jornada de trabalho (mais-valia absoluta).

O último caso trata somente de um momento da exploração do trabalhador que não afeta em grau maior as condições da produção e não gera a mudança tecnológica; portanto, esta forma de exploração encontra seus limites nos próprios limites biológicos do trabalhador e em sua resistência à exploração a que é submetido.²

2. Apesar de geralmente se colocar a categoria de mais-valia absoluta historicamente nos inícios do desenvolvimento do capitalismo, com base nos relatos que nos faz Marx em seu primeiro tomo de *O Capital*, "A jornada de trabalho", sobre as cruentas lutas dos séculos XVIII e XIX para conquistar a normalização da jornada de trabalho para dez horas, podemos avaliar o fenômeno da extração de mais-valia absoluta como uma constante no capitalismo contemporâneo. As lutas atuais para que a jornada de trabalho comece a partir da entrada na fábrica, pelos momentos de descanso, etc., são manifestações de resistência da classe operária diante do empenho do capital de procurar novas modalidades de extração de mais-valia absoluta.

Quando o capitalista encontra limites na duração da jornada de trabalho, tem o recurso de intensificar esta jornada, defrontando-se de novo com os limites biológicos do trabalhador.

Para superar esses limites biológicos e sociais, o capital se vê impelido historicamente a recorrer àqueles meios que lhe permitem rebaixar livremente seus custos e tornam possível aumentar a produtividade do trabalho com recursos tecnológicos superiores. Dessa forma o capital aplica os conhecimentos científicos à produção para, com isso, reduzir massivamente o tempo de trabalho socialmente necessário incorporado nos produtos. Poupar tempo de trabalho é o lema que dá sentido revolucionário ao capitalismo. O capitalismo, porém, não poupa tempo de trabalho para diminuir a carga horária dos trabalhadores; poupa para cobrir o mais rápido possível o tempo de trabalho necessário para reproduzir a força de trabalho e apropriar-se do tempo excedente, fonte de mais-valia. Como veremos ao longo deste livro, há uma contradição inerente neste processo, pois a diminuição do tempo de trabalho necessário para produzir as mercadorias reduz a quantidade de valor incorporado em cada uma delas, e ameaça assim a taxa e a massa de mais-valia ou trabalho excedente de que pode se apropriar o capitalista em condições de concorrência. Mas não nos adiantemos em nosso raciocínio. Por ora, basta constatar este fato radical para diferenciar o capitalismo dos modos de produção que o antecederam: sua fome de trabalho vivo excedente, que o leva a revolucionar a base tecnológica da sociedade.

A diferença específica do modo de produção capitalista em relação aos modos anteriores de produção — no que se refere ao desenvolvimento das forças produtivas — está pois na sua necessidade e possibilidade de aplicar os conhecimentos científicos e tecnológicos à produção e aos processos produtivos. Esta capacidade histórica, que vem se acentuando a partir dos últimos 30 anos em consequência da lei acumulativa de caráter exponencial que, como veremos mais adiante, preside ao desenvolvimento do conhecimento científico, pôde concretizar-se primeiramente através do processo de desenvolvimento da indústria, processo que se baseia na divisão do trabalho, na cooperação entre os trabalhadores e na concentração.

2. A produção manufatureira e o surgimento da máquina-ferramenta

Na produção manufatureira já se apresentavam embrionariamente estes três elementos fundamentais (divisão do trabalho, cooperação e concentração). A indústria havia permitido que os comerciantes e banqueiros europeus dos séculos XVI e XVII conseguissem colocar sob seu controle grande parte da produção artesanal de seu período. Num primeiro momento este controle se exerce utilizando-se o sistema produtivo anteriormente existente. O comerciante entregava matérias-primas aos artesãos e garantia a compra de seus produtos fazendo que os artesãos trabalhassem para ele, sem em nada mudar suas condições de trabalho. Em seguida, o comerciante compreenderia que, na medida em que concentrasse esses trabalhadores em algum lugar, poderia exercer um controle mais rígido sobre sua atividade produtiva, acelerando-a e intensificando-a. A concentração física dos trabalhadores levou à fase seguinte no sentido de superar o produtor individual de cada peça e separar a produção de um bem final em várias etapas, dividindo o trabalho entre diferentes trabalhadores que passavam a se especializar num momento determinado da atividade produtiva. Surge assim a divisão do trabalho e o embrião da cooperação entre os diversos trabalhadores, pois dividir o trabalho em várias etapas supõe que a atividade de cada trabalhador passe a ser complementar da atividade dos outros. Essa passagem histórica é fundamental já que permitiu que a indústria evoluísse ao ponto a que chegou a indústria moderna.

Esta evolução se liga à capacidade que se vai desenvolvendo, dentro da manufatura e posteriormente na indústria, de especializar cada tarefa, de tal forma que os movimentos dos trabalhadores, nos diferentes momentos da produção de um bem, sejam tão rotineiros que se aproximem de um movimento absolutamente mecânico. Essa especialização da atividade produtiva torna possível substituir parte da atividade do trabalhador por um objeto mecânico: a ferramenta de trabalho. De tal modo vai se realizando a separação entre a produção direta de um bem e a habilidade específica do trabalhador, que esta se restringe cada vez mais à capacidade de executar certos

movimentos já planejados. A habilidade específica do trabalhador pode então ser substituída pela máquina-ferramenta, quer dizer, a energia humana direta que move a ferramenta pode ser substituída quer por algum outro tipo de energia que alimente a máquina, quer por um esforço menor do trabalhador para mover a máquina e não diretamente a ferramenta.

O surgimento da máquina-ferramenta põe em evidência a necessidade e a possibilidade de se utilizarem novas formas de energia. Mas é necessário não esquecer que a ação fundamental é a da criação da máquina-ferramenta; ela é a condição para que se possa aplicar ao processo produtivo a maior e mais concentrada potência energética obtida através da canalização tecnológica das forças naturais. É evidente que, na medida em que se possa substituir a energia humana e animal por uma energia física, criam-se condições para se realizar um salto histórico muito importante. Este salto se realizaria em consequência da aplicação da energia-vapor ao desenvolvimento do transporte, das máquinas-ferramentas e da produção em seu conjunto. Dialeticamente, a possibilidade de se utilizar uma energia mais potente e permanente levará a uma revolução na fabricação das máquinas e em todo o sistema produtivo.

3. A revolução industrial, a máquina e o sistema de máquinas

A literatura sobre o tema em geral dá excessiva ênfase ao surgimento da máquina a vapor como a causa da revolução industrial. Contudo, analisando este problema em *O Capital*, Karl Marx observava que a máquina a vapor, assim como existiu durante o período da manufatura, desde sua invenção em fins do século XVII até o ano de 1780, não trouxe nenhuma revolução à indústria. Pelo contrário, foi a criação das máquinas-ferramentas que tornou necessária a máquina a vapor revolucionada. Desde o momento em que o homem, em vez de atuar com a ferramenta sobre o objeto do trabalho, atua unicamente como o fator impulsionador de uma máquina-ferramenta, passa a ser puramente acidental o instante no qual a água,

o vento e o vapor podem substituir a utilização dos músculos humanos como força motriz.³

Mais adiante, conclui Marx que a máquina-ferramenta, ponto de partida da revolução industrial, substitui o trabalhador que maneja uma ferramenta por um mecanismo que opera com uma ou várias ferramentas ao mesmo tempo, e que recebe o impulso de uma força única, qualquer que seja a forma desta. Conseqüentemente, é necessário não esquecer que a máquina-ferramenta é o elemento simples da produção mecânica.

Com o desenvolvimento da energia-vapor, se abrem novas perspectivas para a implementação da máquina-ferramenta e da tecnologia em geral. A ferramenta passa a ser, então, simplesmente um momento, uma unidade dentro do conjunto do processo produtivo. A própria máquina-ferramenta se converte numa parte de um sistema produtivo mais amplo que é a máquina, a qual pode mover várias máquinas-ferramentas, transformando-as em unidades de um sistema produtivo integrado. Com isso se cria a possibilidade de que as máquinas se combinem entre si, gerando-se dessa forma um processo de co-operação entre várias máquinas ou um sistema de máquinas, como propõe Marx apoiado em Ure e Babbage.⁴

No sistema de máquinas, o papel do trabalhador é o de ajudar a controlar o movimento das máquinas; ajustar o movimento da matéria-prima ao da máquina; ajustar partes; passar os produtos de uma máquina para outra. Na medida em que o sistema de máquinas vai se aperfeiçoando, surgem, pelo fim do século passado e princípios deste, as linhas de montagem que permitem que o produto vá sendo transplantado mecanicamente de uma máquina a outras, até sua forma final.

Com o desenvolvimento da máquina, se produz uma mudança importante no próprio caráter do sistema produtivo. A

3. "A própria máquina a vapor, como foi inventada no fim do século XVII, durante o período da manufatura e na forma que perdurou até 1780, aproximadamente, não provocou nenhuma revolução industrial. Foi, ao contrário, a criação das máquinas-ferramentas que fez revolucionar a máquina a vapor. A partir do momento em que o homem, em vez de atuar diretamente com a ferramenta sobre o objeto trabalhado, se limita a atuar como força motriz sobre uma máquina-ferramenta, a identificação da força motriz com o músculo humano deixa de ser um fator obrigatório, podendo ser substituído pelo ar, pela água, pelo vapor, etc." *El Capital*. F.C.E., vol. I, p. 305-306. No capítulo XIII do primeiro volume de *O Capital*, Marx trata mais sistematicamente do tema sob o título de "Maquinaria e grande indústria".

4. Os estudos sobre a tecnologia efetuados por Marx se apóiam basicamente na obra destes tecnólogos: Andrew Ure, *Philosophie des manufactures*, e Charles Babbage, *On the Economy of Machinery and Manufactures*. Além de fazer um curso prático no Instituto de Geologia, Marx realizou amplos estudos sobre a história da tecnologia e da ciência, reunidos em seus *Cadernos sobre a Tecnologia*.

divisão do trabalho que deu origem à manufatura se apoiava na capacidade produtiva de cada um dos operários que compunham o conjunto da manufatura. Ao se especializar a produção, se considerava sobretudo a capacidade dos operários de produzir determinados bens ou determinadas partes dos mesmos.

Como afirma Marx, este princípio subjetivo da divisão do trabalho deixou de existir na produção mecânica. A divisão do trabalho na produção mecânica se torna objetiva, quer dizer, se emancipa das faculdades individuais do operário, o processo produtivo total se esgota em si mesmo, divide-se em seus princípios constitutivos, em suas diferentes fases, e o problema que consiste em executar cada um dos processos parciais e combiná-los entre si, se resolve mediante a aplicação da mecânica, da química, etc.

De certa maneira, nesta forma ainda primitiva do sistema de máquinas que Marx conheceu em sua época, já existiam as bases de um fenômeno que conheceremos melhor na nossa: a tendência do desenvolvimento do sistema das máquinas era excluir ao máximo a participação direta do homem na atividade produtiva, de tal modo que a máquina combinada tendia a atuar sobre a matéria-prima e a transformá-la num produto final sem a participação do homem. O que Marx chamou de sistema de maquinismo constitui por si mesmo um grande autômato movido por um motor e que se ativa por si só, tanto se estiver baseado na simples cooperação de máquinas homogêneas, por exemplo nos tecidos, como se se basear numa combinação de máquinas diferentes, como na tecelagem. Todo o sistema pode, porém, receber seu impulso de uma máquina, mesmo quando certas máquinas-ferramentas necessitem ainda do operário para efetuar determinadas operações.⁵

Com o desenvolvimento da máquina temos, portanto, a base técnica do surgimento da fábrica moderna, da grande indústria contemporânea. A grande indústria vai se estendendo a todos os setores da produção: primeiramente aos têxteis e outros bens de consumo, depois aos transportes e, finalmente, à pro-

5. A idéia do grande autômato é debatida em *O Capital*, no capítulo sobre maquinaria e grande indústria, como coroamento lógico de sua análise das leis de desenvolvimento da tecnologia sob o capitalismo. Contudo, nos *Elementos Fundamentais da Crítica da Economia Política (Grundrisse)*, Marx leva ainda mais longe suas audaciosas especulações sobre a automação.

dução de máquinas. Esta produção industrial de máquinas possibilita então automatizar a produção das próprias máquinas, o que começa a ocorrer no final do século passado.

As mudanças nos meios de produção, isto é, na maquinaria, afetam o conjunto das forças produtivas. A força de trabalho tem que se educar em novos métodos de produção e se modifica sua relação com o sistema produtivo. Essa mudança de relação põe em relevo uma crescente separação entre o trabalhador e os objetivos e resultados da produção. A disciplina no trabalho se converte num fator cada vez mais complexo, aumentando o número de gerentes e capatazes e a necessidade de métodos de organização mais sistematizados, o que vai dar origem à chamada «ciência» da organização e ao método de trabalho que discutiremos posteriormente.

Também as fontes de energia e os objetos de trabalho sofrem transformações muito significativas para poder ajustar-se às novas máquinas e se dá um movimento internacional do capital para controlar as fontes de energia e as matérias-primas. As matérias-primas, por sua vez, podem ser transportadas a grandes distâncias devido ao desenvolvimento dos transportes e das comunicações intra e interoceânicos nas últimas décadas do século XIX. Ao mesmo tempo, enquanto a física se transforma para atender às novas necessidades do mecanismo de produção, a ciência química entra numa etapa superior sob a pressão destas novas necessidades de transformação das matérias-primas. Surgem novas linhas de produção e se desenvolvem novos campos do conhecimento.⁶

De fato, durante o século XIX se esboroa o conceito do universo desenvolvido pela filosofia científica dos séculos XVI ao XVIII. Neste conceito, o universo se reduzia ao tempo e ao espaço tridimensional no qual os corpos sólidos se deslocavam segundo leis perenes. O desenvolvimento da química vai

6. Existem várias histórias da tecnologia e da ciência, entre as quais a de J.D. Bernal ocupa um lugar de destaque (*Science in History*, Pelican Books, 3 vols. A edição em espanhol foi publicada pela Editorial de la Universidad Nacional Autónoma de México sob o título de *La Ciencia en la Historia*). Um interessante resumo das mudanças tecnológicas na Europa Ocidental se encontra no capítulo V do volume VI de *The Cambridge Economic History of Europe*, intitulado "The Industrial Revolution and After", Cambridge, 1966. Este capítulo foi desenvolvido posteriormente no livro independente, *The Unbound Prometheus*, de David S. Landes, Cambridge, 1969. Uma visão mais didática da história industrial do século XIX se encontra em Tom Kemp, *La Revolución Industrial en la Europa del Siglo XIX*, Libros de Confrontación, Barcelona, 1974. Dentro do pensamento marxista se destaca também a obra de Samuel Lilley, *Hombres, Máquinas e Historia*, Ed. Ciencia Nueva, Madrid, 1967. T. K. Derry e Trevor I. Williams resumiram em três volumes a história original editada por Charles Singer em 1949, sob o título de *Historia de la Tecnología*, Siglo XXI, México, 1977.

acabando com a idéia de um universo sem calor, sem começo, sem fim e sem mudança no interior dos corpos. Posteriormente, o progresso da teoria molecular, da biologia e da teoria da evolução eliminaram definitivamente a idéia de um universo perene, estabelecendo-se o caráter histórico do universo, reconhecido na síntese genial da teoria da relatividade já no século XX. Os efeitos dessas mudanças teóricas sobre o processo da produção foram definitivos. A ciência passou a comandar a produção e a criar materiais novos que estenderam radicalmente e modificaram qualitativamente o domínio do homem sobre a natureza.⁷

Com o caráter cada vez mais científico e técnico que assume o processo de produção, se torna necessária uma sistematização maior do funcionamento das empresas e dos conhecimentos humanos. Cria-se uma relação crescente e cada vez mais direta entre a atividade produtiva e a atividade de criação dos conhecimentos científicos. Simultaneamente se estimula a busca de novas formas de energia que podem mover essas grandes máquinas e, do ponto de vista da atividade humana geral e do trabalho, se cria um novo tipo de trabalho, que complementa a ação de um conjunto de máquinas que cooperam entre si em vez de transformar diretamente a natureza.

Marx antecipou assim esse processo de transformação do trabalho: «O meio de trabalho adquire no maquinismo uma forma de existência natural que exige a substituição da força do homem por forças naturais e a rotina pela ciência. Na manufatura, a divisão do processo de trabalho é puramente subjetiva, é uma combinação de operários parciais. No sistema de máquinas, a grande indústria cria um organismo de produção totalmente objetivo ou impessoal, com o qual o operário se encontra na oficina como condição material já preparada de seu trabalho. Na cooperação simples, inclusive naquela que se baseia na divisão do trabalho, a substituição do trabalhador isolado pelo trabalhador coletivo parece ainda mais ou menos accidental. O maquinismo, com algumas exceções que mencionaremos mais adiante, só funciona com um trabalho socializado ou comum. O caráter cooperativo do trabalho se converte

7. O livro de Serge Moscovici, *Histoire humaine de la nature*, Ed. Flammarion, Paris, 1975, descreve com grande brilhantismo este processo e rompe com noções convencionais sobre a relação entre o homem e a natureza.

neste caso numa necessidade técnica imposta pela própria natureza de seu meio».⁸

Depois da morte de Marx, vai se produzindo um desenvolvimento tecnológico que segue exatamente os rumos por ele traçados.

4. A produção em massa, a automação e a revolução científico-técnica

No final do século passado e no século XX, surgem novos processos de produção massiva que podem ser resumidos no seguinte texto de Bernal: «A consequência lógica do desenvolvimento da produção em série com linhas de produção que contêm máquinas mais ou menos complexas e ligadas entre si simplesmente por operadores é a automação de todo o processo, isto é, a combinação de máquinas individuais, completamente automáticas e de alguma forma de máquinas de transferência para passar as peças de uma máquina à seguinte. Nas indústrias altamente mecanizadas, sobretudo nas indústrias de motor e de maquinarias, estes processos foram ainda mais longe. Isso se tornou possível agora, com resultados de muito mais alto nível, pela introdução dos computadores eletrônicos como controladores essenciais de todo o processo. Já não se trata somente de combinar máquinas de uma só linha de produção agora automatizada, mas também de combinar linhas de produção automatizadas num processo total de produção, iniciando, por exemplo, com as matérias-primas e terminando com a máquina que as empacota. Estamos agora claramente num período de transição para a completa automação».⁹

Vemos assim que o processo se dirige, em geral, à automação da produção, e a expressão final que conhecemos hoje deste processo se liga à aplicação da computação, da programação e do autocontrole do processo produtivo, o qual significa uma mudança de qualidade no processo de automação que trataremos mais de perto no próximo capítulo.

8. *O Capital*, vol. I, capítulo sobre maquinaria e grande indústria.

9. J.D. Bernal, *Science in History*, Pelican Books, vol. III, p. 817.

A separação entre a atividade produtiva e a atividade do operário evoluiu desde a etapa em que o operário tinha a função de manufaturar o produto utilizando sua capacidade subjetiva até a fase em que a máquina-ferramenta funciona com a ajuda do operário; em seguida, este passou a ocupar uma função de ajuda ou de controle das máquinas que realizavam a produção e, no momento atual, se desloca a atividade humana, cada vez mais, para o controle das máquinas computadoradas que controlam o conjunto do sistema produtivo e que inclusive planejam este sistema e o vigiam.

O processo de *mecanização*, ou automatização, é o processo pelo qual o operário é substituído na posição de unidade produtiva, isto é, de centro do processo produtivo, pela máquina que passa a ocupar essa função de unidade produtiva. Este processo evolui em seguida para a *automação*, e com ela as tarefas de programação, controle e retificação da produção se transferem para a computadora, ao mesmo tempo em que a fábrica vai se transformando ela mesma na unidade produtiva. As possibilidades técnicas atuais permitem que, num futuro não distante, as fábricas ou empresas sejam substituídas por ramos completos da produção inteiramente automatizados, ramos que se converterão em verdadeiras *unidades produtivas* sob o controle de uma computação central.

Como se vê, o processo da *automação*, ou *mecanização*, apenas aprofunda a tendência à concentração que havia alcançado um nível muito elevado no século passado e ao mesmo tempo revoluciona a divisão do trabalho e as formas de cooperação que, como vimos, são profundamente afetadas quando se substitui a manufatura pela maquinofatura e esta pelos processos produtivos automatizados.

Portanto, a tendência à concentração é parte integrante do desenvolvimento da tecnologia moderna e não apenas da tecnologia vista da perspectiva das máquinas, dos instrumentos utilizados para a produção, mas também vista no sentido das unidades produtivas, dos sistemas de produção, das organizações produtivas que mudam com o desenvolvimento das forças produtivas.

Com o processo de *automação* que começa a ser aplicado na década de 50, a ciência deixa de ser um elemento auxiliar

do sistema produtivo para se converter em parte dele e da própria atividade produtiva; esta atividade passa a ser um ramo aplicado da atividade científica.

O progresso ainda incipiente da automação se apóia muito acentuadamente nos processos de quimização.³⁹

A quimização gera uma mudança qualitativa no processo de produção. Ao contrário da produção por meios mecânicos (cortar, formar, etc.) que se baseia na transformação dos corpos sólidos sem transformar sua estrutura molecular, a quimização representa a aplicação de meios químicos ao processo de produção (liquidificação, moldagem, etc.), os quais alteram a forma material através da mudança da composição molecular da matéria-prima, isto é, através da mudança de seu estado natural. Ao mesmo tempo o desenvolvimento da química permitiu o surgimento de novas matérias-primas e materiais sintéticos ou o melhor tratamento das tradicionais para submetê-las mais completamente às características que facilitam o processo de produção contínuo e automatizado. O progresso do desenho de processos e produtos que se adaptem à produção em massa e a normalização ou padronização crescente da produção agilizaram a aplicação da automação.

10. Para determinar a diferença entre a quimização e a mecanização que caracterizou o desenvolvimento das forças produtivas até a Segunda Guerra Mundial, é necessário estabelecer com clareza a distinção entre processo químico e processo físico. A fronteira entre esses processos é a identidade química. Entende-se identidade química e conservação de certa estrutura molecular no desenvolvimento total de um determinado processo. Estrutura molecular é um certo tipo de arranjo de átomos que se encontram na natureza. Por exemplo, analisando-se o sal, encontram-se moléculas (grupos de átomos) com a seguinte composição: NaCl, que quer dizer um átomo de sódio e um átomo de cloro juntos. Voltando à distinção entre processo químico e processo físico, observamos que se depois de um determinado processo sobre algum material encontramos a mesma identidade química significa que se trata de um processo físico. Exemplo: misturando-se água com sal, este desaparece visualmente, mas se fervermos a mistura, o que obteremos ao finalizar a evaporação será sal, o qual, sujeito a certos testes, mostrará que não há mudança na identidade química e portanto estamos diante de um processo físico. Outro exemplo, a refinaria: a obtenção dos principais derivados de petróleo, gasolina, óleo e gás se consegue num processo de destilação. Este processo é físico e consiste em separar certos compostos que conformam a mistura obtida do poço petrolífero. A gasolina e o óleo, por exemplo, evaporam (propriedade física) em graus de temperatura diferentes; qualidade que se aproveita para separá-los sem que sofram mudanças em sua identidade química. Uma vez esgotado o processo de destilação (isto significa a separação possível de componentes com base em seus graus de evaporação) denomina-se o que sobra de óleo pesado. Para se obter algum derivado, como é o caso do asfalto para pavimentação, é necessário submetê-lo a um processo químico por meio de reatores químicos que vão decompor a identidade química (a estrutura molecular) inicial e obter um composto novo. Geralmente num mesmo processo ocorrem simultaneamente tanto processos químicos como físicos. Diz-se então que se trata de um fenômeno físico-químico. Podemos distinguir três níveis de alterações na matéria: físicos (conservação da identidade química), químicos (mudanças nos arranjos moleculares) e atômicos (mudança na estrutura do átomo). A alteração do átomo se denomina fissão, a qual consiste na cisão do núcleo do átomo. (Devemos esta nota a Jaime Aboites, doutorando em economia).

Por outro lado, esse aumento de potencial produtivo automatizado permite e estimula a utilização de formas energéticas superiores em sua continuidade e potência como a nuclear, a de hidrogênio, a solar, etc. Se ligarmos a estas transformações nos processos produtivos as mudanças nos transportes e instrumentos de comunicação modernos, poderemos apreciar a dimensão radical dos mesmos e entender o papel cada vez mais direto da ciência na produção. O conceito de revolução científico-técnica desenvolvido nos países socialistas procura expressar este momento radical, cujo início já se materializou em nosso tempo. Mas esse início não deixou de ser: uma etapa incipiente de um período histórico no qual a ciência passa a ser a fonte principal das transformações revolucionárias no sistema produtivo, desde a produção material até a concepção e gestão, as quais afetam, porém, as outras dimensões da atividade econômica e cultural. No próximo capítulo abordaremos o estudo desta revolução científico-técnica e do papel primordial que nela ocupa a automação. Em seguida veremos o papel crescente da atividade científico-técnica e seus efeitos sobre a acumulação do capital e sobre o Estado. Num segundo volume veremos a formação do excedente econômico e sua utilização. Estudaremos também em trabalhos posteriores os efeitos de tais mudanças sobre o processo de trabalho, a divisão do trabalho e a estrutura do emprego. Em trabalhos posteriores deveremos também analisar sua relação com a economia mundial e por último com o resultado final de todo processo produtivo, o qual é o próprio produtor, isto é, o trabalhador, o homem como ente social.

Capítulo II

A AUTOMAÇÃO E A REVOLUÇÃO CIENTÍFICO-TÉCNICA

1. A automação

No primeiro capítulo estudamos a evolução da tecnologia dentro do modo de produção capitalista e vimos como seu resultado histórico é uma nova etapa do desenvolvimento das forças produtivas em que se criam as condições potenciais para separar definitivamente o trabalhador da produção direta e submeter a atividade produtiva à planificação científica. Esta passagem histórica se dá numa época em que o modo de produção capitalista já não é a única fonte de criação de conhecimentos científicos e de tecnologia, pois o desenvolvimento do campo socialista introduz uma dinâmica paralela e às vezes alternativa na evolução científica que se realiza dentro do modo de produção capitalista.

O objetivo deste capítulo é analisar as potencialidades dessas mudanças fundamentais das forças produtivas que estão em andamento. Cumpre observar, porém, que se trata de um processo embrionário que ainda não conseguiu mudar radicalmente a estrutura industrial anterior mas que representa o fator dinâmico da realidade atual. Um dos objetivos principais deste livro é precisamente delimitar as contradições que ocorrem entre as tendências do desenvolvimento das forças produtivas e as relações de produção capitalista. Essas contradições não se apresentam somente em função de um futuro próximo mas também atuam na situação imediata. Por essa razão, o capitalismo contemporâneo não só se move de acordo com estas leis de desenvolvimento das forças produtivas mas também vão procurando ajustá-las a seus limites estruturais, desviando os esforços científicos e técnicos e os conhecimentos

produzidos numa direção teórica e uma aplicação prática compatíveis com as relações de produção decadentes do capitalismo. Dentro deste marco dialético é que pretendemos estudar as tendências da automação e da revolução científico-técnica no capitalismo contemporâneo. Mas em razão do desenvolvimento paralelo do campo socialista, será necessário, em alguns momentos, recorrer à análise das tendências de desenvolvimento das forças produtivas nas formações sociais fundamentadas na propriedade coletiva dos meios de produção e na planificação. Isto será possível somente na medida em que afete a compreensão do funcionamento das formações sócio-econômicas capitalistas.

Passemos, pois, a estudar resumidamente as características da automação. Recordemos, porém, que neste capítulo nosso objetivo se reduz apenas à análise das tendências gerais de desenvolvimento das forças produtivas que constituem a base estrutural do capitalismo contemporâneo. De um lado, a própria formação social em estudo impulsiona essas tendências, mas, de outro lado, elas levantam para o capitalismo questões às quais não é capaz de responder senão parcialmente. O que mais nos interessa aqui, portanto, é uma caracterização muito geral do que seja a automação, seu papel dentro da revolução científico-técnica e suas tendências de evolução, para determinar seus efeitos possíveis sobre a formação social capitalista contemporânea.

O consultor em automação John Diebold, autor de um livro pioneiro sobre a automação, declarava com muita propriedade ao Congresso norte-americano em 1955:

«Agora, com a automação — creio que este seja talvez o sentido fundamental da automação — estamos começando a ver nosso processo industrial como sistemas completos e integrados, desde a introdução da matéria-prima até ao acabamento no produto final. Este pode ser um produto físico ou (num processo comercial) uma informação.¹ Para o citado eco-

1. *Automation and Technological Change*, Hearings before the Subcommittee on Economic Stabilization of the US Congress Joint Committee on the Economic Report, 1955.

Sr. Diebold é o autor do livro *Automation*, Van Nostrand Co. Inc. 1952. O mesmo subcomitê publicou posteriormente 2 novas séries de pesquisas sobre o tema:

Instrumentation and Automation, 1956; e

Automation and Recent Trends, 1957.

New Views on Automation constituiu um novo ciclo de pesquisas realizadas em 1960 pelo Subcomitê sobre Automação e Energia, com o objetivo de atualizar as 3 anterior-

nomista, trata-se de uma mudança da filosofia da produção, que se expressa num primeiro passo em busca de sistemas completamente integrados de produção e num segundo passo no objetivo de conseguir um tal controle desses sistemas a fim de que eles operem continuamente numa produção ótima. «Não se trata aqui — diz o autor — de substituir mão-de-obra por máquinas, mas de fazer as máquinas operar em sua eficiência ótima todo o tempo».² Neste sentido, este princípio da produção pode ser aplicado universalmente, inclusive em atividades onde somente se pode incorporá-lo a uma pequena parte do processo produtivo em seu conjunto.

Apesar da idéia da produção automática ter antecedentes seculares, esta só pôde ser aplicada esporadicamente até que ocorreu o desenvolvimento da eletrônica e da análise das redes de comunicação e elétricas que «tornaram possível uma grande variedade de máquinas autocorrigíveis e autoprogramáveis, capazes de realizar automaticamente uma seqüência de operações lógicas. Elas podem corrigir os erros que ocorrem em suas próprias operações e escolher, de acordo com critérios construídos a partir de vários planos de ação predeterminados».³

Para existirem tais fábricas ou oficinas automatizadas, são necessárias mudanças mais gerais no processo de produção tais como o redesenho de produtos e processos que permitam criar bens integrados; a análise de processos em termos de funções em vez de passos separados a serem cumpridos. Quer dizer, uma revalorização de toda a operação produtiva.

Outro aspecto da automação, também ressaltado por Diebold no mesmo texto anterior, é que «ela torna possível novos níveis de realização. Ela torna possível produzir novos bens. Por exemplo, não poderíamos ter nossos programas atômicos a não ser pelos controles auto-regulados. Nenhum ser humano poderia operar os controles manuais que estão no fundo, na

mente citadas. Posteriormente, o governo norte-americano realizou outros ciclos de estudo importantes sobre o tema:

Technology and the American Economy, National Commission on Technology, 1966; *Research and Development and Economic Growth/Productivity*. Papers and Proceedings of a Colloquium by the National Science Foundation, 1972;

US Long-Term Economic Growth: a New Era. Studies Prepared for the Use of the Joint Economic Committee, US Congress, 1976 (13 volumes);

Technology and Economic Growth, Subcommittee on Economic Growth of the Joint Economic Committee, 1976.

2. Mesmo autor, mesmas pesquisas, p. 8.

3. Mesmo autor, mesmas pesquisas, p. 8.

parte central do reator». Contudo, o polietileno e grande parte dos produtos químicos, expostos a altas temperaturas e que exigem uma extrema precisão até mesmo de segundos em sua confecção, não poderiam ser operados se não existissem os mecanismos de auto-regulação.

Nestas mesmas palestras o economista Walter S. Buckingham Jr., também autor de um livro sobre a automação e a economia, esclarecia ainda mais os princípios da automação que ele identificava como os seguintes:

1. mecanização
2. retroalimentação
3. processo contínuo
4. racionalização.

Desse modo chegava ele a uma definição mais restrita da automação que contém implicitamente suas diferenças com relação à mecanização pura e simples:

«Toda operação contínua e integrada de um sistema racionalizado de produção que utiliza equipamentos eletrônicos ou de outro tipo para regular e coordenar a qualidade e quantidade de produção».⁴

Num seminário da OCDE, realizado em 1966, em Paris, sobre aspectos da mão-de-obra, da automação e a mudança técnica, foram apontadas de maneira geral algumas das tendências fundamentais que os estudos contemporâneos nos permitem vislumbrar no que respeita ao desenvolvimento tecnológico e à automação.⁵

O professor E. R. F. W. Grossman, da Universidade de Oxford, distingue três fatores de produção de caráter tecnológico: em primeiro lugar, os materiais utilizados para a produção; em segundo, a energia necessária para manejá-los da maneira de-

4. Mesmas pesquisas, p. 32. O professor Walter Buckingham é o autor do livro *Automation. Its Impact on Business and People*, Mentor Book, Nova Iorque, 1961.

5. *Manpower Aspects of Automation and Technical Change*, International Seminars, European Conference, OCDE, Paris, 1966. Sobre os aspectos sócio-econômicos da automação, consultem-se ainda os estudos clássicos: Norbert Wiener, *Cibernética y Sociedad*, Ed. Sudamericana, Buenos Aires, 1969; Pierre Naville, *Hacia la Automación*, Fondo de Cultura Económica, México, 1968; F. Pollock, *La Automación*, Ed. Sudamericana, Buenos Aires, 1968 (o qual está baseado fundamentalmente nas pesquisas sobre "Automation and Technical Change", do Congresso Norte-americano). Uma importante seleção de textos sobre os vários aspectos do tema encontra-se exposta em Zenon W. Pilyshyn, *Perspectivas de la Revolución de los Computadores*, Alianza Editorial, Madrid, 1975.

sejada; e em terceiro, a informação que determina o que fazer e como manejar os materiais.

As máquinas estão cumprindo estas duas últimas funções. Segundo o autor, a revolução industrial substituiu o trabalho humano no que diz respeito à energia necessária para manipular os materiais. A automação vem substituir o trabalho humano na informação que determina o que fazer e como fazer. Deve-se isso sobretudo ao desenvolvimento dos computadores eletrônicos digitais e recentemente aos minicomputadores.

Desta forma, Grossman define a *automação* como a substituição do cérebro humano por máquinas versáteis de processamento de informação. Isso também se poderia chamar, segundo o professor Grossman, «cibernação», da palavra cibernética, que se refere à ciência da inteligência artificial. O resultado desse processo é, portanto, que o homem, além de não ter que ajudar a máquina, como durante a revolução industrial, se separa quase completamente de todas as fases da produção que requerem sua intervenção direta. Estas mudanças fazem parte de um processo geral que o professor Grossman chama de *automatização*, termo utilizado também por outros autores, como George Friedmann⁶, que se refere ao processo geral que torna a produção cada vez mais automática, incluindo o uso de máquinas, processos de informação para fins especiais e equipamentos de transmissão.

Na fase correspondente ao processo específico de *automação*, ocorrem também mudanças qualitativas em relação aos processos anteriores de *automatização*.⁷ O professor André

6. Veja-se *Traité de sociologie du travail*, P.U.F. (Tradução do Fondo de Cultura Económica), que Friedman editou junto com Pierre Naville. Veja-se também *Le travail en miettes*, Gallimard, Paris, 1956. As definições dadas do automatismo por autores mais sensíveis ao aspecto social como Pierre Naville em *Hacia la Automatización?* (op. cit.), dão um sentido mais amplo a este fenômeno. Por exemplo: "O automatismo é o sistema que se move por si mesmo ou, dito de outra maneira, que possui nele mesmo ou num sistema associado, sua própria fonte de energia". "A automação é a aplicação de processos automáticos — isto é, sem qualquer intervenção humana — a qualquer atividade em níveis mais ou menos elevados de auto-regulação. A automatização não se converteu em problema novo até o momento em que permitiu integrar um ciclo operativo autônomo, implicando uma coerência lógica definida, extensiva a todos os fatores da vida econômica, tais como se manifestam numa empresa ou num ramo industrial qualquer" (p. 49). "O automatismo da produção em série e de serviços... aparece como a forma técnica generalizada de um certo nível de civilização, e é inseparável deste" (p. 51). "As mudanças provocadas pela automação na mão-de-obra dizem respeito às relações do operário com a equipe ou o grupo de trabalho" (p. 64).

7. A tradição francesa faz uma clara distinção entre o processo geral de *automatização* da produção no qual as máquinas tornam-se independentes do trabalhador e o processo de *automação*, no qual os computadores introduzem na automatização o fator informativo e a retroalimentação na sua fase mais avançada. Em espanhol, tradicionalmente pouco se distinguem estes termos, os quais são usados indistintamente, apesar da Enciclopédia Larousse — de origem francesa — consignar os dois termos. Jacques Guillaumand, por

Philippe afirma que nos novos progressos tecnológicos a máquina já não é concebida em termo de produtos a serem manufaturados, mas em termos de funções a serem cumpridas. Enquanto anteriormente os equipamentos eram desenhados para produzir um produto final, agora os novos equipamentos consistem em pequenos blocos funcionais capazes de atuar em todas as operações produtivas e que podem adaptar-se a qualquer momento da produção em que são requeridos.

Do ponto de vista estritamente mecânico, a automação está substituindo séries de máquinas individuais por um sistema completo de processos integrados. Poder-se-ia dizer, então, segundo o professor Philippe, participante do seminário internacional já citado, que estamos entrando numa segunda revolução industrial.⁵ Poderíamos, porém, pensar que de fato estamos superando a era da revolução industrial e entrando num novo estágio da civilização como pensam vários autores. Haveremos de analisar melhor estas questões em nosso trabalho.

Para ter uma idéia da importância do uso de computadores, devemos fazer um balanço do ramo da indústria dos computadores, o ritmo de sua produção, o caráter de sua utilização e as constantes mudanças tecnológicas do setor que abrem novos horizontes à sua utilização.

2. A indústria dos computadores e a automação

Apesar de os antecedentes da automação não se terem limitado ao desenvolvimento da computação eletrônica, o surgimento deste novo ramo da eletrônica modificou definitiva e radicalmente as possibilidades da automação. A descrição de suas características fundamentais e sua importância devem servir de base para qualquer estudo dos efeitos econômicos e sociais da tecnologia contemporânea.

exemplo, contesta a morfologia da palavra automação, porém reconhece que ela "tem sido consagrada pela linguagem" com um sentido diferente do de automatização. O seu livro, *Cybernétique et matérialisme dialectique*, Editions Sociales, Paris, 1965, se constitui numa excelente introdução ao tema, procurando integrar os descobrimentos da cibernética dentro do contexto teórico e metodológico do materialismo dialético.

8. A idéia de uma segunda ou terceira revolução industrial aparece com bastante frequência em vários autores. Radovan Richta e a equipe encabeçada por ele preferem negar o alcance deste termo, o qual não ressalta o papel revolucionário da ciência dentro das novas mudanças produzidas e insiste em sublinhar o caráter ainda mais radical das transformações científico-técnicas em curso (*La Civilización en la Encrucijada*, Antorch Editorial, Barcelona, 1972).

A produção dos computadores depois de um complexo processo evolutivo que vai desde os ideais de criação de autômatos na antiguidade à tradição do cálculo e suas várias expressões técnicas, até as análises teóricas de Pascal no século XVII, as tentativas de Babbage de construir uma máquina analítica em meados do século XIX, o surgimento da numeração binária (álgebra de Boole) em meados do século XIX, o aparecimento dos tubos eletrônicos no começo do século XX e enfim sua combinação em várias tentativas parciais até a construção do Mark I — o primeiro computador eletromecânico em Harvard — pelo professor Aiken com a ajuda da IBM. Outro intento definitivo será a construção do ENIAC, primeiro computador eletrônico realizado por J. W. Mauckly e J. Eckert, em 1945.⁹ A 14 de junho de 1951, a Remington Rand põe à venda o primeiro computador comercial, o Univac I e seu primeiro comprador foi precisamente o Bureau of Census dos Estados Unidos.¹⁰ Em 1953 a IBM coloca à venda seu computador 701. A história dos computadores passa rapidamente por fases de mudanças muito radicais que nos permitem falar de três gerações. A primeira geração de tubos a vácuo (IBM 704), lançada comercialmente em maio de 1954, tinha um custo de cálculo para realizar 10 mil multiplicações de 1.38 dólares. A segunda geração com base nos transístores (IBM 7090) é lançada em dezembro de 1958 e tem um custo de cálculo de 0.25 dólares por cada 10 mil multiplicações. A terceira geração, que se baseia nos circuitos miniaturizados (IBM 360), é lançada em abril de 1965 e tem um custo de cálculo por 10 mil multiplicações de 0.035 dólares.¹¹

9. O livro de Zenon W. Pylyshyn, *Perspectivas de la Revolución de los Computadores*, já citado, consagra um capítulo inteiro ao desenvolvimento da ciência computacional, no qual destaca-se o ensaio crítico de Thomas M. Smith referente às concepções limitadas deste desenvolvimento. Para ele, a "revolução da informação" contemporânea, como as outras revoluções tecnológicas, é o produto da "convergência estratégica de várias tradições". Para o caso do computador, cujo processo de criação deveria atingir o seu ápice em 1950, ele indica: "Este modo particular de convergência estratégica reuniu tradições conceituais de matemática, física e engenharia eletrônica, práxis política, sistema fiscal, lógica da computadorização analógica e digital e, finalmente, de complexas filosofias empíricas das relações governo-indústria-universidade. Os seus produtos são a automatização, a cibernética e a engenharia de sistemas, os quais não levarei em consideração por serem, cada um deles, fatores demasiadamente pequenos, especializados e fragmentários". É interessante observar como na criação do computador, a fusão entre o capitalismo de Estado e o monopólio no campo das invenções expressou-se, quicá pela primeira vez, de forma assim tão nítida. O autor destaca então os milhões de dólares gastos pelo Congresso Norte-americano, o Departamento de Defesa e o Conselho de Segurança Nacional na realização deste projeto, no qual estavam envolvidas a IBM e Universidades Norte-americanas.
10. Nos Anais de 1955 sobre *Automation and Technological Change*, existe uma ampla explanação do Bureau of the Census sobre a sua experiência na área da computação, naquela época, quase sem precedentes no mundo.
11. Jean-Michel Treille, *L'économie mondiale de l'ordinateur*, Ed. du Seuil, Paris, 1973, p. 19. Grande parte da informação contida nesta seção se baseia neste interessante estudo.

O apoio estatal para essas experiências iniciais foi fundamental. Alguns dos primeiros modelos de computadores venderam um ou dois exemplares. Só com a aplicação dos transístores e o surgimento da segunda geração de computadores se transformaram em bens comerciais capazes de adquirir uma dinâmica que superou qualquer expectativa. A diminuição do volume dos monstros iniciais e sobretudo de seu custo de produção e operação permitiu um grande salto na indústria dos computadores. Em 1955 os computadores instalados representavam um valor de 200 milhões de dólares. Sete anos depois, em 1962, este valor havia quintuplicado a um bilhão de dólares. Com o surgimento da terceira geração em 1965, os dados vão parecer milagrosos. Vejamos:

Em 1966, o valor das vendas de computadores em todo o mundo era de 4 bilhões de dólares; em 1975 se calculava um montante de vendas próximo dos 13 bilhões de dólares.

Ao tomarmos o número de computadores em operação veremos que este aumentou de aproximadamente 2 mil em 1959 para cerca de 50 mil em 1967, 131 mil em 1971 e 280 mil em 1975.

Porém, estes números tão prodigiosos da indústria dos computadores revelam muitas desigualdades internas que devem ser levadas em conta.

Em primeiro lugar, a sua distribuição, a nível internacional, revela a supremacia esmagadora dos Estados Unidos. Em 1971, havia neste país 84.600 computadores, os quais representavam 64,6% do total existente no mundo. A Europa toda possuía 27 mil computadores (20,6% do número total, dos quais 7.800 estavam na Alemanha Federal, 7.600 no Reino Unido e 6.700 na França). Em seguida, existiam 8.680 computadores no Japão e 5.500 na URSS, o que representava 6,6% e 4,2% do total mundial, respectivamente. Esse total era de 130.920 computadores que representavam um valor de 45.015 milhões de dólares. O valor da produção de computadores nos Estados Unidos representava 2,72% do Produto Nacional Bruto, cifra da qual somente se aproximava o Reino Unido com 2,4%. Segundo cálculos de 1973, a produção mundial de computadores deveria se situar em 280.500 computadores e os Estados Unidos diminuir o seu peso percentual para 53,4%, em benefício sobretudo do Japão (o qual passaria aos 12,6%), da Europa

(cujo peso passaria a 23,5%) e da URSS (4,6%). O valor destes computadores, que subiu aos 85 bilhões de dólares, representaria então um aumento muito superior àquele do Produto Nacional Bruto de cada país no período estudado, e um aumento significativo da proporção do valor destas máquinas com relação ao PNB: 3,45% nos Estados Unidos, 2,75% no Reino Unido, próximo dos 2% para os demais países.¹²

Todavia, este mercado mundial está profundamente monopolizado por uma única empresa: a IBM. Esta controlava em 1969 69,5% do valor total (em dólares) dos computadores instalados nos Estados Unidos. Em importância a seguia Univac-Sperry-Rand, produto de uma fusão protecionista de grandes firmas da eletrônica, com somente 6,5% deste mercado. Em 1975, acredita-se que a participação da IBM tenha baixado para 60,7% em benefício da Univac-Sperry-Rand (a qual passaria a controlar 10,3% do mercado) e da Honeywell Inc. (a qual, dos 5,5% de 1969, passaria a 11,4% em 1975).¹³ A mesma IBM detinha em 1971 50% do valor total dos computadores da Europa (64,8% na Alemanha Federal, 27,7% no Reino Unido e 59% na França).

A IBM e as empresas norte-americanas dominam o mercado mundial de computadores seja sob a forma de vendas diretas (para países menos desenvolvidos e subdesenvolvidos), seja também através da instalação de filiais (países desenvolvidos) e da venda de patentes e licenças de tecnologia (sobretudo no Japão, onde existe proibição oficial para a instalação de empresas estrangeiras neste campo). Para defenderem-se de uma possível nacionalização de suas filiais na Europa, as empresas multinacionais de origem norte-americana diversificaram suas atividades através de suas filiais em vários países europeus. A onda nacionalista iniciada por De Gaulle, sobretudo para conter a expansão da IBM sobre a computação francesa, encontrou desta maneira um forte obstáculo, que até agora não lhe foi possível superar. Por outro lado, a produção local, apesar da forte subvenção e proteção estatais, não conseguiu romper o monopólio tecnológico imposto por esta empresa norte-americana. Mesmo os países que sempre estiveram na ponta da corrida tecnológica na área da computação (como o Reino Unido) perdeu terreno na década de 60. Em 1958, a

12. Estes dados foram obtidos do livro citado por Jean-Michel Treille, p. 20.

13. Jean-Michel Treille, op. cit., p. 46.

Grã-Bretanha produzia a totalidade (100%) dos computadores instalados no país. Já em 1966 a participação nacional decaía para 45,6%, enquanto que as empresas norte-americanas passavam a atender 53% do mesmo mercado.

Também é significativo levar em conta os setores a que se destinam estes computadores. Em 1960, sobre um total de 630 milhões de dólares vendidos em computadores nos Estados Unidos, 610 milhões foram destinados a aplicações em gestão «científica» e somente 20 milhões ao controle industrial. Em 1975, segundo estimativas da Associação das Indústrias Eletrônicas, estas cifras se elevariam a 6.900 e 600 milhões respectivamente, o que revela uma acentuada preferência para a aplicação dos computadores nas atividades de gestão e não naquelas diretamente produtivas.¹⁴

Por isso, o grande incremento observado na utilização dos computadores não está sempre associado com o processo de automação da produção. Temos visto que somente uma porcentagem bastante baixa de computadores se destina à produção industrial, enquanto que uma esmagadora maioria é orientada para o setor dos serviços, particularmente para a contabilidade das empresas e para as tarefas de gestão. Esta é a razão principal pela qual a revolução dos computadores não conseguiu mudar de maneira mais radical a face do sistema produtivo. A resistência em se utilizar os computadores na área produtiva está ligada diretamente ao caráter do processo de valorização que se desenrola dentro do capitalismo. Como veremos no nosso próximo livro sobre a Revolução Científico-Técnica e a Acumulação, a aplicação maciça da automação representa, na ausência de um controle monopolístico do mercado, uma ameaça para a taxa de mais-valia e, conseqüentemente, para a taxa de lucros. O aumento da produtividade do trabalho nas condições em que o preço seja igual ao valor significa uma queda no valor unitário dos produtos e, conseqüentemente, uma redução na massa de mais-valia. É por isso mesmo que o capital prefere utilizar os avanços tecnológicos para baixar o nível dos gastos improdutivos nas atividades de serviços, para aumentar sua capacidade de controle e gestão da produção e incrementar a velocidade de circulação de suas mercadorias. Ao mesmo tempo e por causa dos seus

14. Ibidem, p. 21.

altos custos, o Estado torna-se um importante comprador de computadores os quais são utilizados para fins científicos, de contabilidade, estatísticos e de controle social. Antes de analisarmos mais detalhadamente os efeitos econômicos do enorme crescimento da computação no capitalismo contemporâneo, será necessário estudar as tendências de utilização destas conquistas tecnológicas tão significativas.

3. A utilização da tecnologia da computação

Em primeiro lugar, a tecnologia da computação se divide em dois grandes setores: o *hardware* e o *software*.

Entende-se por *hardware* os componentes físicos e materiais de um sistema de processamento de dados.

Chamamos *software* aos programas escritos com o objetivo de controlar as operações realizadas pelo computador. A utilização dos cérebros eletrônicos supõe um grande desenvolvimento dos programas de computação como tecnologia em si mesma e sua aplicação à administração e gerência, à pesquisa e desenvolvimento científico, às atividades de assessoria, consultoria e assistência, à engenharia de sistemas.

Um computador é uma máquina bastante complexa, que possui a especificidade de retroalimentar-se, ordenar o seu próprio funcionamento de suas partes ou componentes.¹⁵ Ele pode ser pesado, médio ou pequeno e atualmente estamos entrando na era do minicomputador. Pode ser ainda de uso geral, especializado ou especial e pode ser digital ou analógico.

Os computadores se compõem de um corpo central e de seus instrumentos periféricos. O corpo central se compõe de uma memória para estocagem da informação, de uma memória

15. O princípio da retroalimentação é uma das bases da cibernética. J. O. Wisdom o define da seguinte maneira: "Estas máquinas eletrônicas não são somente 'automáticas', no sentido em que o é uma balança decimal, por exemplo. Na verdade elas incorporam um mecanismo conhecido por "realimentação", o qual é da maior importância. Por isso, diferem das máquinas puramente newtonianas. As máquinas que incorporam mecanismos de realimentação negativa podem ser descritas da mesma maneira que aquelas que utilizam o 'método do tateio' como 'compensador de erros', ou melhor, como autocorretor. Por outro lado, podemos definir 'um mecanismo de realimentação negativa simples' como aquele mediante o qual parte da energia de entrada da máquina é utilizada de quando em vez para regular a energia de saída". "Hipótesis de la Cibernética"; em *Perspectivas de la Revolución de los Computadores*, op. cit., p. 183 e 185.

rápida para o acesso à informação estocada e de uma unidade de cálculo que opera sobre a informação fornecida pela memória rápida (ou flexível).

O desafio tecnológico enfrentado por este setor está situado na redução do tamanho das memórias e no aumento do seu ritmo de operação. Ambos os objetivos têm sido rapidamente alcançados, com grandes saltos, durante as três gerações sucessivas de computadores.

Os instrumentos periféricos são aqueles encarregados de realizar a entrada e a saída da informação.¹⁶ «Os órgãos de entrada ou de saída constituem, na maioria das vezes, o limite da capacidade operativa dos computadores: sendo mais lentos, com seu ritmo próprio, eles regulam o desempenho do conjunto».¹⁷ Segue daí a crescente preocupação não só por aumentar sua rapidez como também para mudar radicalmente suas características mediante a introdução de procedimentos eletrônicos ou óticos que assegurem uma rapidez quase instantânea, tendo-se desenvolvido nos últimos tempos o vídeo de televisão seja para a entrada, seja para a saída da informação.

Desenvolvem-se ao mesmo tempo os sistemas de teletratamento da informação, os quais permitem a conexão à distância de um terminal com o computador central através de um telex, uma linha telefônica, microondas, etc. O desenvolvimento considerável dos terminais está sem dúvida associado aos novos métodos de operação tornados possíveis pela terceira geração de computadores (os quais incorporam os circuitos integrados e os progressos da miniaturização). Estes novos métodos operativos são constituídos pelo tratamento à distância (teletratamento), a multiprogramação, o multitratamento, o tratamento em tempo discreto (ou fracionado), o tratamento em tempo real e o modo conversacional.

Estes métodos permitem que se associem terminais relativamente baratos a enormes computadores centrais, facilitando

16. Na cibernética, o conceito de informação tem um sentido bastante diverso do comum: "Tomemos um problema comportando um certo número de respostas possíveis, dentro de um contexto em que não possuímos informações particulares sobre a situação presente. Se conseguirmos obter alguma informação sobre o problema, o número das respostas possíveis diminuirá; uma informação total poderá inclusive conduzir a uma só resposta possível. Assim, a Informação é uma função da relação entre as respostas possíveis antes e após a sua recepção". Lion Brillouin, *Science and Information Theory*, citado por Jacques Guillaumand, *Cybernétique et matérialisme dialectique*, op. cit., p. 118.

17. Manuel Janco e Daniel Furjot, *Informatique et capitalisme*, op. cit., p. 162.

o contato do homem com o computador e exigindo uma menor qualificação para a sua utilização.

O desenvolvimento da base material do computador (*hardware*) está diretamente relacionado com a capacidade de programá-lo (*software*). Os grandes saltos que foram efetuados neste setor são, por um lado, produto das pressões e desafios impostos pelo progresso das máquinas e, por outro, fator de um estímulo maior para o seu desenvolvimento, dado que permite a utilização plena das suas potencialidades.

O *software* converteu-se assim num vasto campo econômico, originando empresas especializadas e revolucionando amplos espaços do conhecimento, da gestão e da tecnologia. As empresas monopolísticas do setor utilizam estes instrumentos tecnológicos para controlar a produção de novas técnicas e usam os dados acumulados nas suas empresas de pesquisa para dominar outros setores econômicos e assessorar suas próprias decisões.

A utilização dos recursos tecnológicos consideráveis criados pela computação constitui fundamentalmente uma resposta às necessidades do capital. Neste sentido, será então natural que as tarefas de gestão, que asseguram o domínio do capital sobre o trabalho, sejam aquelas que atraiam a maior atenção no desenvolvimento da computação. O aumento da eficiência na gestão se associa com a valorização do papel dos meios de produção dentro do processo do trabalho e, por conseguinte, com um incremento da primazia do capital no processo produtivo.

Desta forma, o domínio sempre crescente das atividades englobadas pela computação segue um caminho condicionado pelos interesses das empresas monopolistas, as quais não poderão todavia controlar todas as conseqüências econômicas, sociais e políticas da aplicação da automatização.

Em que campos estão sendo aplicados a automação e os computadores? A automação e os computadores estão sendo utilizados para fins científicos ligados à produção de objetos complexos (como nos casos da indústria aeronáutica e espacial), para a resolução de problemas de desenho, para o cálculo em geral, para auxiliar a gerência da produção. No campo da energia atômica, eles são utilizados para cálculos dos rea-

tores explosivos e para a análise experimental. Nas refinarias de petróleo, eles servem na programação linear relacionada com o controle dos programas de produção.

Por outro lado, no que diz respeito às suas utilizações no mundo dos negócios e da indústria, devem ser destacadas as suas aplicações no processamento de dados relacionados com os escritórios, a automação do trabalho de escritório (fenômeno bastante recente), no sistema de contabilidade e estatística, incluindo problemas operacionais. Num grau mais elevado, eles são utilizados para serviços postais e controle da produção. Hoje em dia, os computadores são também largamente empregados nas companhias de seguro, nos bancos, nas repartições do governo, empresas aéreas e ferroviárias.

Também são empregados para o controle de máquinas, particularmente o controle numérico dos produtos fabricados por estas máquinas, sobretudo na indústria espacial (apesar de esta aplicação se estender também a outros campos).

Segundo o Professor Leboucq, nos sistemas fechados os computadores exercem desde a função de termostato para refrigeradores até a função de piloto automático nos aviões supersônicos. São utilizados também nas operações ferroviárias; na distribuição da eletricidade nas estações de energia térmica e nas estações hidrelétricas; nas de energia nuclear; nas operações de transformação do ferro e do aço (siderurgia); na indústria química, mecânica, na indústria da alimentação, do vidro, etc. Finalmente, tem-se progredido bastante na instalação de sistemas de controle e direcionamento sistematizados na produção da eletricidade, do petróleo e na produção de cimento.

Como se distribuem os computadores existentes entre as diferentes atividades econômicas? Nos Estados Unidos as indústrias absorvem 17% do total dos computadores existentes no país, os quais se repartem ainda entre os setores de técnica mais avançada. Assim, a indústria química utiliza 3,4% do número total de computadores do país, a indústria de material elétrico 4,5%, a dos equipamentos de transporte 4,4%. Mas é no setor dos serviços que encontramos uma parcela considerável do esforço na área da computação: os bancos empregam 7,9% do número total de computadores; a educação, 6,3%; as companhias de seguro, 5,4%; o comércio ata-

cadista, 4,3%; o comércio varejista, 3,5%; os serviços financeiros (não bancários), 2,8% e, finalmente, as atividades restantes, abaixo de 2%. Por fim, o governo federal possui 7,5% do número total de computadores existentes, e os governos estaduais e municipais, 4,6%. Esta distribuição confirma assim a tendência assinalada anteriormente de se utilizar a computação nos setores de serviços, tendência esta que vem sendo observada em todos os países capitalistas.¹⁸

Se investigarmos os dados sobre o modo de utilização dos computadores confirmaremos esta tendência. Segundo a revista *Management* de janeiro de 1972, o tempo produtivo dos computadores empregados pela totalidade das empresas francesas que se destinava à produção, ao planejamento e ao controle era de somente 8,8%. No entanto, 22,8% deste tempo eram empregados na contabilidade e 25,2% no faturamento. Inclusive, no próprio setor industrial, o tempo de computação que era dedicado à produção montava a 57,6%, enquanto que 15,5% eram empregados na contabilidade, 16,2% no faturamento e 10,1% nos pagamentos.

Nos últimos anos, com a criação dos sistemas miniaturizados, fabricaram-se minicomputadores que permitem uma utilização muito mais ampla e a custos bem mais reduzidos. Em consequência, esta indústria planeja um aumento maciço no consumo doméstico de computadores, incluindo sua adoção por pequenas e médias empresas que até agora estiveram impossibilitadas de adquiri-los por causa dos seus altos preços. Para 1980, pretende-se elevar a 680.000 o número de computadores em uso nos Estados Unidos, ou seja, mais do dobro da quantidade existente em 1976 (280.000). As calculadoras eletrônicas manuais, que em 1971 não passavam de algumas centenas de milhares tiveram em 1976 o seu número elevado a uma cifra estimada de 20 milhões. Este incremento espetacular num domínio assim tão paralelo ao dos computadores estimula sobremaneira as empresas deste ramo, as quais prometem em breve integrar microcomputadores ao controle de automóveis, fornos caseiros, produtos vendidos nos supermercados, sistemas de crédito (permitindo inclusive a substituição do uso do cheque). Existe também a intenção de se aumentar as possibilidades de acesso das pessoas a bibliotecas

18. Idem, *ibidem*, p. 171-2. No apêndice estatístico apresentado por Janco e Furjot encontram-se dados similares para a Alemanha, Itália, França e Japão.

e salas de aula a partir de suas próprias casas. Tais planos se apóiam no rápido progresso dos semicondutores, os quais permitem a produção de computadores miniaturizados equipados com memória, os microprocessadores, «A nova tecnologia, assinala a *US News and World Report*, modificou completamente a economia do processamento de dados, posto que os custos de produção dos semicondutores tornaram-se mínimos quando comparados com os *ferrite-core* prevaletentes nos anos anteriores. A relação entre o custo dos equipamentos de computação e o custo da programação (gastos em *software*) era de aproximadamente 4 por 1 em 1950. Agora ela está próxima de 1 por 4. Especialistas indicam ao mesmo tempo que o preço de alguns dos minicomputadores está baixando em média de 15% anualmente.»¹⁹

Mas, dentro desta revolução toda, um lugar muito pequeno é deixado para as atividades propriamente produtivas. Pretende-se utilizar os microcomputadores no controle de processos de manufatura, na petroquímica, nos têxteis, no óleo e no papel. «Dentro de uma fábrica de papel, microcomputadores separados podem controlar: a redução e reconhecimento dos blocos de madeira, a operação de *bleaching*, a máquina de papel e o sistema elétrico. (...) Dois microcomputadores podem vigiar 400 variáveis e tomar decisões sobre 50 movimentos de controle num espaço de 5 segundos».²⁰ Tais capacidades de controle poderiam também ser utilizadas na regulação do consumo de energia, a qual está se tornando cada vez mais cara.

Estes novos passos na tecnologia da computação indicam pois que a difusão dos computadores tende a manter o seu ritmo frenético e que a tendência para o aumento das vendas e a diversificação do seu consumo e utilização prevalece sobre aquele que seria um desenvolvimento planejado com o objetivo de diminuir o tempo de trabalho necessário para a produção de bens essenciais. No entanto, estes saltos tecnológicos de suma importância terão de reverter-se a partir de um

19. "Special Report: Coming Another Revolution in Use of Computers", *U.S. News and World Report*, 19 de julho de 1976, p. 54-7. Segundo este artigo, o custo de um sistema doméstico de computação se situará em cerca de 1.000 dólares na próxima década. Atualmente, um pequeno terminal de uso doméstico custa 1.500 dólares. "Hoje em dia, o número de computadores domésticos existente é estimado em 5.000, porém, para Mr. Heiser (proprietário de uma fábrica de computadores em Santa Mônica, Califórnia), este número deverá subir a 500.000 nos próximos 3 anos".

20. *Ibidem*, p. 57.

certo momento para o sistema produtivo, mesmo que não na quantidade, extensão e qualidade que teriam sido alcançados mediante uma política de automação planejada da produção.

Nos países socialistas adiantados, o sistema de automação aplica-se com maiores vantagens, na medida em que a produção é planejada dentro de uma perspectiva global e não somente a partir de uma unidade produtiva. Nestes países, a técnica da automação tende a se aplicar de maneira sempre mais intensa. Neste terreno, e apesar do seu relativo atraso na tecnologia da computação, o sistema socialista está demonstrando a sua capacidade em superar o capitalismo, dada a dificuldade encontrada pela forma anárquica da produção capitalista de assimilar um sistema produtivo que supõe um grau de concentração e de socialização da produção bem superior ao estreito marco da empresa capitalista.

Assim é que, apesar do baixo número de computadores existentes nos países socialistas, eles têm sido utilizados de maneira bem mais racional, não só na automação maciça da produção como também no planejamento, o que possibilitou o emprego de um *software* menos complexo, porém bem mais eficiente.

Quando a empresa *Siemens*, da Alemanha Federal, decidiu intensificar o seu poder competitivo frente à IBM, foi junto à tecnologia soviética de computação aplicada à produção que ela encontrou a base tecnológica de que necessitava. «Foi na URSS que ela encontrou um meio ambiente suscetível de lhe proporcionar notáveis progressos quantitativos e qualitativos, não somente pela regularidade como também pela importância dos contratos para uma vasta gama de aparelhos destinados tanto à gestão como à produção. Ela (a Siemens) pode assim ganhar a sua independência no que se refere à informática de gestão e tornar-se então apta a lançar-se na produção de calculadoras industriais a serem vendidas em seguida tanto no Leste como no Oeste. Assinalemos ainda que a Siemens espera obter neste setor um lugar de destaque tão importante como o que obteve a IBM na informática de gestão. Mede-se ainda insuficientemente o 'poderio' econômico conferido hoje em dia pela fabricação de tais sistemas». ²¹ Em resposta, a

21. Janco e Furjot, op. cit., p. 59. A orientação pró-chinesa destes autores impediu que compreendessem a importância desta orientação da tecnologia soviética para a evolução do trabalho humano.

IBM enviou o seu próprio diretor (M. Watson) à URSS com o objetivo de oferecer-lhe equipamentos considerados estratégicos até então e obstaculizar desta forma as perspectivas da Siemens. Esta missão foi coroada de êxito.

Todavia, será necessário que nos detenhamos um pouco mais neste ponto.

Todos os países que implantaram uma nova organização da produção, com base na propriedade estatal dos meios de produção, o planejamento e a direção do Estado pelos partidos comunistas, possuíam inicialmente um desenvolvimento industrial bastante incipiente. A URSS particularmente, que desde 1917 a 1945 andava sozinha nesta direção, consagrava o seu esforço tecnológico muito mais com o objetivo de alcançar os níveis de desenvolvimento de países mais avançados da Europa e Estados Unidos do que com o objetivo de se dotar de uma tecnologia moderna. A partir de 1957, quando terminaram os pesados esforços de reconstrução de um país arrasado pela invasão hitlerista, quando se alcançava um grau significativo de industrialização e urbanização e se havia conseguido o equilíbrio atômico com os Estados Unidos e a sua superação no campo da tecnologia espacial com o lançamento do «Sputnik», a União Soviética passou a adquirir força suficiente para obrigar o campo capitalista a aceitar uma política de distensão progressiva, aumentar suas possibilidades de aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos através da circulação internacional de cientistas, técnicos e administradores e iniciar uma política de melhoria da qualidade da produção e de maior controle das unidades produtivas pelos seus próprios trabalhadores.

Dentro deste novo contexto, o XX Congresso do PCUS e, particularmente, os plenários do Comitê Central de junho e dezembro de 1963 colocaram os objetivos da revolução científico-técnica no centro da política de desenvolvimento da URSS. Em 1964, a Academia de Ciências da URSS publicou um guia metodológico com o objetivo de difundir a eficiência econômica do trabalho de investigação científica²² e foi dado início a um conjunto de trabalhos referentes à revolução científico-técnica que coroavam as medidas de reforma econômica

22. Citado no prólogo de J. Sedijar e Robert Maxwell à tradução inglesa do livro de J. C. Kunakov, *Science, Technology and Communism*, Pergamon Press, Oxford, 1966.

da URSS e lançavam as bases de uma nova etapa do seu desenvolvimento.

Depois de aplacado o exagerado entusiasmo inicial que despertou a idéia de uma revolução científico-técnica cuja aplicação sistematicamente planejada permitiria — segundo se acreditava então — lançar imediatamente as bases materiais do comunismo na URSS, a concepção do papel fundamental destas transformações não mudou radicalmente. Pelo seu lado, o 9º plano quinquenal estipulava que «a economia nos meados dos anos 70, pelas suas proporções e características qualitativas, fosse transformada num gigantesco complexo de ramos industriais altamente desenvolvidos com base na ciência moderna, a qual se erigia sempre mais como força produtiva direta».²³

Já o 10º plano quinquenal, apesar de priorizar melhorias na qualidade dos produtos e colocar em evidência a produção agrícola, elevou tais metas a níveis superiores e, de forma ainda mais precisa, definiu o papel fundamental da automação dentro do desenvolvimento econômico. Nas suas *Orientações para o Desenvolvimento da Economia Nacional da URSS para 1976-1980*, o presidente do Conselho de Ministros da URSS, dentro do XXV Congresso do PCUS, traça as linhas do progresso científico e tecnológico:

«Para a produção dos instrumentos de trabalho, aumentar a capacidade unitária das máquinas e equipamentos, substituindo-se o desenvolvimento e a introdução de máquinas individuais pelo desenvolvimento e introdução de maquinarias que cubram a totalidade do processo tecnológico, a mecanização e automatização das áreas de produção intensivas em trabalho, sobretudo nas indústrias onde um número considerável de trabalhadores estão envolvidos em trabalhos manuais árduos, em operações subterrâneas insalubres».²⁴

Os outros objetivos traçados para o desenvolvimento científico atingem áreas que vão muito além da automação; estas, dizem respeito ao desenvolvimento de processos tecnológicos com tecnologia progressiva que engloba um baixo número de

23. Nicolái Baibakov, "La Planificación Socialista y el Desarrollo de la Economía de la URSS", na obra coletiva *La Revolución Tecno-Científica: Aspectos y Perspectivas Sociales*, Ed. Progreso, Moscou, s/d.

24. A. N. Kosygin, *Guidelines for the Development of the National Economy of the URSS for 1976-1980*, XXV the Congress of the CPSU, Moscou, 1976.

operações e de tecnologia para uma maior economia de energia e outras matérias-primas, para a proteção do meio-ambiente, etc. Também elas dizem respeito ao desenvolvimento de usinas nucleares, hidrelétricas, estações termelétricas de grande potência e turbogeradores mais econômicos. Também são previstos o desenvolvimento de materiais mais resistentes como o aço de alta graduação, o uso de métodos de *electroslag* e fundição a vácuo, a extensão da distribuição do capital circulante, o crescimento da participação do alumínio, do titânio e dos polímeros na produção total de matérias-primas de estrutura e, finalmente, a produção de material sintético com propriedades preestabelecidas. Além disso, são fixadas metas ainda mais ambiciosas para a pesquisa a longo prazo sobre a energia térmica e atômica, a reação termonuclear e a supercondutividade.

Estas diretrizes tecnológicas, assim como o progresso já alcançado em vários países socialistas na substituição de máquinas antiquadas por máquinas novas, automatizadas²⁵, revelam que, nestas formações sociais, a progressão da automação dentro do sistema produtivo não encontra nenhuma barreira ou limitação de ordem econômica ou social. Ali, a única limitação existente se refere ao atraso histórico do qual se parte, e que afeta a capacidade de produção de conhecimentos científicos e técnicos.

4. Automação e revolução científico-técnica

Apesar de representar o elemento mais decisivo do progresso tecnológico, a automação não constitui todavia o seu único aspecto e, além disso, ela não pode ser entendida fora do

25. "De acordo com as estatísticas mais recentes, o número de máquinas-ferramentas com idade igual ou superior a 10 anos representa 57% do total, e os equipamentos de prensa e forja 55% do número total. Estas percentagens são bem superiores às de muitos países desenvolvidos do Ocidente. Durante o período compreendido pelo Décimo Plano Quinquenal, deverá haver uma taxa de crescimento mais elevada para a produção de fundições automáticas, prensas, forjas, máquinas, esteiras para produção de componentes e equipamentos de alta precisão". *Guidelines for the Development of the National Economy of the URSS for 1976-1980*, p. 51-2.

Sobre a RDA: "Dos equipamentos atualmente existentes na indústria, 40% foram instalados no período quinquenal 1971-1975. A metade deles era semi ou totalmente automatizada". Por outro lado, segundo a mesma fonte, o grau de automatização dos equipamentos industriais subiu de 33% em 1970 para 42% em 1975. *Cifras y Hechos Sobre el Desarrollo de la República Democrática Alemana en los Años de 1971 a 1975*, RDA, 1976, p. 44.

contexto geral da evolução da ciência e da técnica. A possibilidade de se economizar o trabalho humano em geral através da mecanização e da automação não pode ser vista, isoladamente, como uma simples mudança nos meios de produção, da mesma forma que as modificações nos equipamentos utilizados, nas técnicas de gestão, na educação e treinamento da mão-de-obra, na criação de uma base material para a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, na abertura de novas áreas para a ciência (especialmente aquelas dedicadas ao bem-estar humano e do trabalhador em particular). Segue daí a necessidade de se analisar as mudanças tecnológicas dentro de um sentido geral que só pode ser definido no contexto da revolução global que se produziu nos últimos 30 anos e no papel econômico e social desempenhado pela ciência (assim como seus vínculos sempre mais estreitos com a tecnologia e a produção).

A isto chamou-se de «revolução científico-técnica», cuja concepção teórica foi particularmente desenvolvida por uma grande equipe de pesquisa pluridisciplinar chefiada por Radovan Richta, sob os auspícios da Academia de Ciências da Tcheco-Eslováquia. Concluído em 1967, este estudo incorpora os elementos constitutivos da chamada «Primavera de Praga» e apresenta posições polêmicas em muitos dos seus pontos. Na linha da tradição de outros autores marxistas que trataram do tema²⁶, Richta sublinha o processo histórico dentro do qual se produz a separação entre o trabalhador e a atividade diretamente produtiva. Porém, este autor vai mais longe que seus predecessores, procurando caracterizar as mudanças decisivas e radicais que se operaram nas últimas décadas como resultado da revolução científico-técnica, a qual, segundo ele, ultrapassa os limites da revolução industrial «ao potencializar uma estrutura e dinâmica novas das forças produtivas e da vida do homem».²⁷

Estas mudanças resumem-se no seguinte:

- a) Os instrumentos de trabalho passam a assumir funções que, em princípio, os convertem em complexos de produção autônomos.

26. Particularmente J. D. Bernal na sua *Historia Social de la Ciencia*, Ed. UNAM, México, 1960, vol. II: *La Ciencia de Nuestro Tiempo*, Samuel Lilley, *Hombres, Máquinas e Historia*, Editorial Ciencia Nueva, Madrid, 1967.

27. Radovan Richta, *La Civilización en la Encrucijada*, Ed. Antiorch, Barcelona, 1970, p. 35. Existe também uma edição corrigida pela Academia Tcheca de Ciências, publicada em espanhol por Siglo XXI, México.

- b) Os objetos trabalhados já não são simples matérias-primas naturais, mas sofrem importantes transformações químicas.
- c) O trabalhador já não é mais o único fator subjetivo da produção. Os computadores o liberam em parte deste aspecto.
- d) A ciência se converte definitivamente em força produtiva.

A preocupação fundamental de Richta, a qual é partilhada também por outros autores, sobretudo nos países socialistas²⁸, consiste em demonstrar que se, por um lado, a industrialização foi a base sobre a qual se apoiou o capitalismo e o socialismo na sua fase inicial, por outro, a revolução científico-técnica se constitui na infra-estrutura das novas relações de produção comunistas que já começam a emergir. Os seus efeitos sobre as relações de produção são explicados como resultado da adoção da automatização, que transforma a produção «num processo natural tecnificado e governado pelo homem». As diferentes facetas deste processo são: a *liberação*, que permite «eliminar completamente a atividade humana na produção direta, transferindo-a para as etapas reprodutoras de formação tecnológica, de pesquisa, ciência e formação humana»²⁹; a *quimização*, isto é, «a procura de objetos de trabalho (matérias-primas) com qualidades deliberadamente escolhidas e utilizáveis»³⁰, e a produção biológica; a *criação de novas fontes de energia*, que sejam mais eficientes e mais baratas (nuclear, solar, etc.).

Como resultado da aplicação direta da ciência no processo produtivo, modifica-se a estrutura da produção; velhos ramos perecem e possibilitam o surgimento de outros novos, como

- 28. Os estudos sobre a revolução científico-técnica nos países socialistas e, particularmente, na URSS, deram lugar a um sem número de textos dentre os quais assinalamos os seguintes: *Obra coletiva das Academias de Ciências da URSS e Tcheco-Eslováquia, Man, Science, Technology. A Marxist Analysis of the Scientific-Technological Revolution*, Academia Praga, Moscou-Praga, 1973; *Redacción Ciencias Sociales Contemporáneas de la Academia de Ciencias de la URSS, La Revolución Tecnológica: Aspectos y Perspectivas Sociales*. Editorial Progreso, Moscou, s/d; Instituto de Filosofia-Academia de Ciências de la URSS, *Homme, science et technique*; Victor Afanassiev, *Revolución científica et technique: gestion, éducation*, Editorial Progreso, Moscou, 1976; V. Tourtchenko, *La révolution scientifique et technique et la révolution dans l'enseignement*, Ed. Progreso, Moscou, 1975; Academia de Ciências da URSS, *La Revolución Científico-Técnica y el Socialismo*, Redacción Ciencias Sociales Contemporáneas, Moscou, 1973. Além destes livros e coletâneas de textos existe ainda uma imensa bibliografia sob forma de artigos que não pode ser citada aqui.
- 29. Richta, op. cit., p. 39. Em 1966, havia cerca de 50.000 computadores no mundo todo (entre eles, 1.000 computadores de gestão). No começo da década dos 70, estes seriam já 100.000. Vejam-se os dados evidenciados anteriormente, no começo deste capítulo, mostrando os enormes progressos na produção de computadores.
- 30. No capítulo anterior esboçamos um conceito mais amplo da quimização que afeta não só os objetos do trabalho, como é observado por Richta, mas que altera também o processo do trabalho e a concepção científica da transformação da matéria.

a energia nuclear, a química dos polímeros, a radioeletrônica, a cibernética, etc. Segundo Richta, o princípio da automação não representava então mais do que 8% da produção total nos países adiantados, porém deveria até o final do século prevalecer majoritariamente não só na área propriamente produtiva como também na dos serviços.³¹ A ciência sofre transformações qualitativas importantes e procura uma nova síntese. A sociedade, em conseqüência, terá de adaptar-se a essas novas necessidades. O sentido do trabalho humano, a sua organização, os princípios sobre os quais ele está baseado deverão mudar radicalmente. «O homem muda o seu lugar dentro das forças produtivas».

É importante sublinhar o papel socialmente novo que passa a desempenhar a ciência dentro deste processo: «Hoje em dia a ciência passa a atuar universalmente, como força diretamente produtiva e a indústria por inteiro converte-se em aplicação tecnológica da ciência. Assistimos assim à transformação do processo de produção, com a superação do processo de trabalho simples e sua conversão em processo científico».³²

Víctor Afanassiev³³ explica a transformação da ciência em força produtiva a partir de um sistema de relações ciência-técnica-produção. Esclarece ele que o vínculo orgânico da ciência com a produção próprio de nossa época «não significa que a ciência se transforme em uma espécie de terceiro elemento autônomo das forças produtivas ao lado dos meios de produção ou da mão-de-obra. Mas a ciência exerce esse papel de força produtiva não enquanto tal, mas unicamente em sua realização técnica, tecnológica e humana». A transformação da ciência em força produtiva deve ser vista, pois, como o estreito vínculo entre ela, a técnica e a produção. Este vínculo se expressa nos seguinte fatos:

- 1) A aparição de ramos inteiros da produção que são produto direto da aplicação da ciência e sem a qual não existiriam.

31. Nos últimos anos, estas cifras foram alteradas pelo intenso progresso na automação ocorrido no campo socialista. No IX Plano Quinquenal da URSS, foram renovados cerca de 43% dos ativos de produção fixos, incluindo 56% na agricultura. Ao mesmo tempo, os ativos fixos totais de produção cresceram de 50%. Em muitos casos, a substituição por novas máquinas incluía máquinas automáticas. Veja o texto citado de Kosygin, p. 18. Na República Democrática Alemã, o grau de automatização dos equipamentos industriais elevou-se de 33% em 1970 a 42% em 1975. Deve ser assinalado que o parque industrial de 1975 se compunha de 40% de máquinas instaladas entre 1971 e 1975. Veja *Cifras y Hechos sobre el Desarrollo de la República Democrática Alemana en los Años 1971-1975*, março de 1976, p. 44.

32. Richta, op. cit., p. 47.

33. Víctor Afanassiev, op. cit., p. 46.

- 2) A ação direta das ciências sociais e humanas sobre o homem desenvolvendo suas capacidades produtivas, faculdades, etc. A automação cria e aumenta a cada dia um tipo novo de trabalhador de ampla formação científica para dirigir a computadora e o sistema de produção automatizado.
- 3) O aumento do número de cientistas que têm que estar ligados diretamente à produção. A investigação e o desenvolvimento de produtos têm que ser feitos no interior da fábrica, empresa agrícola ou de serviços.
- 4) A ciência se incorpora diretamente ao processo de gestão da produção, a sua preparação científica, técnica e econômica.

Desta feita, torna-se evidente a justeza da afirmação de Richta segundo a qual, com base na revolução científico-técnica, «a ciência se converte numa variável fundamental do sistema econômico e num parâmetro decisivo para o progresso da civilização no seu conjunto».³⁴ Com a transformação da ciência em força produtiva direta, passam a prevalecer os elementos intensivos e qualitativos sobre o volume no crescimento dos meios de produção. O domínio do capital se apoiava anteriormente nas funções de fundo de trabalho e reserva de produção, com força totalizadora do trabalho acumulado.

Dado o papel predominante da ciência aplicada no processo produtivo, o capital deverá exercer o seu domínio também sobre a atividade científica para assegurar e manter o seu papel de explorador da força de trabalho e o seu domínio sobre a sociedade.

É hoje em dia difícil mensurar a parte do crescimento econômico que é devida aos fatores extensivos (aumento quantitativo do capital e da força de trabalho) e aquela que é devida aos fatores intensivos (progresso da ciência e da técnica, aperfeiçoamento do sistema de controle, elevação da capacidade técnica dos trabalhadores pela melhoria da formação cultural, geral e profissional). Todavia, as estimativas efetuadas pela equipe de Richta e também por outros autores indicam que os fatores intensivos representam hoje em dia de 50 a 74% do crescimento econômico nos países desenvolvidos em geral.

34. Richta, op. cit., p. 51.

Assim, os investimentos em pesquisa científica e a crescente intervenção estatal neste domínio se explicam como consequência necessária dentro do processo de submissão da produção à técnica e desta à ciência.

Em *O Capital*, Marx enumerava os fatores integrantes do processo do trabalho:

- a) o grau de desenvolvimento da ciência e da sua aplicação;
- b) a destreza e habilidade dos trabalhadores;
- c) as formas sociais de produção (produção doméstica, manufatura, grande indústria, etc.);
- d) qualidade das formas de produção;
- e) recursos materiais disponíveis à economia.

Como temos visto, a revolução científico-técnica afeta todos estes fatores e os submete ao desenvolvimento da ciência, a qual passa a dominar o conjunto do processo do trabalho. Este converte-se no domínio aplicado da ciência. A destreza e habilidade dos trabalhadores converte-se numa habilidade científico-técnica e num aperfeiçoamento profissional obtido, de maneira geral, fora dos locais de trabalho. As formas sociais de produção rompem o sistema da grande indústria, a fábrica, para dar origem aos grandes complexos produtivos, às grandes usinas e refinarias.

Assim, a evolução das formas de produção submete-se sempre mais aos padrões impostos pela ciência e, por sua vez, os recursos materiais passam a ser objeto de novos descobrimentos, os quais não só aumentam seus potenciais econômicos — dando origem a novos recursos artificiais como os materiais sintéticos, a energia nuclear — como também superam os obstáculos naturais para sua utilização.

Não será difícil perceber as implicações fundamentais engendradas por tais mudanças sobre o processo social em curso. O trabalho de Richta e seus colaboradores tenta a descrição do modelo formal desta revolução científico-técnica, procurando sistematizar suas implicações para a sociedade

35. Trata-se de um tema bastante controvertido. Será discutido nos próximos capítulos.

futura.³⁶ Todavia, o objetivo do nosso trabalho será diferente: trataremos de determinar até que ponto estas modificações — revolucionárias do ponto de vista das forças produtivas — estão em curso hoje em dia e quais as contradições que elas podem gerar diante do atual desenvolvimento das relações de produção capitalistas.

Mesmo antes de desenvolver relações de produção superiores, a sociedade capitalista já carrega no seu seio o potencial produtivo que servirá de base para uma sociedade de abundância e de trabalho comunitário; suas possibilidades de ajustamento às necessidades destas novas forças produtivas são porém reduzidas. Seria preciso poder determinar com exatidão quais são estas possibilidades e que forma histórica assumem tais modificações dentro de uma formação social que ao mesmo tempo as requer e não as realiza.

Por isso, passaremos a estudar nos capítulos seguintes o papel da ciência dentro do processo de valorização capitalista. Os fatores que situam a ciência como fonte de investimentos, os tipos de pesquisa que se realizam no capitalismo, as bases institucionais e os financiamentos destinados a este aparato científico crescente; a invenção, a inovação e a difusão do conhecimento científico sob o capitalismo monopolista.

Em todos estes capítulos, manteremos a questão básica que formulamos sobre o desenvolvimento da ciência no capitalismo monopolista, a saber: pode este absorver todas as potencialidades da revolução científico-técnica? Pode o capital monopolista levá-las até suas últimas conseqüências?

36. Alguns autores, influenciados por certos enfoques da revolução cultural chinesa, pretendem associar a perspectiva teórica de Richta com a tese da "sociedade pós-industrial", a qual será discutida num outro trabalho. Trata-se de uma deformação absurda das afirmações do filósofo tcheco, a qual ele rebate com êxito no seu trabalho "The Scientific and Technological Revolution and the Prospects of Social Development", apresentado como tese principal do VIII Congresso Internacional de Sociologia e incluído no livro *Scientific-Technological Revolution: Social Aspects*, SAGE Studies in International Sociology, 8, Londres, 1977.

Capítulo III

A CIÊNCIA COMO INVESTIMENTO: CONCEITOS BÁSICOS

1. Ciência, mudança tecnológica e acumulação de capital

Nos capítulos anteriores vimos como o modo de produção capitalista revoluciona os meios de produção e poupa o tempo de trabalho necessário, como resultado da lógica capitalista na sua luta por aumentar a taxa e a massa dos lucros. No entanto, esta tendência traz consigo um elemento contraditório que estudaremos mais detalhadamente nos capítulos posteriores: a poupança do tempo de trabalho traz no curto prazo um aumento da mais-valia e dos ganhos do capitalista através da mais-valia extraordinária obtida no mercado com a diminuição dos custos de produção, e, conseqüentemente de uma maior produtividade. O capitalista que introduz as inovações tecnológicas dispõe de custos de produção mais baixos do que a média; por isso ele poderá vender quantidades maiores do produto e por preços menores do que o preço médio; em conseqüência, ele poderá auferir lucros superiores ao lucro médio. No entanto, a longo prazo, quando se generaliza a nova tecnologia, a sua vantagem relativa desaparece e as leis do mercado fazem com que o valor final — e, conseqüentemente, o preço do produto final diminua. Assim, a massa da mais-valia incorporada em cada produto diminui, ao mesmo tempo em que a taxa de lucros retorna ao seu nível anterior (no caso de modificações tecnológicas neutras que não alterem a proporção entre o capital constante e o capital variável). Também, pode-se produzir uma diminuição da taxa de lucros. Este será o caso mais freqüente, quando de uma mudança tecnológica que aumenta a composição orgânica do capital, isto é, aumentando a proporção do capital constante relativamente ao variável. Deste modo, com relação ao período anterior, aumentará o investi-

mento do capitalista em máquinas e matérias-primas, com o objetivo de obter uma mesma massa de lucros.

Portanto, a introdução de uma nova tecnologia somente será vantajosa para o capitalista que a adota a curto prazo, enquanto não se generalizar o seu uso e, por conseguinte, não baixar o seu preço. Esta generalização, porém, será vantajosa para o consumidor da nova tecnologia ou do produto (seja o consumidor final ou outro capitalista) pois ele deverá se beneficiar com a baixa dos preços. Tal constatação nos leva a uma nova etapa do nosso raciocínio.

Ao capitalista que adota uma nova tecnologia interessam três coisas:

- 1) Que a tecnologia adotada se difunda o mais lentamente possível, para que ele possa assim manter a sua vantagem relativa. Segue daí sua necessidade de controlar e manter secretos os seus conhecimentos tecnológicos. Evidentemente será também do seu interesse que os seus concorrentes potenciais não disponham de tais conhecimentos antes dele. Por isso, ele procurará dominar o conhecimento na sua própria origem, mesmo quando não pretenda usá-lo de imediato. Em contracorrente a esta tendência atuam os interesses dos produtores de equipamentos ou de novas matérias-primas. O interesse destes é de vender os seus produtos, fato que se constitui numa fonte de difusão de novos processos. Assim, se a indústria de bens de produção (máquinas e matérias-primas) for independente dos outros setores que ela serve, poderemos esperar então a ocorrência de uma pressão positiva no sentido da difusão de novos processos de produção. No entanto, será necessário assinalar que boa parte das inovações em processos de produção é gerada no interior mesmo das empresas que as utilizam, como tem sido constatado em várias pesquisas.¹

1. "Num estudo anterior sobre as inovações em instrumentos científicos encontramos, em 80% dos casos de inovações estudadas, um domínio dos usuários em inovações sobre os fabricantes dos instrumentos nos trabalhos de Inovação. Neste artigo, prolongamos este trabalho examinando 55 inovações de processos usados na manufatura de condutores elétricos e eletrônica. Em 67% das inovações de processo estudadas (as quais incluem novos equipamentos), constatamos o domínio dos usuários dos equipamentos no processo de inovação através do reconhecimento da necessidade; da invenção da solução; da construção do protótipo e do uso de protótipo na produção comercial antes de qualquer participação de um produtor de equipamentos de processo na tarefa de inovação". O artigo cita também outras pesquisas que confirmam suas previsões. Veja-se Eric Von Hippel, "The Dominant Role of the User in Semi-conductor and Electronic Sub-assembly Process Innovation", *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. EM-24, nº 2, maio de 1977, p. 60-71.

- 2) Que baixe o custo das máquinas e matérias-primas que ele compra, de maneira que ele possa sustar a tendência para a baixa na taxa de lucros, a qual resulta das mudanças na composição orgânica do capital, como assinalamos anteriormente. Isto é, o ideal do capitalista é de adotar tecnologias que baixem constantemente os custos da parte não variável (constante ou morta) do seu capital. Deste modo ele aumentará a produtividade da força de trabalho e manterá a sua vantagem relativa no mercado.
- 3) Ao mesmo tempo, a empresa capitalista tem interesse em diminuir a participação do capital variável na produção, aumentando em conseqüência o domínio do capital sobre o trabalhador, o qual se vê assim submetido sempre mais a uma força que lhe é exterior: os meios de produção, o sistema mecanizado que são os representantes do capital no processo produtivo.

Estas tendências são contraditórias somente na aparência.

De fato, a diminuição do valor das máquinas, equipamentos e matérias-primas nada tem a ver com seu papel na produção, mas sim com as condições nas quais elas são produzidas. Em última instância, a queda no valor dos bens de produção depende das mudanças no setor I e não nos ramos utilizadores destes meios de produção.

Em segundo lugar, as mudanças na qualidade das máquinas e matérias-primas refletem-se nas suas capacidades produtivas independentemente dos seus custos. Assim é que uma máquina que custava x e apresentava uma produtividade de y teria um custo de produção mais baixo se, num tempo seguinte, a sua nova versão, apesar de manter seu preço no nível x , mostrasse uma produtividade de $y+1$. Em conseqüência desta maior produtividade, o custo das máquinas e matérias-primas continuaria igual, porém produziria uma maior quantidade de bens. Se supusermos então que a empresa em questão venda o seu produto ao preço anterior a essas mudanças (aproveitando-se da vantagem relativa que, como vimos, pode obter) ela estaria assim aumentando a sua taxa de lucros.

O mesmo acontecerá quando as inovações são efetuadas nos setores de bens de salário, diminuindo o valor dos mesmos. Neste caso, se produziria uma queda no valor da força

de trabalho, um aumento na relação entre o trabalho necessário e o excedente e, conseqüentemente, um aumento na taxa de exploração através da produção de mais-valia relativa.

Nos vários casos assinalados, procuraremos detectar o modo através do qual a empresa poderá obter maiores lucros por vias aparentemente contraditórias como:

- a) obtendo o monopólio de uma nova tecnologia e impedindo a sua difusão (ela realizaria em conseqüência uma mais-valia extraordinária);
- b) baixando os custos de produção de máquinas e matérias-primas, diminuindo a composição orgânica do capital e aumentando por fim a taxa de lucros;
- c) melhorando a qualidade tecnológica das máquinas e da matéria-prima, de maneira a lograr uma maior produtividade por um mesmo nível de capital fixo e alcançando assim uma maior taxa de lucros;
- d) reduzindo o papel do trabalhador no processo produtivo por meio do desenvolvimento do maquinismo e da automação (reduzindo assim o seu poder de barganha); e
- e) diminuindo o valor da força de trabalho e aumentando conseqüentemente a mais-valia relativa.

De fato, todas estas vias são paralelas e afetam de maneira contraditória o valor das mercadorias, os seus preços, o processo material de produção e o processo de valorização:

A: Do ponto de vista da produção de valores, a inovação tecnológica atua em 4 direções:

- 1) diminuindo o valor do capital constante;
- 2) diminuindo o valor do capital variável;
- 3) diminuindo o valor final da mercadoria;
- 4) alterando as proporções entre o capital constante e o variável (composição orgânica do capital) e as proporções entre o capital variável e a mais-valia (taxa de mais-valia). Conseqüentemente, é afetada também a relação entre a mais-valia e o capital constante e variável (taxa de lucros).

B: Do ponto de vista do processo material de produção, a inovação tecnológica atua nas seguintes direções:

- 1) aumentando a produtividade do trabalho, isto é, diminuindo a proporção das horas de trabalho necessárias para a obtenção do produto final;
- 2) criando novos produtos, novos ramos de produção; ampliando a base material da produção e da reprodução;
- 3) encurtando o período de rotação do capital em função da maior produtividade obtida;
- 4) encurtando os períodos de substituição das máquinas em decorrência da obsolescência tecnológica (ou moral, como a chama Marx) dos equipamentos instalados;
- 5) aumentando o domínio dos meios de produção sobre o trabalho, seja submetendo-o cada vez mais às condições impostas pela maquinaria, seja diminuindo o papel da subjetividade do trabalhador, da sua destreza e da sua capacidade de ação no interior do processo do trabalho; trata-se na verdade este de um processo de desvalorização da força de trabalho por meio da degradação da sua qualificação (requerida), reduzindo-a de trabalho complexo a trabalho simples (baixando conseqüentemente também o seu custo).

C: Do ponto de vista do preço de produção das mercadorias, a inovação tecnológica funciona nas seguintes direções:

- 1) no momento da inovação, quando esta ainda não está difundida no setor em questão, a inovação tecnológica permite a manutenção do preço médio do setor, ao mesmo tempo em que os custos são diminuídos e, conseqüentemente, os lucros aumentados (ganhos extras);
- 2) *quando a inovação se difunde em todo o setor, ela diminui o preço unitário do produto em questão*; conseqüentemente, não somente desaparecem os ganhos extras como também poderá ocorrer uma queda na taxa de lucros em decorrência de um maior custo dos investimentos relativamente à massa dos lucros obtida.

D: Do ponto de vista do capitalista, a inovação tecnológica representa, portanto, uma grande força estabilizadora pois ela:

- 1) eleva a taxa de lucros ao permitir à empresa em questão um ganho extra; conseqüentemente, ela debilita as outras empresas, podendo levá-las à falência, caso estas não sejam capazes de absorver a nova tecnologia;
- 2) em seguida, ela faz baixar a taxa de lucros, quando a inovação se difunde por todo o setor;
- 3) ao mesmo tempo, as mudanças tecnológicas desvalorizam a capacidade instalada nas empresas; a sobrevivência destas pode inclusive estar ameaçada pelas firmas inovadoras (seja por desconhecimento das novas tecnologias, seja por não disporem da liquidez ou crédito necessários para suas obtenções).

Este conjunto de fatores faz com que a acumulação capitalista se torne bastante dependente das modificações tecnológicas e obriga as empresas a procurarem exercer um domínio mais amplo possível sobre o processo de mudanças tecnológicas. Para atingir tal objetivo, a empresa tentará maximizar o seu poder de mercado, isto é, o seu poder monopolista. O exercício deste poder monopolista estará ao mesmo tempo facilitado pela crescente concentração econômica resultante das características próprias da mudança tecnológica. Esta aumenta a dimensão das unidades produtoras (os retornos de escala), facilita o transporte, as comunicações e a ocorrência de todos os fatores inerentes à concentração e centralização não só da produção como também da gestão administrativa, integrando sob uma só direção os diferentes momentos da atividade econômica.

Assim, é importante analisar as conseqüências do processo de monopolização das mudanças tecnológicas. Este processo atua num sentido defensivo, visando proteger as empresas dos desequilíbrios provocados pelas mudanças tecnológicas. Ao mesmo tempo, este processo age no sentido de controlar as condições da mudança tecnológica, ajustando-a às necessidades da acumulação capitalista. Ao controlar a produção de tecnologia, a empresa monopolista poderá então utilizá-la de ma-

neira ofensiva, como uma arma na concorrência pela busca de maiores lucros.

Dado que — como vimos no capítulo anterior — a produção de novas tecnologias está subordinada ao desenvolvimento da ciência, qualquer estratégia empresarial ofensiva no campo tecnológico deverá então incluir entre os seus objetivos também o controle da produção do conhecimento científico e, sobretudo, da sua aplicação comercial. Ora, como a produção do conhecimento científico depende sempre mais de grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento — como veremos ulteriormente neste capítulo — a estratégia empresarial deverá abranger inclusive as principais fontes de financiamento desta produção, tais como o Estado e as universidades.

Conseqüentemente, ao levarmos em conta o comportamento monopolista intrínseco ao desenvolvimento histórico do capitalismo, veremos que o interesse do monopólio capitalista está em:

- a) monopolizar a produção do conhecimento tecnológico, a pesquisa e a invenção de novos produtos ou processos, e seus desenvolvimentos para uso comercial. Também lhe interessa incrementar a pesquisa e o desenvolvimento articulados com a produção de conhecimento científico nas universidades ou em outras instituições, como também articulá-los com a demanda estatal (particularmente militar) por novas tecnologias (conforme uma plêiade de objetivos das empresas ou grupos econômicos). O sistema das marcas e patentes vem coroar esta monopolização da produção do conhecimento e garantir o monopólio de sua utilização pelos proprietários das mesmas;
- b) orientar a produção dos conhecimentos tecnológicos e científicos com um tríplice objetivo. Em primeiro lugar, baixar os custos de produção referentes ao aumento da produtividade do trabalho em cada empresa e, ao mesmo tempo, diminuir os custos do capital constante ou fixo (máquinas e equipamentos) ou do capital circulante (matérias-primas e auxiliares). Tais objetivos são atingidos não só através de um aumento da produtividade no setor afetado, como também pelo controle monopolista dos setores produtores de bens de capital e matérias-primas (utilizadas pela em-

presa em questão), o que conduz a uma maior concentração vertical. Em segundo lugar, procurar baixar os custos da reprodução da mão-de-obra, fazendo diminuir o valor e o preço dos produtos agrícolas e manufaturados consumidos pelos trabalhadores. Em terceiro lugar, orientar a demanda final pelos produtos de acordo com os interesses da estratégia de fabricação da empresa monopolista. Ao mesmo tempo, ela deverá ajustar estes produtos às características da demanda. Segue daí a necessidade de se efetuarem amplos gastos no desenvolvimento final dos produtos, nas técnicas de pesquisa de mercado e de mercadologia em geral.

Todavia, dominar a produção do conhecimento científico e tecnológico, monopolizar a propriedade dos seus resultados, o direito da sua aplicação e, finalmente, orientá-lo na direção dos objetivos assinalados anteriormente obrigam o modo de produção capitalista a intervir cada vez mais na produção científica, a utilizar o aparelho estatal como apoio fundamental nesta tarefa e a promover a ciência como objeto central da formação cultural e da educação. Desta forma, as condições para a revolução científico-técnica são geradas pelo próprio capitalismo e se evidenciam particularmente na sua fase monopolista. Todavia, a estratégia dos monopólios tende ao mesmo tempo a restringir a plena utilização dos progressos realizados pela ciência. Por isso, deveremos estudar mais detalhadamente as leis que presidem o desenvolvimento científico para podermos apreender então as limitações da articulação entre a acumulação capitalista e os progressos da ciência.

2. O capital e as tendências da atividade científica

Após a Segunda Guerra Mundial, a atividade científica sofreu mudanças importantes e radicais. De uma atividade marginal e complementar, transformou-se num componente essencial da produção e da reprodução na sociedade contemporânea. O número de cientistas atualmente vivos supera de longe o número daqueles que existiram durante milênios de história. E esta quantidade aumenta num ritmo ainda mais rápido: duplica-se a cada 10 anos. Por outro lado, os gastos com as

atividades científicas cresceram, nos últimos anos, num ritmo idêntico.² A ciência engloba campos cada vez mais extensos do conhecimento e o seu método alcança não somente o mundo natural e lógico do qual ela se origina, como também atinge a análise do psiquismo, da sociedade, das obras-de-arte literárias e poéticas. Porém, a atividade científica vincula-se sobretudo, definitiva e radicalmente, ao processo produtivo. Estabelecido este vínculo, a produção científica aplicada converte-se progressivamente num meio de produção. Ainda mais, a produção vai se transformando num terreno de aplicação da ciência. Se é verdade que na Antiguidade a ciência muito aprendeu da técnica e ao mesmo tempo influenciou a evolução tecnológica, hoje, esta relação inverteu-se radicalmente. Cada vez mais a tecnologia torna-se num campo de aplicação do conhecimento científico, eliminando progressivamente os fatores aleatórios e subjetivos da produção, para substituí-los por atividades objetivas e planejadas, apoiadas na «máquina», aquela que dirige as demais máquinas, isto é, os cérebros eletrônicos.

Ao posicionar-se assim tão radicalmente no processo produtivo, a atividade científica passa a se constituir em parte integrante e essencial da acumulação do capital.

Os custos da Pesquisa e Desenvolvimento (P e D) passam a fazer parte do custo final dos produtos. A atividade científica vincula-se ao processo produtivo de maneira tão radical que as próprias empresas passam a absorver grande parte dos custos de Pesquisa e Desenvolvimento antes patrocinados pelo Estado ou por ricos mecenas. Criam-se laboratórios e centros de pesquisa dentro das empresas, os quais crescem intensamente logo após a Segunda Guerra Mundial. Além disso, estes laboratórios começam a trabalhar em conexão com as atividades científicas realizadas no plano nacional e internacional pelo governo, pelas universidades e outras entidades. A empresa e os grupos econômicos passam a patrocinar atividades

2. Engels já havia estabelecido uma lei do crescimento da produção científica que relacionava o material cognoscitivo acumulado em cada período histórico com os novos avanços produzidos ou a produzir-se na etapa seguinte: "Porém, a ciência cresce, ao menos com a mesma rapidez que a população; esta cresce proporcionalmente ao seu número na última geração, e a ciência avança proporcionalmente à massa de conhecimentos herdados da geração precedente. Portanto, nas condições habituais, cresce também em proporção geométrica". No período da revolução científico-técnica, o ritmo de crescimento parece acelerar-se no que diz respeito ao número de cientistas e aos gastos com a atividade científica, seja na área de aplicação da ciência, seja no que diz respeito à sua complexidade teórica e aos seus diferentes domínios.

de pesquisa nos próprios centros da produção científica. A luta pela apropriação dos resultados do trabalho científico converte-se num campo de ação cada vez mais decisivo para o êxito econômico das empresas; e a espionagem tecnológica inter-empresas e inter-Estados converte-se numa atividade regular.

A pesquisa científica conduz não só à substituição de mão-de-obra (ao gerar um aumento na produtividade do trabalho), como também permite a substituição do capital. A pesquisa científica permite uma poupança sempre maior nos investimentos em capital constante (meios de produção e matérias-primas). O desenvolvimento da produção de novas matérias-primas industrializadas permite a substituição de vastos complexos de fornos e equipamentos por refinarias e máquinas funcionais flexíveis que operam em moldes bastante simples. A quimização, ou a substituição de matérias-primas naturais por sintéticas, rompe radicalmente com os enormes gastos em meios de produção em vários setores. A bioquímica e a biogênese abrem novos caminhos para a industrialização da produção agrícola, a indústria da alimentação, a medicina e outras atividades conexas. O desenvolvimento de novas fontes de energia, as perspectivas abertas pelos raios laser, a diminuição radical nos custos de produção através da economia do tempo de trabalho, a diminuição do tamanho das unidades de produção, sua maior funcionalização e o melhor aproveitamento das máquinas e equipamentos, tudo isso reflete-se numa relação cada vez mais direta entre os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento e a queda radical do custo da produção, não só como força de trabalho viva mas também como trabalho acumulado (ou morto).

Os efeitos de tais mudanças sobre a valorização dos produtos, a taxa de mais-valia, de exploração e as taxas médias de lucro são arrasadores. O modo de produção capitalista vê-se frente a um desenvolvimento da ciência que se opõe radicalmente ao seu fundamento como modo de produção baseado na expropriação do trabalho alheio. A necessidade de hegemônizar e monopolizar a produção científica responde assim a uma dupla motivação. Por um lado, as empresas monopolistas precisam garantir os lucros e ganhos obtidos com a introdução de uma inovação. Por outro, elas precisam controlar as condições necessárias para a incorporação daquelas inova-

ções que possam revolucionar radicalmente o processo produtivo e o processo de valorização.

A atividade científica passa a ser assim uma atividade fundamental para as corporações privadas. Controlá-la, monopolizá-la, assegurar através dela informações sobre os recursos nacionais e internacionais disponíveis, assim como suas formas de exploração, estas são as metas que — como assinalamos anteriormente — nenhuma companhia ou grupo econômico pode deixar de estabelecer. A intervenção do Estado como programador, organizador, financiador e formador de pessoal científico constitui-se numa necessidade fundamental, imposta pela lógica da acumulação do capital, com este último não podendo dar conta dela diretamente, devido ao seu alto custo e risco.

Assim, torna-se necessário estudar a atividade científica como um investimento, uma parte essencial do capital que se soma ao capital constante e variável, incorporando-se aos custos de produção. A esse nível, é necessário também assinalar a diferença existente entre a fase de Pesquisa e Desenvolvimento — na qual o custo da ciência, mesmo que incorporado ao processo produtivo, deverá ser pago, ao menos parcialmente, pela empresa, afetando desta forma o seu custo de produção — e a fase seguinte, na qual, alcançados os seus objetivos, o conhecimento (produzido e incorporado ao processo produtivo) se converterá num fator fundamental para a diminuição dos custos de produção sob a forma de poupança de meios de produção e de mão-de-obra.

Nas páginas seguintes insistiremos nestes dois aspectos, separando-os no entanto para efeitos de análise. Esta separação se faz necessária pela própria natureza distinta das duas etapas: uma é criativa e, em parte, aleatória (a Pesquisa e o Desenvolvimento). A outra, produtiva, planejável (a inovação e difusão tecnológicas) e, por isso mesmo, tanto mais previsível quanto mais desenvolvida e aperfeiçoada for a primeira.

3. Pesquisa Básica, Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento

Para aproximarmos o conteúdo da Pesquisa e Desenvolvimento — cujos aspectos gerais serão abordados na próxima

seção — será necessário desde já analisarmos alguns conceitos. A pesquisa científica cobre um amplo espectro de temas e objetivos. Ela destina-se à compreensão dos fenômenos naturais, humanos ou sociais e, como tal, define-se como *pesquisa básica ou fundamental*.³ Apesar de a pesquisa básica não ter teoricamente o objetivo de alcançar um determinado resultado prático, ela normalmente se desdobrará em campos de aplicação que procuram intervir na realidade. A *pesquisa aplicada*⁴ forma assim um campo específico do processo de conhecimento científico. Além da pesquisa aplicada, existe um conjunto de estudos que buscam adaptar os produtos ou processos à produção e ao mercado, tornando possível a sua existência comercial. Estes estudos são denominados *desenvolvimento*.⁵ Os limites entre a pesquisa básica, a aplicada e o desenvolvimento são de difícil determinação. Eles se entrelaçam e interagem entre si. (Para ilustrarmos estas inter-relações, apresentamos na página seguinte o gráfico III-1).

Mostra-se neste gráfico como o sistema científico e tecnológico vincula-se com o sistema produtivo através da inovação e da difusão tecnológicas, as quais serão definidas mais adiante.

A distinção entre a pesquisa básica ou aplicada e o desenvolvimento de novos produtos ou processos é bastante importante para a compreensão do progresso nos conhecimentos científicos de um modo geral. É lógico que acolhamos a pesquisa básica como aquela que permite conhecimentos novos, radicalmente distintos, que traz mudanças substanciais no conhecimento.

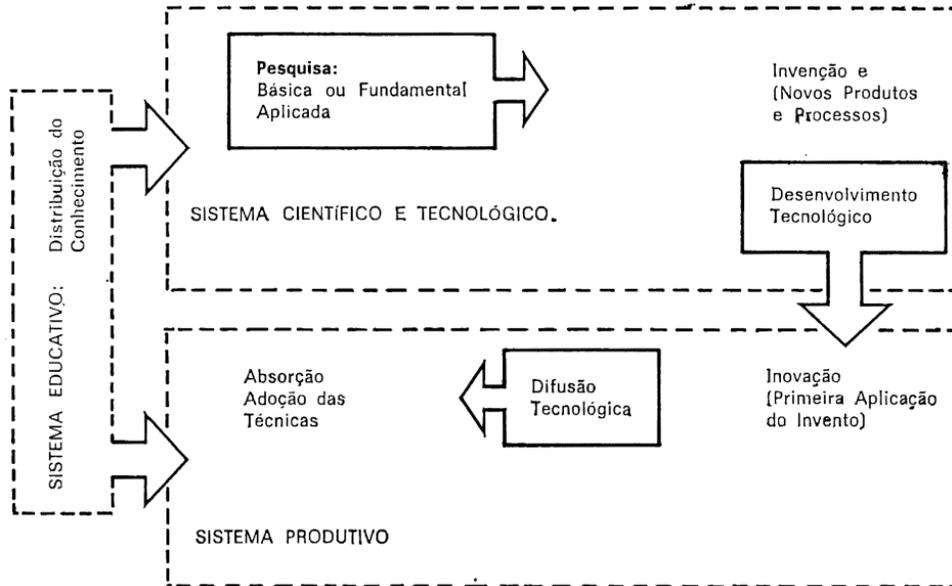
O progresso do conhecimento deverá ser sem dúvida mais lento do que as mudanças rotineiras da tecnologia e, além disso, terá que passar por fases acumulativas antes de chegar

3. Segundo a National Science Foundation, a pesquisa básica "está orientada para o aperfeiçoamento do conhecimento científico, no que diz respeito ao completo conhecimento do assunto estudado, mais do que para uma aplicação prática posterior". No caso das companhias privadas, a definição formal da pesquisa básica sofre mudanças; "pesquisas originais para o avanço do conhecimento científico que não possuem objetivos comerciais específicos, apesar de que podem realizar-se em domínios de interesse presente ou potencial para a companhia que os reporta". Veja "Technical Notes" do estudo: *National Patterns of R and D Resources*, p. 15.

4. "A pesquisa aplicada orienta-se para a aplicação prática do conhecimento". No caso de pesquisas dirigidas às corporações é especificado: "projetos de pesquisa que se dirigem à descoberta de novos objetivos científicos e comerciais com relação aos produtos ou processos". National Science Foundation, op. cit., p. 15.

5. A National Science Foundation entende por desenvolvimento: "o uso sistemático do conhecimento científico dirigido para a produção de objetos úteis, aparelhos, sistemas ou métodos, incluindo desenho e desenvolvimento de protótipos e processos", op. cit., p. 15.

Gráfico III — 1
PROCESSO DE CRIAÇÃO DE TECNOLOGIAS



Este gráfico inter-relaciona os diversos tipos de pesquisa com sua aplicação ao sistema produtivo. O seu autor é o Dr. Leonel Corona, e foi construído a partir das discussões realizadas em um seminário sobre este tema, na Divisão de Estudos Superiores de Economia da UNAM.

a sínteses importantes, provocadoras de mudanças radicais na teoria ou de abertura de novos campos para o conhecimento e a aplicação. O desenvolvimento da pesquisa básica supõe a existência de um excedente econômico bastante amplo na sociedade, que permita não só a manutenção de um grande número de cientistas e técnicos que não realizam atividades diretamente produtivas, como também o dispêndio dos enormes recursos que exigem as suas formações. Finalmente, o desenvolvimento da pesquisa básica exige ainda a instalação dos equipamentos de laboratório e de experimentação que exige em nossos dias o desenvolvimento científico (inclusive da teoria). Desta forma, a proporção dos gastos e recursos alocados por uma formação social à pesquisa básica se constitui num índice bastante significativo da sua riqueza e da sua determinação em preparar-se para os futuros progressos do sistema produtivo.

A pesquisa aplicada possui uma significação econômica mais imediata, pois supõe um desenvolvimento científico suficiente para orientar os seus resultados até o sistema produtivo e social, no seu conjunto. O progresso da pesquisa aplicada constitui-se pois num índice também importante do crescimento a médio prazo que deverá ser observado numa determinada sociedade. Nunca será demasiado assinalar no entanto que certos progressos da pesquisa aplicada postulam a necessidade de novos progressos na pesquisa básica, produzindo-se uma complementaridade dialética entre ambas.

Por fim, o desenvolvimento de produtos e processos se constitui numa atividade cognoscitiva por excelência, na sua expressão mais concreta e imediata. O desenvolvimento (de produtos) será o responsável pela transformação dos conhecimentos acumulados numa realidade produtiva e comercial. No mundo capitalista, a forma final do produto está vinculada à luta pela conquista ou domínio dos mercados. Desta forma, o desenvolvimento de produtos, e, às vezes, de processos, deve atentar não só para o valor de uso dos produtos como também para o seu ajustamento ao mercado, isto é, para a condição de mercadorias assumida no capitalismo por todo produto ou processo. Por conseguinte, os gastos em desenvolvimento são de natureza ambígua: em parte, eles refletem uma necessidade do processo produtivo em geral, porém constituem também

uma expressão das necessidades geradas por um modo de produção determinado.

Apesar de as pesquisas básica e aplicada também serem reflexo de um modo de produção determinado, um caráter mais geral lhes permite maiores amplitudes de utilização e implicações que as independentizam em maior grau do modo de produção que lhes dá origem. O desenvolvimento, sendo parte do processo de produção do conhecimento, parte mais concreta e socialmente definida, vê-se bem mais diretamente ligado ao modo de produção que lhe dá origem.

Assim, é interessante que façamos algumas observações relativas às importâncias respectivas da pesquisa básica, da pesquisa aplicada e do desenvolvimento do ponto de vista da utilização dos recursos financeiros e humanos destinados pelo capitalismo na sua etapa contemporânea.

Os estudos estatísticos sobre os tipos de pesquisa nos revelam uma maciça preponderância dos gastos com a adaptação dos produtos ao mercado, relativamente às pesquisas de alcance mais profundo.

Em 1963, a pesquisa básica ou fundamental representava 12,4% dos gastos com Pesquisa e Desenvolvimento globais nos EUA e 12,5% na Grã-Bretanha. Na França (17,3%), Itália (18,6%), Bélgica (20,9%), Noruega (22,2%), Áustria (22,6%), este item apresentava percentuais superiores, como assinalamos entre parênteses. Por outro lado, os gastos em desenvolvimento representavam uma proporção substancial dos recursos gerais destinados à Pesquisa e Desenvolvimento, alcançando nos Estados Unidos e Grã-Bretanha 65,5% e 61,4%, respectivamente. Mais uma vez, os países menos investidores em tecnologia apresentavam proporções inferiores, na ordem de 40%. Por último, a pesquisa aplicada despendia 22,1% do total nos EUA, 26,1% na Inglaterra e, entre 31% e 41% nos demais países assinalados.⁶

Estas proporções tendem a permanecer constantes ao longo do tempo.⁷

6. Dados obtidos em Richta, *La Civilización en la Eucrujida*, op. cit., Quadro IV/6, Apêndice, p. 384.

7. Em 1975, segundo estimativas da National Science Foundation, a pesquisa básica nos EUA representava 12% dos gastos gerais; a pesquisa aplicada, 23%; e o desenvolvimento, 65%

O grosso da pesquisa básica se efetua nas universidades. Em 1975, estas detinham 53,5% dos gastos do setor (estimativa da National Science Foundation). Ao somarmos os gastos das universidades em pesquisa básica com os gastos das instituições de pesquisa financiadas pelo Estado ou por instituições não lucrativas obteremos 67,9%. As instituições estatais realizavam 16% dos gastos em pesquisa básica e as corporações privadas 16,1%. No entanto, é importante observar que cerca de 21% dos gastos das corporações privadas em pesquisa básica foram financiados por verbas estatais.⁸ Isto quer dizer que as empresas privadas preocupam-se com o conhecimento fundamental em função de certos projetos específicos e com financiamento alheio.

Analisando a pesquisa aplicada, constatamos que o papel das corporações aumenta substancialmente, alcançando 54,7% dos gastos totais (dos quais 27% provêm de fundos estatais). O governo realiza diretamente 24,5% das pesquisas aplicadas e a universidade 9,7%. As demais instituições citadas ficam com 11,1%.

Ao analisarmos todavia os gastos em desenvolvimento, os quais convertem os conhecimentos gerais antes mencionados em resultados comerciais, nos deparamos com o fato de que, agora, os laboratórios das companhias privadas assumem o papel determinante. Em 1975, segundo as mesmas fontes, as corporações privadas gastaram 84,6% dos seus recursos em desenvolvimento (42% destes foram financiados por verbas públicas); os laboratórios e centros de pesquisa pertencentes ao governo despenderam 11,6%; as universidades 0,6%; as instituições financiadas pelo governo funcionando dentro das universidades, 1,5% e, por fim, outras instituições lucrativas 1,7%.⁹ Sempre é importante ressaltar neste contexto a presença constante do Estado, subvencionando a empresa privada na sua tarefa de dar um sentido comercial aos avanços tecnológicos produzidos pela sociedade no seu conjunto e pelos cientistas em particular.

A relação entre as diferentes etapas que compõem o processo de pesquisa e a ordem econômica e institucional tor-

8. Dados de 1975, segundo a National Science Foundation.

9. Todos os dados foram tirados do Informe sobre *National Patterns of R and D Resources*, op. cit., p. 4-5.

na-se, desta forma, bastante clara. Do desenvolvimento geral do conhecimento (pesquisa básica) incumbe-se a universidade; da sua aplicação (pesquisa aplicada e desenvolvimento), sua transformação em propriedade privada e instrumento de monopólio, ocupam-se as empresas. Ao Estado compete as pesquisas de interesse mais geral, porém ele financia amplamente também a atividade de pesquisa e desenvolvimento das universidades e empresas privadas. Os fundos são públicos, mas a apropriação dos seus resultados é absolutamente privada. Esta distribuição institucional da produção do conhecimento científico, suas fontes de financiamento, assim como sua relação com o capital e a empresa privada podem ser melhor compreendidas se estudarmos mais em detalhe as diferenças entre produtos e processos, invenção e inovação.

4. Produtos e processos; invenção e inovação

A pesquisa é classificada ainda segundo seus objetivos produtivos. Na verdade, são pesquisados novos *produtos* que servirão para o consumo final ou o consumo produtivo e, novos *processos*, os quais permitirão a produção de antigos ou novos produtos em tempo menor e com maior economia de equipamentos. Evidentemente, não se pode excluir as pesquisas para o simples «aperfeiçoamento» dos produtos e processos já existentes.

A descoberta de novos processos de produção ou a melhoria daqueles já existentes pode dar origem a novos produtos. Por outro lado, o aperfeiçoamento de produtos (particularmente, equipamentos ou matérias-primas) afeta os processos de produção. Desta feita, existe uma inter-relação e uma interação entre estes dois conceitos. No entanto, a pesquisa em processos é de maior alcance, pois ela implica num aumento da capacidade produtiva da humanidade, diminuindo o tempo de trabalho socialmente necessário na produção dos bens que satisfaçam às necessidades humanas básicas. Essa pesquisa associa-se diretamente ao aumento da produtividade do trabalho, ao crescimento econômico e à diminuição dos custos.

No entanto, segundo cálculos efetuados nos Estados Unidos, «90% da Pesquisa e Desenvolvimento realizados pelas indús-

trias estão orientados para a inovação de produtos, no lugar da inovação de processos». ¹⁰ Inclusive Mathews levanta a hipótese de que esta orientação para a inovação em produtos tão maciça explicaria a escassa relação encontrada entre os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento e os índices de crescimento econômico. Assim, a orientação marcante para o desenvolvimento, em detrimento da pesquisa básica e aplicada — como vimos anteriormente — o direcionamento nas inovações de produtos, em detrimento das inovações em processos, vêm mostrar o grau de desperdício da capacidade intelectual que está contido nos gastos atuais em tecnologia no interior do capitalismo. Tal constatação aparecerá ainda mais claramente quando acrescentarmos a importância da pesquisa militar no conjunto dos investimentos destinados à pesquisa e ao desenvolvimento como será mostrado ulteriormente.

Como explicar estas tendências?

A predominância do desenvolvimento de produtos nas economias capitalistas está estreitamente ligada à concorrência monopolista, a qual acentua os fatores diferenciais de qualidade e estilo dos produtos para aumentar o seu consumo, provocar uma obsolescência útil (ou moral) rápida dos mesmos e dar assim lugar à possibilidade de novas aquisições. As técnicas de mercadologia assumem assim um papel dominante sobre a pesquisa científica. Elas passam a condicioná-la e a deformá-la. ¹¹ Por outro lado, existe nos países socialistas uma concentração quase absoluta da pesquisa na melhoria e no descobrimento de novos processos de produção, com especial ênfase na automação. Esta orientação concreta da pesquisa deverá ser levada em consideração quando forem esti-

10. R. C. O. Mathews, "Contribución de la I y D al Desarrollo Económico", B. R. Williams (ed.), *Science and Technology in Economic Growth*, John Wiley and Sons, Nova Iorque, 1973, p. 12. Em alguns ramos mais dinâmicos como os plásticos, pode-se encontrar uma proporção inversa. Volusend e Wolsh encontraram neste setor uma proporção de 75% de patentes em processos e somente 25% em produtos.

11. Em resumo, assim explica J. K. Galbraith a tendência para as pesquisas em produtos: "O novo produto passa pelo exame não porque representa alguma necessidade para o consumidor mas somente porque pode ser vendido. Só pelo fato de ser novo, cria uma imagem de que é melhor, já que, segundo os neoclássicos, se é novo é porque necessariamente é melhor, pois eles não reconhecem outro tipo de inovação. Isto, "juntamente com a publicidade, desempenha um papel importante, ao estimular a obsolescência psíquica dos bens e a necessidade de substituí-los. A indústria automobilística é um claro exemplo deste fato. Assim, a atribuição de recursos para a pesquisa e o desenvolvimento se baseia naquilo que pode ser vendido. O propósito de cada inovação consiste em denunciar como obsoleto o produto anterior criando assim uma demanda nova e, logo em seguida, repetindo o processo. Este procedimento se aperfeiçoou sobremaneira na Indústria dos armamentos, mas aqui com a agravante de que a tecnologia recorre ao argumento do "segredo militar" (ao qual tem acesso) para evitar que o público ou a legislação intervenha na tomada de decisões". Veja J. K. Galbraith, "Tecnología en la Economía Altamente Desarrollada", in B. R. Williams, op. cit., p. 43-44.

madras as quantidades globais de recursos destinados à pesquisa e ao desenvolvimento nos dois sistemas.

Porém, a análise das modalidades da Pesquisa e Desenvolvimento deve levar em conta também as formas e as etapas da produção de tecnologia. A pesquisa procura encontrar produtos ou processos novos que ultrapassem o conhecimento existente; conhecimentos que não são de todo evidentes antes de se terem transformado em alguma invenção, em novos produtos ou processos.

A *invenção* implica em mudanças tecnológicas quando ela afeta potencialmente o processo produtivo e altera os equipamentos, produtos e organizações até então existentes. Todavia, para que esta mudança tecnológica se converta numa realidade produtiva serão necessários vários passos intermediários entre a produção do novo conhecimento e a sua adoção nas unidades produtoras.

Quando a empresa incorpora uma invenção à produção, ela está realizando uma *inovação*. Enquanto que a invenção é um produto essencialmente intelectual, a inovação já é um fenómeno econômico que depende estritamente da sua organização. Este processo de incorporação de uma invenção à produção (inovação) dentro de um regime de mercado implica num grau bastante elevado de risco, pois não existe nenhuma segurança com respeito à atitude a ser adotada pelos consumidores. Esta é uma das razões pelas quais as invenções não tendem a ser aplicadas imediatamente pelas empresas.¹²

Por isso, as grandes empresas não se arriscam em tomar a iniciativa de introduzir inovações tecnológicas em determinadas áreas. Elas normalmente preferem esperar que uma pequena empresa cubra os riscos de instalação e lançamento do novo produto, assim como os gastos necessários para a sua adaptação ao mercado e ao aparelho produtivo. Em seguida, uma vez demonstrada a viabilidade do produto ou processo

12. Para ilustrar este ponto de vista, citemos John Jewkes, David Sawers e Richard Stillerman no seu livro *The Sources of Invention*, The Norton Library, 2ª ed., Nova Iorque, 1969, os quais desenvolvem o célebre exemplo da invenção dos plásticos: Em 1935, depois de 7 anos de trabalhos com resultados dispare e muitas frustrações, tarefas que também poderiam não levar a nada, W. H. Carothers, nos laboratórios da firma Du Pont, produziu a primeira fibra de nylon e a companhia Du Pont dedicou-se então à tarefa de transformá-lo num produto comercial. A sua produção em larga escala foi iniciada então em 1939. A Du Pont levou assim 4 anos no desenvolvimento do nylon para atingir o seu objetivo. O custo total do último estágio da pesquisa e desenvolvimento ficou estabelecido em mais de 1 milhão de dólares, segundo estimativas. Neste período, 230 especialistas e técnicos estavam envolvidos neste trabalho", p. 30.

em questão, a grande empresa o compra ou o copia para incorporar-lo à sua produção.¹³ Esta afirmação poderia soar de maneira contraditória com a constatação — assinalada anteriormente — da luta do capital por apropriar-se do conhecimento científico. No entanto, é necessário lembrar a importância — também mencionada anteriormente — adquirida pelos gastos de desenvolvimento (adaptação dos produtos ao mercado) e pelos gastos de publicidade e mercadologia, os quais permitem o controle final do mercado. A grande empresa poderá adotar uma atitude de expectativa durante a fase mais arriscada e custosa representada pela invenção e a inovação, pois ela será rapidamente capaz de recuperar em seguida a sua liderança, dada a potência do seu aparelho de Pesquisa e Desenvolvimento, o qual lhe possibilita atualizar e adaptar a tecnologia mais recente às condições do mercado (que ela conhece e domina).

A grande empresa tampouco costuma incorrer em gastos de pesquisa na sua etapa de criação, enquanto sua transformação em invenção ainda for duvidosa. Mais uma vez, ela preferirá que as pequenas empresas, os laboratórios e equipes de pesquisa privados ou indivíduos corram o risco de inventar um novo processo. Realizada a invenção, gastos enormes serão então requeridos para convertê-la num fenômeno comercial. Em geral, a etapa do desenvolvimento é bastante cara e aqui então somente uma grande empresa estará em condições de absorvê-los.

Os graves problemas e os gastos de desenvolvimento que são inerentes à conversão de uma invenção num produto comercial mostram que a chave da hegemonia tecnológica está na capacidade financeira de se realizar o desenvolvimento final do produto ou processo.¹⁴

13. "Em certas áreas — especialmente em Instrumentos científicos, maquinarias e peças eletrônicas — as firmas pequenas tais como aquelas situadas na Estrada 128 e no Condado de Santa Clara tendem a predominar nas áreas da inovação. Frequentemente, as inovações são realizadas por pequenas firmas, as quais então vendem os seus direitos de comercialização para as grandes. Tal foi o caso, na área da computação e processamento de dados, por exemplo. Quando forem requeridos investimentos de capital em larga escala, as pequenas firmas tendem a ficar em desvantagem. As grandes firmas podem dispor de recursos para suprimir certas inovações e dissuadir a entrada no mercado de pequenas firmas portadoras de inovações radicais". Robert Gilpin, *Technology, Economic Growth and International Competitiveness*. A Report Prepared for the Use of the Subcommittee on Economic Growth of the Joint Committee on Economic Growth of the Joint Economic Committee, Congress of the United States, G.P.O., Washington, 1975, p. 41.

14. "Se por um lado as firmas pequenas — como o demonstra Jewkes — podem ser mais criativas do que as grandes corporações, o êxito, o sucesso das inovações requer enormes recursos na produção, financiamento e comercialização. De fato, a maior parte dos custos incorre nesta fase final do processo de inovação. Por esta razão, as grandes firmas estarão mais capacitadas do que as pequenas para controlar as Invenções e o mercado", Robert Gilpin, op. cit., p. 42.

Todavia, as empresas monopolistas sentem cada vez mais a necessidade de controlar diretamente a produção de novos conhecimentos, dado que a relação entre a pesquisa científica pura e as invenções e inovações se torna sempre mais orgânica, à medida que avança a revolução científico-técnica. Esta relação se expressa no encurtamento do tempo entre o descobrimento dos princípios ou leis científicas, sua aplicação à invenção de novos produtos ou processos e, finalmente, seu desenvolvimento numa realidade produtiva viável. Estas etapas do processo inventivo tornam-se cada vez mais próximas temporalmente, sempre mais interligadas e complementares entre si.¹⁵

Por esta razão, as grandes companhias se vêem obrigadas a encontrar uma fórmula para dominar o processo do conhecimento no seu conjunto. Uma das soluções possíveis consiste na conversão de uma parte crescente do seu capital em Pesquisa e Desenvolvimento; uma outra, consiste em obter financiamento estatal para a realização do conjunto do processo no interior da própria empresa; a terceira possibilidade é a de utilizar as isenções fiscais para o financiamento de fundações, atividades universitárias, e garantir que os resultados científicos ou tecnológicos alcançados se convertam em sua propriedade. De fato, todas estas fórmulas são complementares e supõem, no seu conjunto, um papel crescente dos investimentos estatais e empresariais no desenvolvimento da pesquisa científica.

O investimento em ciência passa a se constituir assim num componente essencial da acumulação capitalista e o Estado, órgão máximo deste modo de produção, assumirá a tarefa de converter tal necessidade numa flagrante realidade.

Nos próximos capítulos analisaremos mais detalhadamente os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento e, em seguida, as bases institucionais da mesma. Ulteriormente, analisaremos as suas relações com o crescimento econômico, o excedente econômico e o investimento.

15. Edwin Mansfield, op. cit.; Radovan Richta, op. cit., e muitos outros autores têm apresentado dados bastante reveladores deste processo. Frank Lynn calculou que "o tempo médio transcorrido entre o descobrimento inicial de uma inovação tecnológica inédita e o reconhecimento do seu potencial comercial baixou de 30 anos — as Inovações tecnológicas introduzidas durante uma primeira parte deste século (1880-1919) — para 16 anos — inovações introduzidas durante o período posterior à Primeira Guerra Mundial e durante os 9 anos posteriores à Segunda Guerra Mundial", Daniel Bell, *El Advenimiento de la Sociedad Post-Industrial*, Alianza Editorial, 1976.

5. Esquema de produção científico-tecnológica global

Chegamos assim ao esquema global da produção científica e tecnológica dentro do capitalismo monopolista. No gráfico III-2 podemos verificar que o processo de produção do conhecimento se divide em duas grandes áreas:

- a) a ciência, que corresponde ao processo de apropriação teórica da natureza e,
- b) a tecnologia, que corresponde ao processo de apropriação material da natureza e sua submissão aos fins humanos.

Assim, a *ciência* tem por objetivo a produção de conhecimentos. Ela engendra dois resultados:

- 1) a teoria, isto é, a reprodução conceitual da natureza segundo critérios distintivos e,
- 2) a invenção, ou a descoberta de novos processos ou produtos que possam ser úteis do ponto de vista do consumo.

A teoria utiliza como instrumentos fundamentais a pesquisa básica e a publicação de seus resultados, a qual socializa e amplia o seu alcance e permite o seu desenvolvimento. Em larga medida, tais atividades são realizadas basicamente pelas universidades; eventualmente, pelas instituições de pesquisa do Estado e, muito raramente, pelas empresas.

Estas atividades são organizadas nos centros de pesquisa das associações científicas, nos seminários e nos comitês editoriais das revistas científicas.

O financiamento da atividade teórica é quase que exclusivamente público ou estatal; às vezes também ele é concedido por fundações e, muito raramente, por empresas privadas.

Por outro lado, a invenção apóia-se sempre mais na pesquisa aplicada e se realiza basicamente nas universidades, algumas vezes em instituições estatais e, em menor proporção, nas empresas privadas.

A invenção utiliza laboratórios e centros de pesquisa, os quais são financiados predominantemente pelo Estado, em par-

Gráfico III-2

**ESQUEMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E DA SUA RELAÇÃO
COM O CAPITAL OU A EMPRESA**

	OBJETIVO	PRODUTO	INSTRUMENTO	INSTITUIÇÃO	ORGANIZAÇÃO	FINANCIAMENTO
CIÊNCIA Processo de apropriação teórica da natureza	Produção de conhecimentos	Teoria Apropriação teórica da natureza	Pesquisa básica	Univers. Estado Empresa	Centro de pesquisa Laborat.	Estado Univers. Empresa Fundações
		Invenção Descoberta de novos produtos ou processos	Publicação	Revistas científicas	Comitês editoriais Associações Congressos Seminários	Estado Univers. Empresa Fundações
			Pesquisa aplicada	Univers. Estado Empresa	Centros de pesquisa Laborat.	Estado Univers. Empresa Fundações
TECNOLOGIA Processo de apropriação material da natureza	Aplicação do conhecimento	Criação do protótipo	Pesquisa aplicada e Desenvolvimento	Univers. Estado Empresa	Centros de pesquisa e Laborat.	Basicamente empresa com subsídio estatal Também fundações e univers.
		Inovação	Desenvolvimento	Empresa	Fábrica Usina Refinaria etc.	Empresa
		Difusão	Desenvolvimento	Empresa	Idem	Empresa

te pela universidade, pelas fundações e pelas empresas privadas.

A tecnologia tem por objetivo a aplicação do conhecimento à produção comercial em geral. Neste nível, o processo do conhecimento produz basicamente aqueles protótipos que, uma vez testados, permitem a conversão do novo produto ou processo numa inovação, a qual em seguida sofrerá novas mudanças na sua difusão.

Estas etapas finais concernem substancialmente à pesquisa aplicada e ao desenvolvimento de processos e produtos, os quais são os instrumentos da sua realização. Ainda que em alguns casos se possa constatar a participação do Estado e da universidade na criação de protótipos — como é o caso do primeiro computador desenvolvido na Universidade de Harvard — esta fase do processo do conhecimento se desloca, de um modo geral, para a empresa capitalista, a qual utiliza para isto seus centros de pesquisa e seus laboratórios.

Todavia, isto não quer evidentemente dizer que todos os gastos com a Pesquisa e o Desenvolvimento, na fase da criação dos protótipos, corram totalmente por conta da empresa. Em muitos casos — como vimos nos dados anteriormente citados — compete ao Estado o financiamento destas tarefas de desenvolvimento de produto ou do processo. Lembremos que esta fase — como assinalamos — consome a maior parte dos gastos em Pesquisa e Desenvolvimento.

Assim, constatamos a existência de um complexo de combinações entre a empresa privada, o Estado e a universidade no processo do conhecimento, tal como este se apresenta dentro da economia capitalista contemporânea.

6. Esquema do ciclo do capital incluindo os gastos em P e D

Ao examinarmos o processo de P e D do ponto de vista do ciclo do capital, constataremos que ele altera o funcionamento do mesmo.

Em primeiro lugar, os gastos em P e D realizados pela empresa se constituem num investimento, numa aplicação de ca-

pital. Este último se converte em produção ao ser utilizado na compra de equipamentos, instalações, matérias-primas, isto é, ao transformar-se em capital constante e, ao mesmo tempo, ao comprar força de trabalho sob a forma de salários, isto é, ao converter-se na parte variável do capital. Com a compra de laboratórios e de força de trabalho científica, a moeda se desdobra numa terceira faceta do capital, o qual não é mais destinado à produção nem aos serviços administrativos necessários para o seu funcionamento, mas sim à procura de novos processos e produtos que posteriormente vão alterar o processo produtivo. A P e D não se constitui em parte integrante da produção. Às vezes inclusive ela se acha fisicamente separada da mesma, ao dedicar-se a metas bem mais avançadas ou futuristas.

O surgimento desta forma específica do capital é um fenómeno recente que — como temos visto — está relacionado com o surgimento e o desenvolvimento da revolução científico-técnica. Como resultado da produção de conhecimentos realizada pela P e D (a qual efetua no processo de circulação do capital um corte diverso daquele da produção dos bens e serviços, pois está sujeita aos azares da criação de conhecimentos), ocorre uma mudança na própria produção, com a incorporação de um novo produto ou processo. A incorporação deste novo produto ou processo alterará o custo de produção e permitirá a produção de um volume de mercadorias superior, às quais se incorpora uma menor quantidade de valor por unidade. A partir deste momento, a P e D, que antes não afetava o sistema produtivo e parecia resultar num investimento improdutivo, passa a alterar os preços de produção, aumentando potencialmente a margem de lucro da empresa e a sua renda monetária no final do ciclo da produção. E isto se tornará possível dado que, a partir deste momento, a empresa obtém uma renda tecnológica suplementar que lhe possibilita uma margem de lucros superior ao lucro médio do setor e, ao mesmo tempo, um aumento na sua competitividade.

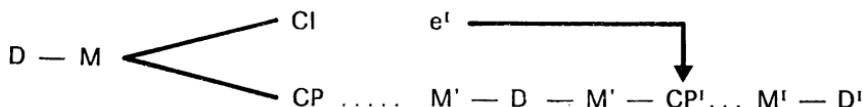
A importância dos investimentos em P e D também altera a distribuição da mais-valia. Parte da mais-valia destina-se ao Estado sob a forma de pagamento de impostos; destes, uma parte será utilizada para cobrir os gastos de P e D diretamente realizados pelo Estado ou efetuados através de financiamento à empresa privada. A parte dos gastos estatais em P e D que

é destinada às universidades ou aos seus próprios organismos reverterá, indiretamente, ao setor privado. O mesmo acontece com a parte da mais-valia que, sob a forma de isenção de impostos, é destinada às fundações dedicadas à pesquisa. Estas, em boa parte, utilizam estes fundos para o financiamento de P e D, o qual reverterá posteriormente em patentes ou em conhecimentos utilizados pelas empresas para convertê-los em inovações.

Desta forma, o ciclo do capital se modifica, destacando-se nele um novo setor de investimentos, o qual realiza um produto novo (conhecimento científico ou tecnológico) que afeta radicalmente a própria produção, ao fundamentá-la em novos produtos e, sobretudo, em novos processos, como pode ser observado no Gráfico III-3.

Gráfico III-3

ESQUEMA DA CIRCULAÇÃO DO CAPITAL INCLUINDO
GASTOS EM P e D



Onde:

CI: Capital investido em P e D;

CP: Capital investido diretamente na produção;

e¹: Produção do novo produto ou processo;

CP¹: Capital investido na produção de um novo produto ou processo (inovação ou difusão adotada);

M¹: Produto novo ou produto criado com novo processo;

D¹: Renda monetária proveniente da venda do novo produto.

Notas 1. Tanto MI como M¹ incluem nos seus custos os gastos em P e D realizados pela empresa.

2. A P e D modifica também a distribuição da mais-valia:

a) O pagamento dos impostos ao Estado também é destinado aos gastos estatais em P e D. Estes gastos revertem outra vez à empresa, seja sob a forma de financiamento direto (o qual pode ser superior ao imposto pago pela empresa), seja sob a forma de insumos, conhecimentos obtidos pela universidade ou centros de P e D do Estado e aproveitados pelos laboratórios das empresas.

b) As isenções fiscais são destinadas a fundações que apóiam a P e D, assegurando a propriedade das patentes ou o acesso prioritário ao conhecimento produzido e que será processado pelos centros de P e D da empresa.

O ciclo do capital alterado pela P e D (CI e^I que genera CP^I) somente se justifica na medida em que M^I tem um preço inferior ao do mercado ou se constitui num fator de ampliação do mercado. Desta maneira, a renda monetária final obtida (D^I) deve ser superior àquela que seria obtida sem a incorporação de CP^I e sem os gastos em P e D (CI).

ii  Assim, constatamos que este tipo de investimento depende de um resultado material — a criação de um novo produto ou processo expresso no efeito e^I — que é diferente do resultado da produção material no qual se expressa o capital produtivo propriamente dito. Conseqüentemente, se o efeito desejado e^I não se produz, este capital (CI) perde-se e o seu único efeito será o de ter aumentado os investimentos da empresa.

Se este investimento é considerado necessário para a manutenção da competitividade da empresa, ele se converterá num custo de produção mais elevado para ela. Se as demais empresas não tiverem adotado o mesmo procedimento, a empresa investidora em P e D obterá um custo de produção mais elevado que o custo médio e uma taxa de lucros mais baixa.

Somente na operação seguinte é que ela poderá obter o retorno do capital empregado, no caso em que as atividades de P e D forem coroadas de êxito, as quais lhes permitirão então a obtenção dos lucros extras que estarão contidos em D^I .

Isto vem mostrar o enorme risco contido nos investimentos em P e D e a importância representada para o desdobramento do ciclo do capital o aparecimento de uma forma particular de investimento cuja generalização passa a afetar de maneira particular o custo de produção das mercadorias e alterar o sentido do processo de valorização.

Quando Marx falava da apropriação gratuita dos resultados dos progressos da ciência pelos capitalistas, ele não estava levando em consideração o fato de que o desenvolvimento da revolução científico-técnica poderia obrigar os empresários a integrar em seus capitais um novo custo indireto representado pelo capital investido em P e D (CI).

Para superar este problema, o capitalista tem de recorrer ao apoio do Estado para que este financie o custo da P e D

e assuma, portanto, os encargos representados por este processo de produção de conhecimentos (veja o capítulo V). Daí segue-se uma dependência sempre crescente dos avanços da P e D com relação ao subsídio estatal. Estes avanços da P e D passam a representar uma contradição a mais entre o desenvolvimento das forças produtivas sob a forma da revolução científico-técnica, e a forma de apropriação privada, cuja solução — sempre precária — deverá ser encontrada na socialização crescente das formas de operação da propriedade privada: ela se torna cada vez mais dependente da capacidade de centralização dos recursos obtida pelo agente social máximo, que é o Estado. Destarte, a sociedade no seu conjunto vê-se obrigada a pagar os impostos necessários para que se financiem as condições de reprodução do capital privado. Este, pelo seu lado, se vê obrigado ao mesmo tempo a aumentar o seu controle sobre o seu agente social — o Estado — para se assegurar assim da vigência destas condições.

Assim, poderemos compreender os gastos inúteis e anárquicos provocados pela concorrência em P e D. Se duas ou três empresas realizam gastos em P e D visando à obtenção de um mesmo resultado, isto supõe que uma ou duas delas obterão um produto ou um processo final de menor qualidade ou que, simplesmente, não poderão chegar a nenhum resultado comercial aproveitável, perdendo assim o capital que investiram. Desta feita, a intervenção do Estado se torna cada vez mais necessária para evitar esta anarquia e impor um plano de pesquisa que imprima racionalidade ao sistema. A concorrência entre as empresas se desloca então para a luta visando à obtenção dos subsídios estatais, os quais aprofundam os laços entre os capitais privados e o Estado e a sua interdependência.

Já a P e D que se desenvolve fora da empresa produtora não afeta o ciclo do capital. O inventor individual ou as empresas de produção de tecnologia (tais como as famosas empresas tecnológicas da estrada de Massachusetts) não constituem nada mais que investimentos individuais ou capitalistas no setor dos serviços.

Por isso é um investimento bastante arriscado, na medida em que a produção de uma nova mercadoria não estará garantida e que, mesmo em caso positivo, ela revestirá a forma

de uma patente, a qual ainda deverá ser vendida às empresas produtivas. O risco destes serviços somente se justificam na medida em que poderão gerar posteriormente elevados lucros. A dificuldade de sobrevivência das empresas de tecnologia e as falências generalizadas observadas nos últimos anos são uma demonstração do risco que estas atividades envolvem.

Capítulo IV

A CIÊNCIA COMO INVESTIMENTO: FATOS E TENDÊNCIAS

No capítulo anterior examinamos as razões que levam o capitalismo a desenvolver a pesquisa científica. Vimos também como esse desenvolvimento conduz a uma acumulação de conhecimentos que produz um salto histórico a partir da Segunda Guerra Mundial, quando se inicia então uma nova etapa no avanço das forças produtivas: a revolução científico-técnica. Neste novo período, os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento constituem-se em parte necessária dos custos de produção das empresas e dos gastos do Estado. Por último, vimos como esta revolução científico-técnica se opera num contexto dentro do qual surge no cenário internacional uma nova formação social, isto é, o campo socialista, que imprime o seu estilo próprio ao ritmo e ao conteúdo da revolução científico-técnica. Tal fato incide sobre o mundo capitalista e modifica o seu funcionamento impulsionando, através da concorrência militar e econômica, o desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico.

Face a este marco geral, se faz então necessário averiguar as dimensões reais desta revolução científico-técnica no que se refere aos custos da Pesquisa e Desenvolvimento. Terá de se estudar também o conteúdo destes esforços científicos e tecnológicos, analisando até que ponto e quais os setores da economia serão afetados pelos gastos assinalados. Por último, teremos que determinar quem ou quais são as instituições que se ocupam desta atividade e, quando o fazem, em que proporção; questões às quais responderemos no próximo capítulo.

Esta tarefa descritiva é necessária para se compreender os vínculos da Pesquisa e Desenvolvimento com o crescimento econômico, com a formação do excedente econômico e com a reprodução do capital, os quais serão analisados em outro livro.

1. Os investimentos globais em Pesquisa e Desenvolvimento

Começaremos nossa análise das tendências da Pesquisa e Desenvolvimento como investimento, examinando suas características globais.

Em primeiro lugar, devemos assinalar o caráter recente desta atividade. Até o último quarto do século passado, a pesquisa e a invenção eram obras de indivíduos que montavam seus laboratórios particulares em condições bastante precárias. Os primeiros laboratórios industriais instalados nos Estados Unidos datam de 1867 com Thomas Edison; em 1886 pela Arthur D. Little; em 1893 pela B. F. Goodrich; em 1900 pela General Electric; em 1902 pela Du Pont e 1907 pela Bell Telephone System.¹ Ao eclodir a Primeira Guerra Mundial existiam nos Estados Unidos mais ou menos 100 laboratórios de pesquisa; durante a guerra o seu número subiu para cerca de 300, não aumentando quase até a Segunda Guerra Mundial, quando se inicia o período que conduzirá ao auge dos centros de pesquisa nas empresas, cujo número, em 1960, alcançava a elevada cifra de 5.400.

Os dados serão ainda mais reveladores do caráter recente da institucionalização da P e D se examinarmos a quantidade de cientistas e engenheiros dedicados a esta atividade. Nos Estados Unidos, em 1941, havia 87.000 cientistas e engenheiros dedicados à Pesquisa e ao Desenvolvimento; em 1951, este número se elevava a 158.000; em 1961 a 387.000; e, finalmente, em 1974, a 528.000 pessoas.

«Nas últimas duas décadas o emprego de cientistas e engenheiros nas tarefas de Pesquisa e Desenvolvimento cresceu a uma taxa anual média de 4,1%, bem mais rapidamente do que a da totalidade dos outros profissionais e trabalhadores somados e 1,6 vezes mais do que a taxa de crescimento anual média de todos os trabalhadores».²

Depois do auge alcançado em 1969, a taxa de crescimento do número de investigadores e engenheiros empregados em

1. Estes e os dados seguintes foram obtidos em Edwin Mansfield, *The Economics of Technological Change*, W. W. Norton and Company Inc., Nova Iorque, 1968, p. 45.

2. National Science Foundation, *National Patterns of R and D Resources Funds and Manpower in the United States: 1953-1975*, NSF, Washington, 1975, p. 8.

tarefas de P e D começou a baixar, apresentando inclusive uma diminuição no número absoluto destes profissionais. Como resultado da crise capitalista de longo prazo iniciada em 1967, a economia norte-americana começou a perder posição no seu desenvolvimento científico e, em 1975, empregava somente 530.500 pesquisadores e engenheiros, contra os 558.200 de 1969 (veja-se o Quadro IV-1). Em consequência disso, a taxa de crescimento médio anual do número destes profissionais foi de 6,59% entre 1965 e 1970 e, somente, de 0,03% entre 1971 e 1975 (Veja-se o Quadro IV-2).

Os fenômenos ligados à ampliação do número de centros de pesquisa, de cientistas e engenheiros em geral ocorrem dentro de um mesmo ritmo vertiginoso — e até mais intenso — na URSS. O número de centros de pesquisa científica neste país aumentou de 789 para 2.388 entre 1940 e 1969. O número de trabalhadores em pesquisa científica (cientistas e engenheiros) cresceu de 163.000 em 1950 para 700.000 em 1969³; em 1975, este número atingiu a cifra de 1.115.017, isto é, cerca do dobro do número existente nos Estados Unidos e 1/3 de todos os cientistas existentes no mundo, segundo se pode constatar nos quadros antes mencionados (IV-1 e IV-2). No primeiro Quadro, será interessante observar que em 1965 os Estados Unidos e a URSS dispunham do mesmo número destes profissionais.

Mas os dados são similares também para a Europa Ocidental, a Europa Oriental e o Japão. Nestas regiões, o número de institutos de pesquisa e de cientistas tem aumentado em ritmo bastante elevado e, inclusive, bem superior àquele observado nos Estados Unidos, conforme pode ser visto nos Gráficos IV-1 e IV-5. Todavia, os países socialistas vêm apresentando, de um modo geral, avanços bastante significativos, sobretudo se levarmos em conta o atraso relativo do qual partiram. Assim, é interessante constatar como países relativamente atrasados há 20 anos atrás — por exemplo, Tcheco-Eslováquia, Polônia e Hungria — conseguem hoje índices de crescimento similares àqueles obtidos na Inglaterra, que é o berço da tecnologia moderna ou, ainda, semelhantes aos da Alemanha, França e Holanda. Os dados apresentados a seguir dão

3. T. S. Khachturov, "Desarrollo de la Ciencia y Tecnología en la URSS", B. R. Williams (ed.), *Science and Technology in Economic Growth*, John Wiley and Sons, Nova Iorque, 1973.

conta da importância que vem adquirindo a revolução científico-técnica no campo socialista com relação ao campo capitalista (veja os Quadros IV-2, IV-3 e os Gráficos IV-1 a IV-5).

A base da P e D é constituída por quadros de pessoal adequados em realizá-la. Este é pois um primeiro indicador a ser levado em conta no estudo das potencialidades da P e D em cada país.

Se tomarmos o número de pesquisadores e engenheiros dedicados à P e D e o compararmos com o conjunto da população, poderemos estabelecer um índice do número de pesquisadores para cada 10.000 habitantes, o qual se constituirá então numa medida de importância para o potencial científico da sociedade. Neste sentido, deveremos primeiro analisar a maneira como se apresentam tais cifras nos países capitalistas avançados, os quais, até a década de 50, detinham a hegemonia quase absoluta na produção de ciência e de tecnologia.

Constatamos assim que os Estados Unidos possuíam em 1965 um grupo de 494.100 cientistas e engenheiros dedicados à P e D; que em 1975 este grupo havia aumentado modestamente para 530.500. Desta feita, o número de cientistas para cada 10.000 habitantes decaía de 25,4 para 24,8.

A tendência para a diminuição do número de cientistas por habitante também vinha sendo registrada no Reino Unido entre 1965 e 1968, como produto da depressão econômica que se manifestava antecipadamente na Inglaterra com relação à crise mundial. Todavia, em 1972 este país já havia recuperado e ampliado o seu número de cientistas e engenheiros dedicados à pesquisa. Conseqüentemente, o índice destes, para cada 10.000 habitantes, passou de 10,1 em 1965 para 7,9 em 1968 e para 13,8 em 1972.

Mas o Japão e a Alemanha foram justamente os dois países capitalistas que, paralelamente a um poder de competitividade crescente no cenário internacional, efetuaram as ampliações mais significativas nas suas populações de pesquisadores. A Alemanha partia em 1965 com quase o mesmo número de cientistas e engenheiros que o Reino Unido, para elevá-lo então, em 1975, para 103.000. Desta forma, o índice destes profissionais para cada 10.000 habitantes subiu de 9,7 para 16,7. Pelo seu lado, o Japão passou de um número representativo de 1/5

dos cientistas e engenheiros dos Estados Unidos para cerca da metade, isto é, de 118.000 em 1965 para 238.000 em 1974. Assim, o Japão elevou a relação de cientistas e engenheiros para cada 10.000 habitantes de 11,9 para 21,9 em 1965 e 1974 respectivamente.

O que ocorreu neste ínterim no campo socialista? Como vimos, na URSS o número de cientistas e engenheiros dobrou aquele existente nos Estados Unidos. O número destes profissionais, para cada 10.000 habitantes, elevou-se bem acima do resto do mundo, passando de 21,6 em 1965 para 43,8 em 1975 (veja Quadro IV-3).

Estas mudanças espetaculares na URSS não se constituem em fatos isolados mas são reveladoras de uma tendência inexorável dos países socialistas em reforçar maciçamente sua educação científico-técnica. Isto poderá ser constatado se utilizarmos um outro conjunto de dados — não comparáveis com aqueles utilizados anteriormente⁴ — aquele mostrado nos Gráficos IV-1 e IV-2.

Aparece ali que a Polônia possuía em 1971 64.700 pesquisadores afetos à P e D. Eles representavam 19,7 para cada 10.000 habitantes, índice este que passava a 24,7 em 1972. A Tcheco-Eslováquia possuía em 1972 40.100 pesquisadores em tarefas de P e D, os quais representavam 27,7 para cada 10.000 habitantes. Finalmente, a Hungria possuía em 1971 17.800 pesquisadores em P e D, número que representava 17,4 para cada 10.000 habitantes.

Nos países subdesenvolvidos as estatísticas são reveladoras do estado preliminar a uma Pesquisa e Desenvolvimento sistemático em que ainda se encontram. No entanto, a Argentina constituía-se num dos países mais adiantados, possuindo em 1971 6.500 pesquisadores em P e D. Estes representavam, em 1972, 3 pesquisadores para cada 10.000 habitantes. Em 1970 a Espanha possuía 5.850 pesquisadores dedicados à P e D, cifra que correspondia a 1,7 para cada 10.000 habitantes. Já o México empregava 4.050 pesquisadores em 1971, cifra que correspondia a 0,8 para cada 10.000 habitantes. É interessante a comparação destes dados com aqueles referentes a um país recém-saído das condições mais atrasadas na área

4. Estes e os dados seguintes sobre o tema foram obtidos nas fontes relacionadas no final do capítulo.

científica como Cuba. Em 1969 este país possuía 1.850 pesquisadores dedicados a tarefas de P e D, isto é, 2,2 para cada 10.000 habitantes. Este índice subiu para 3 por 10.000 habitantes em 1972.

Os dados referentes ao número de cientistas são importantes indicadores da capacidade humana da sociedade. Todavia, não poderemos deixar de analisar os gastos com Pesquisa e Desenvolvimento que se efetuam nos diferentes países, uma vez que eles nos dão uma idéia global do esforço que é realizado neste setor. Dada a importância que adquiriu o estudo da economia da P e D nestes últimos anos, nos esforçamos no sentido de poder dispor de dados relativamente recentes sobre este assunto. Até os anos 50 não se considerava necessária uma contabilidade detalhada de tais gastos, já que se atribuía então pouca importância a esse fenômeno.

A seguir, faremos um demonstrativo do montante global dos gastos em P e D por países e suas proporções com relação à renda nacional (Produto Interno Bruto). Tomando os Estados Unidos, país líder em valor absoluto de despesas nesta atividade, constatamos que em 1929 os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento representavam ali somente 160 milhões de dólares, ou seja, 0,2% do PIB. Em 1945, estes gastos representavam 710 milhões de dólares, ou seja, 0,6% do PIB. Em 1949, este montante saltava para 2.600 milhões de dólares e para 1,0% do PIB. Daí para frente ocorrem vários saltos importantes, até que em 1974 os gastos em P e D nos Estados Unidos montavam a 32.000 milhões de dólares, cifra que correspondia a 2,29% do PIB.⁵ Segundo estimativas mais recentes (veja o Quadro IV-4), esta porcentagem girou em torno de 2,32% em 1975 e de 2,25% em 1976.

Em 1973, a URSS gastava 18.900 milhões de dólares em P e D, o que representava 3,1% do seu PIB. Estas proporções repetem-se mais ou menos como valores similares para países capitalistas e socialistas. Tomemos alguns dados recentes. A R.F.A. gastou em 1974 2,2% do seu PIB em P e D; a França, 1,73% em 1973; a Grã-Bretanha 2,39% em 1972; o Japão 1,99% em 1974. Por outro lado, a Polônia despendeu 3,0% do seu PIB em tarefas de P e D em 1972; a Tcheco-Eslováquia 4,3% em

5. Estes e os dados seguintes sobre o tema foram retirados de um conjunto de fontes descrito no apêndice do final do capítulo. Existem divergências entre esses dados e os do Quadro nº IV-4, devido a diferentes critérios de contabilidade.

1973; a Hungria, 2,9% em 1972. Como pode ser constatado, enquanto os países capitalistas gastam ao redor de 1,5 a 2,5% de seus Produtos Internos Brutos em P e D, os países socialistas tendem a despende mais de 3% neste item.

Não se deve estranhar o fato de encontrarmos nos países subdesenvolvidos cifras bastante inferiores a essas. Por exemplo, a Índia gastava em 1970 0,5% do seu PIB em P e D; o México, 0,2% em 1971; em 1972, a Espanha despendia 0,25%. Mais uma vez cabe aqui mencionar o exemplo de Cuba, que já em 1969 destinava 2,4% do seu PIB aos gastos com P e D, salto histórico que só pode ser explicado pela mudança nas relações de produção que ocorreu neste país e que o levaram a separar-se dos índices de subdesenvolvimento comuns ao resto do subcontinente (ao qual ele todavia pertence).

Em resumo, podemos concluir que os gastos em P e D, assim como o número de cientistas e engenheiros dedicados a esta atividade aumentou em proporções gigantescas, processo que só sofreu alguma retração com a crise geral do capitalismo iniciada em 1967. Ao mesmo tempo, os dados revelam uma tendência dos países socialistas em superar os índices de pessoal ocupado e de investimentos em P e D que são apresentados pelos países capitalistas. Estes dados refletem uma tendência histórica cujas conseqüências analisaremos posteriormente.

2. Pesquisa, desenvolvimento e educação

As mudanças que se operam diretamente na atividade científica somente são possíveis com um desenvolvimento igual ou superior da atividade educacional no seu conjunto. A educação — que também sofreu modificações fundamentais nestes últimos anos — cabe não só a formação dos pesquisadores e engenheiros que se dedicam diretamente à Pesquisa e ao Desenvolvimento, como também à formação da mão-de-obra qualificada que operará as novas máquinas produzidas pela ciência e pela tecnologia. O aumento da qualificação da mão-de-obra exige um esforço educacional crescente, além dos conhecimentos básicos de matemática, alfabetização, etc., de

que deve dispor a mão-de-obra não qualificada e que constituem requisitos para quaisquer avanços posteriores. A esse nível, será necessário observar que o gigantesco aumento do excedente econômico possibilitado pela revolução científico-técnica por si só gerou as condições necessárias para o surgimento de novas atividades de serviços e, por fim, possibilitou um grande aumento num tipo de educação não diretamente dirigida para o setor produtivo. Em consequência, a revolução científico-técnica está associada com o aumento nos gastos em educação, com o aumento do número de estudantes e com o aumento do número de professores.

Os gastos em educação aumentaram sua importância relativa na economia. Podemos medi-los com relação ao Produto Nacional Bruto.

Nos Estados Unidos, entre os anos de 1920 e 1950 estes gastos giraram em torno de 3,5% do PNB (apresentando uma queda importante somente durante a Segunda Guerra Mundial). Em 1956, os gastos percentuais em educação subiram para 4,6% do PNB; em 1960, para 5,4% e em 1966 para 6,6%, mantendo-se então neste nível até a crise de 1974-1975. Este salto dos gastos relativos em educação se tornou conhecido como o *boom* educacional dos anos 60. Apesar das quedas recentes nos recursos destinados à educação e à Pesquisa e Desenvolvimento⁶, podemos afirmar que estes índices refletem uma tendência estrutural de se ampliarem os marcos da formação educacional como consequência das exigências da revolução científico-técnica. Tanto é assim que encontramos a mesma tendência manifestada nos demais países capitalistas e, com um espectro ainda mais pronunciado, nos países socialistas.

A R.F.A., por exemplo, aumentou a participação dos gastos em educação no seu PNB de 2,4% em 1950 para 2,9% em 1960, 3,4% em 1966 e 4,0% em 1972. A Grã-Bretanha atingiu 4,3% em 1960, 5,3% em 1966 e 5,9% em 1971. Da elevada porcentagem de 3,5% em 1950, a Suécia aumentou os seus gastos em educação para 4,8% do PNB em 1956, para 6,7% em 1963, para 8,1% em 1968 e para 7,9% em 1972. No Canadá, esta porcentagem havia saltado para 8,5% em 1971. A

6. Sobre a diminuição dos gastos em Pesquisa e Desenvolvimento nos países capitalistas a partir de 1971, veja-se o artigo "Évolution depuis 1971 du niveau et des structures de la R-D dans les pays membres de l'OCDE", *L'Observateur de l'OCDE*, nº 76, julho-agosto, 1975, p. 30s.

única exceção a esta tendência observada no campo capitalista foi constituída pelo caso do Japão, o qual depois de ter alcançado 5% em 1954, voltou ulteriormente aos índices próximos de 4,0% que já apresentava na década de 50.

Apesar dos aumentos registrados, os gastos dos países subdesenvolvidos e dependentes na área da educação ficam bem abaixo daqueles registrados nos países desenvolvidos, fato este que reflete o atraso com que absorvem os avanços da revolução científico-técnica. A Argentina, por exemplo, conseguiu alcançar 2,4% em 1972, porém esta porcentagem oscila entre 1,9% em 1960, 3% em 1965 e 1,9% em 1970, o que revela a sua incapacidade de manter um crescimento sustentado dos seus gastos em educação com relação ao seu PNB. Já o México apresenta uma evolução mais estável, saltando de 0,4% em 1950 para 0,8% em 1958, 2,5% em 1966 e mantendo a porcentagem neste nível até 1972 (2,7%). O Brasil, depois de a porcentagem dos seus gastos em educação ter pulado de 1,8% em 1954 para 2,3% em 1960, viu esta relação baixar para 0,7% em 1963, 1,4% em 1965 e 1,0% em 1966, para então vê-lo recuperado somente em 1970, quando passou a 3,3%. Finalmente, a Índia teve a sua taxa aumentada de 0,8% em 1950 para 2,0% em 1955, 2,3% em 1960 e 2,6% em 1965.

Por outro lado, nos países socialistas o crescimento dos gastos em educação no PNB apresenta uma tendência bastante sustentada. Assim é que a URSS apresentava uma porcentagem de 5,8% em 1955, a qual subiu para 6,4% em 1963, 7,2% em 1968 e 7,6% em 1973. A República Democrática Alemã gastava em 1960 5,1% do seu PNB em educação, 6,2% em 1965, 5,3% em 1970 e 5,7% em 1972. Já a Polônia apresentava os seguintes dados: 3,0% em 1956, 4,6% em 1961, 7,2% em 1966 e 8,5% em 1971. Para a Tcheco-Eslováquia a situação se apresentava assim: 3,7% em 1960, 5,3% em 1965, 4,4% em 1970 e 4,6% em 1972.

É importante mencionar o exemplo de dois países, Cuba e Argélia, que estão à procura de um modelo de desenvolvimento socialista e que se liberaram há pouco mais de uma década e meia de condições educacionais das mais negativas. Cuba elevou seus gastos em educação de 5,7% do PNB em 1963 (compare-se com os outros países latino-americanos citados) para 7,0% em 1965 e 7,5% em 1966, continuando a manter

desde então um nível elevado. A Argélia, que despendia 2,8% do seu PNB em educação (sobretudo orientada para os franceses que viviam no país) em 1954, teve a sua taxa elevada para 3,8% em 1965, 7,2% em 1971 e 7,8% em 1972.⁷

A formação dos pesquisadores e o desenvolvimento do conhecimento também se refletem no aumento da população estudantil. Nos Estados Unidos, entre 1931 e 1938, o número de estudantes por 100.000 habitantes, em média anual, era de 884; entre 1960 e 1964 esta média anual subiu para 2.264 estudantes. Na França, este número subiu de 201 para 785; no Japão, de 260 para 863; na URSS alcançou 1.389 entre 1960 e 1964 (tendo partido de um nível bastante baixo). Nos Estados Unidos, a porcentagem de estudantes admitidos nos estabelecimentos de ensino superior, com relação à população ativa em idade universitária, aumentou de 24,0% em 1950 para 38,2% em 1970.

A porcentagem dos que receberam uma formação superior completa (universitária) com relação à população ativa alcançava em 1961 8,89% nos EUA, 4,43% na Grã-Bretanha e 4,27% no Canadá, contra 4,05% na URSS.⁸ Segundo a OCDE, a taxa de acesso ao ensino superior⁹ era de 43,8% nos Estados Unidos (1972), 49,8% no Canadá (1972), 30% na França (1971), 34,3% na Dinamarca (1972), 31,1% na Suécia (1972) e 28,2% na Itália, enquanto que em Portugal essa taxa era de 6,6% em 1970, fenômeno indicativo da diferença resultante de uma estrutura social que não incorporou diretamente a revolução científico-técnica.

Da análise fatural realizada até este momento neste capítulo sobressaem algumas conclusões evidentes: a Pesquisa e Desenvolvimento é uma atividade que se desenvolveu a partir do século passado numa forma um tanto episódica e não institucionalizada mas que se converte numa atividade permanente e sistemática no século XX e realiza um salto quantitativo e qualitativo após a Segunda Guerra Mundial. No pós-guerra, o número de cientistas e pesquisadores passou a representar uma parte importante da força de trabalho e a su-

7. Os dados relativos aos gastos em educação no PNB foram obtidos nas fontes descritas no apêndice do final do capítulo.

8. Dados obtidos em Richta, *La Civilización en la Encrucijada*, op. cit., Quadros 11/10 (A e B) e II.

9. Mede-se pela porcentagem dos estudantes universitários com relação à faixa etária correspondente; *L'Observateur de l'OCDE*, nº 74, março-abril, 1975.

perar em muitas vezes o número de cientistas existente em toda a história da humanidade. Neste último período a Pesquisa e o Desenvolvimento passaram a representar também uma porcentagem significativa do PIB nos países capitalistas desenvolvidos, constatando-se porém um esforço relativo bem mais importante nos países socialistas e porcentagens bastante baixas nos países capitalistas dependentes e menos desenvolvidos. As mesmas tendências aparecem quando examinamos os dados referentes aos gastos em educação relativamente ao PNB ou ao número de estudantes com relação à população total.

Deveremos associar estes dados com a revolução científico-técnica. É precisamente este salto qualitativo no conteúdo e na intensidade dos conhecimentos científicos que conduz a essas mudanças tão importantes na configuração estrutural dos gastos e das características do pessoal dedicado à ciência, à engenharia e à educação em geral.

Não basta todavia constatar estas tendências gerais. Será preciso saber ainda em que ritmo se desenvolve este esforço global em Pesquisa e Desenvolvimento. Para isso, desenvolveremos uma seção especial sobre o caráter do crescimento no desenvolvimento científico. A partir daí, poderemos então passar a analisar o conteúdo dos gastos em Pesquisa e Desenvolvimento, isto é, o tipo de pesquisa realizada, os ramos e setores a que se destinam estes gastos e, finalmente, sua importância dentro da economia como um todo.

3. O caráter exponencial do desenvolvimento científico

Houve no século XIX um enorme desenvolvimento da atividade científica. Começava a surgir dentro do organismo social uma nova entidade, uma entidade capaz de atuar de maneira crescente sobre a sociedade e representar um estágio superior da apropriação pelo homem da natureza. A ciência converteu-se num marco radicalmente novo para a compreensão do homem e da natureza; a sua metodologia se ampliou desde os fenômenos químicos — os quais romperam a rigidez geométrica da natureza tal como a concebia a filosofia científica

poucos séculos antes — até as ciências do homem, a arte e a filosofia.¹⁰ Durante o século XIX o homem adquiriu uma dimensão nova na sua relação com a natureza.

Porém, o aparecimento e o desenvolvimento desta nova relação do homem com a natureza e do homem consigo mesmo contêm uma expressão quantitativa que nos interessa no momento. O desenvolvimento da ciência se traduz ao mesmo tempo no crescimento do número de cientistas, dos meios e instrumentos científicos utilizados, das instituições e relações totalmente novas que sustentam e estimulam o seu desenvolvimento. A existência social da ciência como atividade humana nova, como desenvolvimento de novas capacidades humanas e como fator novo na produção e reprodução da sociedade deu origem a uma crescente literatura sobre o tema tanto do ponto de vista filosófico, o qual busca encontrar as dimensões metodológicas, sociais e culturais que são abertas por esta nova realidade, como do ponto de vista econômico e sociológico, o qual procura dimensionar o seu impacto na produção e na reprodução das formações sociais concretas; e por fim também dos pontos de vista estético, moral, etc., que especulam sobre os efeitos da ciência na arte, nos valores sociais, etc.

Poderemos entender assim como os fenômenos do desenvolvimento científico e tecnológico (visto como campo de aplicação da ciência) podem e devem ser considerados em suas dimensões quantitativas, como o fazemos neste capítulo. Existe porém nesta quantificação um elemento que merece um estudo especial. Trata-se do ritmo de crescimento da atividade científica. No século passado Engels — o qual, como Marx, sempre esteve profundamente atento ao desenvolvimento científico visto não só como fenômeno intelectual mas também como fenômeno material — formulou pela primeira vez a idéia de um crescimento exponencial da ciência. Ele percebeu que cada geração de cientistas abria o caminho para um progresso ainda maior do conhecimento e da sua acumulação, de sorte que se criavam oportunidades para que as novas gerações ampliassem o número de pessoas dedicadas à atividade científica numa base quantitativa crescente. Ao mesmo tempo,

10. O livro de Serge Moscovici se constitui num avanço radical para a compreensão do corte histórico entre a filosofia da natureza desenvolvida pelos engenheiros do período renascentista e sintetizada pela revolução copernicana, e a revolução científica iniciada pelo desenvolvimento da química no século XIX e sintetizada pela revolução teórica da física com a teoria da relatividade de Einstein. Veja Serge Moscovici, *Histoire Humaine de la Nature*, Flammarion, 1975.

a base material da sociedade se ampliava com o desenvolvimento científico e se criavam as condições materiais para que cada nova geração de cientistas pudesse contar com os suportes materiais necessários aos seus trabalhos.

Engels formulou o descobrimento desta lei dentro de um contexto no qual, depois de analisar a emancipação da ciência com relação à religião no Renascimento, afirma: «Porém, a partir de então, o desenvolvimento das ciências avançou a passos de gigante e cresceu, digamos assim, em proporção ao quadrado da distância no tempo desde o seu ponto de partida, como se ela quisesse mostrar ao mundo que, para o movimento do produto mais elevado da matéria orgânica — a mente humana — a lei que o rege é o inverso daquela que prevalece para o movimento da matéria inorgânica».¹¹

Podemos hoje em dia formular, junto com o teórico soviético Bonifati Kedrov, a lei segundo a qual a ciência se desenvolve em estreita relação com a base material da sociedade:

«A capacidade potencial da ciência em alcançar e superar o desenvolvimento da técnica se manifesta já nas primeiras fases do surgimento das ciências naturais e logo se revela, sempre com maior plenitude e profundidade, à medida que a potência (possibilidade) se converte numa realidade».¹²

O mesmo autor nos mostra como de um lado o desenvolvimento da ciência depende «da prática da produção e da técnica, que são a fonte e o estímulo motor de todo programa científico» estabelecido pelas exigências requeridas pela ciência. Por outro lado, porém, a ciência apenas pode responder a essa exigência segundo as leis de desenvolvimento internas que possuem uma relativa independência. O estado atual do desenvolvimento científico «vem diretamente pelo desenvolvimento anterior e é, por sua vez, a premissa indispensável ao progresso ulterior».

É necessário por isso ligar o desenvolvimento científico às bases materiais em que ele se assenta: os cientistas, as instituições e os meios de produção com que conta para seu desenvolvimento.

11. Frederico Engels, *Dialéctica de la Naturaleza*, Ed. Cartago, Buenos Aires, 1975, p. 156, capítulo sobre a "História da Ciência, fragmento histórico". Sobre a mesma noção de desenvolvimento exponencial da ciência, veja-se a nota 2 do capítulo II deste livro.

12. Bonifati Kedrov, "Sobre las Leyes del Desarrollo de la Ciencia", *Ciencias Sociales*, nº 1, 1974, p. 29.

De fato, dispomos atualmente de um conjunto de indicadores que, vistos em sua dimensão histórica, nos permitem estabelecer um ritmo mais ou menos permanente de crescimento da atividade científica. Podemos distinguir três tipos de indicadores. Os que refletem a base subjetiva da produção científica tais como o número de cientistas e engenheiros dedicados à P e D, a quantidade de recursos destinados a ela, o número de estudantes no ensino superior, etc. Em seguida podemos distinguir aqueles indicadores ligados à produção científica e tecnológica tais como o número de revistas científicas, o número de artigos publicados, de patentes registradas, de investimentos e inovações significativas, etc.

Por fim, dispomos também de outros indicadores associados à dimensão da ciência como disciplina do conhecimento e processo de apreensão da natureza. Como qualquer outro fenômeno em crescimento, a atividade científica sofre um processo de diversificação e complexificação crescentes à medida que se amplia a sua base material. Estes aspectos qualitativos do crescimento científico podem ser medidos pelo número de novas disciplinas e áreas de pesquisa científica, pela diversificação das pesquisas realizadas, pela extensão do campo de aplicação do conhecimento científico, etc. Poderemos obter inclusive medidas mais refinadas referentes à distribuição qualitativa do pessoal científico (proporção de bacharéis, licenciados, mestres e doutores), distribuição etária do pessoal científico e produtividade média dos distintos grupos etários, etc. Um outro domínio de interesse é constituído pelos índices que revelam os efeitos do crescimento da atividade científica sobre a economia, a sociedade e a cultura.

Apesar de a estatística científica ser relativamente recente, contamos com elementos suficientes para demonstrar que a infra-estrutura e a produção científicas, nos seus aspectos quantitativos e qualitativos, seguem um ritmo de crescimento exponencial. No seu livro sobre *El Advenimiento de la Sociedad Post-Industrial*¹³, Daniel Bell efetua um interessante resumo das estatísticas existentes e, apoiado nos estudos de Fritz Machlup, Fremont Rider, Derek Price¹⁴ e vários outros autores,

13. Daniel Bell, *El-Advinimiento de la Sociedad Post-Industrial*, Alianza Editorial, 1976, capítulo 3, "Las Dimensiones del Conocimiento y la Tecnología", p. 197-310.

14. Fritz Machlup, *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*, Princeton, 1962; Fremont Rider, *The Scholar and the Future of the Research Library* Nova Iorque, 1944; Derek Price, *Science Since Babylon*, New Haven, 1961.

chega à conclusão de que, apesar da grande quantidade de dados mostrando um crescimento exponencial da ciência, não é possível chegar ao estabelecimento de curvas simétricas que permitam prever o comportamento do processo de ampliação do conhecimento.

Quais foram as evidências encontradas?

1. Nos Estados Unidos, o tamanho das bibliotecas de pesquisa duplica a cada 16 anos.

2. A revista científica mais antiga foi publicada em Londres em 1665, seguida de 3 ou 4 similares na Europa. Nos começos do século XIX o número delas alcançava a centena; em meados do século XIX atingia o milhar; em 1900, 10.000 e, em 1965, 100.000. Em resumo, o número de revistas científicas especializadas multiplicou-se por 10 a cada meio século. A partir destes e de outros dados referentes a publicações científicas — as quais são consideradas como indicadores básicos do desenvolvimento do conhecimento científico — Price concluiu o seguinte: «Realmente, a constante multiplicadora é de 15 anos aproximadamente para cada duplicação, o que significa uma multiplicação por 10 em 50 anos e por 1.000 em 150 anos».¹⁵

Nas matemáticas foi encontrado um crescimento anual das publicações na ordem de 2,5%, o que perfaz um período de duplicação de 25 anos. Segundo Kemuth O. May, autor desta pesquisa, a mudança de ritmo é devida ao ponto de partida tomado por Price. «É provável que se Price e outros tivessem levado em consideração as publicações anteriores àquelas referidas nas suas séries estatísticas, obteriam índices substancialmente mais baixos. Estas análises apóiam a tese de que o total das publicações científicas vem se acumulando segundo um índice de 2,5% ao ano, e duplicando umas 4 vezes por século».¹⁶

Pode este crescimento continuar indefinidamente? Aparece então aqui o problema da saturação e a idéia de uma curva exponencial em forma de «U» ou, como o sugeriu Price, uma sucessão de curvas em «U», dada a capacidade da ciência em reformular suas bases, mudar os seus critérios de definição

15. Citado por Bell, op. cit., p. 211.

16. Ver Bell, p. 212.

e, portanto, abrir caminho para um novo crescimento que se prolongue até o seu esgotamento. Todavia, não é possível prever este novo movimento ascendente; pelas mesmas razões, pode-se até supor a ocorrência de um movimento descendente.

Devido a essa indeterminação, Bell conclui afirmando o valor limitado destas medidas e propondo um roteiro analítico mais completo, que leve em consideração não uma concepção linear do crescimento, mas sim a sua diversificação crescente.¹⁷

«Em oposição à imagem da ciência no século XIX, que via nela um campo limitado e esgotável do conhecimento, um domínio cujas dimensões seriam finalmente exploradas por completo, nós hoje pressupomos uma abertura para o conhecimento que vem marcada por formas matizadas de diferenciação. Cada avanço abre, algumas vezes rapidamente, outras com lentidão, novos campos, os quais por sua vez fazem brotar novos ramos».¹⁸

A esse nível, é preciso levar em conta que o pensamento dialético não se incluía no panorama do século XIX. De fato, Marx e Engels concebiam a evolução da ciência dentro de um parâmetro infinito, acumulativo e dialético¹⁹ e suas concepções sobre a natureza e a ciência ainda são profundamente atuais e, até mesmo, mais avançadas do que as digressões metafísicas de grande parte da filosofia da ciência contemporânea.

Portanto, uma concepção dialética da ciência deve não só ser capaz de determinar este processo de diferenciação de um ponto de vista qualitativo — mostrando a necessidade do desenvolvimento de novos campos da ciência e a articulação entre eles — como também deve aceitar a possibilidade de uma expressão quantitativa para este processo de diferenciação.

17. "A idéia da exponencialidade, a concepção de que o saber científico se acumula 'linearmente', de alguma maneira complexa, obscureceu o fato de que o ponto mais importante e específico da questão é o desenvolvimento da 'ramificação', ou a criação de novas e numerosas subdivisões e especialidades dentro dos diferentes domínios e não o crescimento linear", p. 218.

18. Daniel Bell, op. cit., p. 218.

19. As obras clássicas destes autores sobre o tema são *A Dialética da Natureza* e o *Anti-Dühring*, ambas de Engels. Porém Marx deixou amplas referências sobre o tema em várias de suas obras. Entre outros, vejam-se os estudos recentes: Giuseppe Prestipino, *El Pensamiento Filosófico de Engels*, Siglo XXI, México, 1977 e Alfred Schmidt, *El Concepto de Naturaleza en Marx*, Siglo XXI, México, 1976.

Podemos pois consentir com Bell de que se possa mensurar — talvez com menor clareza que no caso dos padrões de crescimento — também este processo de diferenciação e complexidade crescentes da ciência. E ele sugere:

«Pode-se obter alguns indicadores da extraordinária proliferação dos campos científicos na classificação das especializações inscritas no National Register of Science and Technical Personnel, um inventário (financiado pelo governo) de todas as pessoas de competência na área científica (...). O *Register* foi iniciado pouco após à Segunda Guerra Mundial, com aproximadamente 54 especializações científicas; 20 anos mais tarde, ele já incluía mais de 900 especializações científicas e técnicas diferentes». ²⁰ Apesar das limitações de um indicador deste tipo, ele sugere no entanto a importância do fenômeno da diferenciação dos campos científicos e técnicos.

As conclusões a que podemos chegar nesta fase do estudo do fenômeno não podem ser muito rigorosas. Podemos estabelecer no entanto algumas tendências de grande importância para a nossa investigação referente ao desenvolvimento da ciência como fonte de investimentos.

Existe uma lógica interna no desenvolvimento científico que conduz a uma expansão rítmica da atividade científica segundo uma ordem de caráter exponencial que obriga o aparelho institucional, financeiro e econômico da sociedade a um esforço de resposta contínuo e equivalente ao impulso interno do desenvolvimento científico.

De uma maneira geral poderemos notar que:

- 1º) Se a sociedade retarda este processo de adaptação e reforço do desenvolvimento científico, o seu aparelho institucional entra em contradição com a capacidade produtiva construída e com as suas possibilidades de desenvolvimento, produzindo-se então uma tensão entre os dois fenômenos, a qual deverá levar a uma solução social superior ou a uma degeneração do progresso anteriormente realizado.
- 2º) Dada a diversidade das formações sociais existentes, aquelas que demonstrarem ser capazes de sustentar este desenvolvimento exponencial da ciência e da tecnologia de-

20. Daniel Bell, op. cit., p. 219-20.

verão assumir um papel de hegemonia internacional crescente, desestabilizando os equilíbrios internacionais existentes e produzindo novas correlações de força no cenário internacional.

- 3º) A sociedade humana tenderá a buscar, em escala universal, aquelas soluções sociais que permitam a continuação e o avanço do domínio do homem sobre a natureza, não só por causa das necessidades objetivas de superar os níveis alcançados como também por causa das ameaças de degeneração que representa a manutenção de um crescimento cuja lógica está profundamente relacionada com a força vital da civilização humana, como processo de produção e auto-reprodução em escala amplificada (em particular, a partir do momento em que a humanidade gerou um modo de produção particular, o capitalista, cuja lógica de funcionamento se baseia na expansão crescente da acumulação do capital). Ao mesmo tempo, o próprio capitalismo gerou as bases de um modo de produção novo — o comunista — cuja lógica se fundamentará numa poupança crescente do tempo de trabalho necessário a uma humanidade livremente associada e capaz de planejar o seu destino histórico de libertação social.

O caráter exponencial do crescimento científico, até agora impulsionado pelo capitalismo (apesar dos ciclos depressivos neste desenvolvimento, os quais as mensurações atuais ainda não foram capazes de refletir), demonstra a vitalidade do desenvolvimento das forças produtivas do homem na fase da revolução científico-técnica e demonstra também os prazos limitados e concretos dentro dos quais podem se apresentar as alternativas históricas que permitam responder aos desafios impostos pelo avanço das forças produtivas em cada uma das condições históricas determinadas do mundo contemporâneo.

4. Pesquisa Básica, Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento: tendências

Depois de termos analisado o aumento dos gastos em P e D e a tendência exponencial do crescimento científico, se faz

necessário agora um estudo mais detalhado do conteúdo desta atividade e destes gastos, seja do ponto de vista do seu caráter, seja com relação aos campos do conhecimento e às áreas de aplicação principais em que se divide.

Vimos no capítulo precedente que a tarefa científica, segundo o seu conteúdo, pode ser dividida em fundamental, aplicada e de desenvolvimento. Apesar da importância decisiva de cada uma destas etapas para que o processo ou produto se converta em realidade, deveremos no entanto estabelecer uma certa hierarquia entre elas. Do ponto de vista do conhecimento humano em geral, a pesquisa básica ou fundamental aparece como sendo a mais importante, pois é ela que abre o caminho para a fase aplicada e o desenvolvimento. Do ponto de vista econômico, é o desenvolvimento final do produto ou processo que define a importância comercial da pesquisa — e a sua conversão em fato econômico — ao permitir a inovação e a difusão.

Isto não impede no entanto que consideremos a pesquisa básica como a parte mais importante do desenvolvimento científico e tecnológico, sobretudo na época atual, quando os avanços tecnológicos vêm se convertendo progressivamente, como vimos, em aplicações da ciência. Nestas circunstâncias, não é possível imaginar avanços tecnológicos significativos independentemente de um desenvolvimento paralelo — e às vezes superior — da atividade científica de base ou fundamental. Assim, vão se estabelecendo novas leis de desenvolvimento científico que mudam a proporcionalidade existente entre a pesquisa básica, a aplicada e o desenvolvimento.

Uma das primeiras hipóteses cabíveis que se colocam então é a de uma possível resistência por parte das formações sócio-econômicas capitalistas em adaptarem-se a esta nova proporcionalidade e, em caso positivo, o fazerem na medida exigida pelo avanço científico contemporâneo. Tendo-se a ciência e, particularmente, a sua aplicação desenvolvidas ambas de maneira estreitamente vinculada com a demanda empresarial e um modelo teórico baseado no pragmatismo e no empirismo, torna-se bastante difícil, em tais condições, o favorecimento da pesquisa fundamental como atividade sobre a qual se apóie o avanço harmônico do «saber-fazer» científico.²¹

21. Citamos agora um amplo texto de H. C. Nieburg sobre o desperdício da pesquisa pura, tirado do seu livro *En Nombre de la Ciencia*, Ed. Tiempo Contemporáneo, Buenos Aires, 1973. "A pesquisa básica, componente fundamental da fronteira tecnológica em expansão.

Lamentavelmente não possuímos informações detalhadas sobre este fenômeno fora dos Estados Unidos. Conforme se pode verificar no Quadro IV-5, a pesquisa básica fez crescer de maneira constante a sua participação nos gastos totais em P e D entre 1953 e 1970. Em 1953 ela representava 8,3% do total gasto em P e D; em 1955, 8,6%; em 1960, 8,8%; em 1965, 12,8% e em 1970, 13,6%. As crises econômicas de 1969-71 e de 1973-75 exerceram efeitos globalmente negativos sobre as atividades de P e D, afetando o crescimento das despesas neste item, uma vez que elas se apóiam em fundos sociais e não produzem efeitos econômicos imediatos. Por esta razão, segundo estimativas existentes, em 1975 os gastos em pesquisa básica relativamente aos gastos globais em P e D baixaram para 11,8%. Segundo as mesmas fontes, calculava-se que esta participação voltaria em 1977 ao nível de 13%.

também e um fenômeno tradicional. A Comissão do Congresso para Pesquisas Governamentais somou sua voz à da comunidade científica no sentido de proteger a ciência pura das repetidas incursões que sofriria em benefício do projeto lunar e das pesquisas orientadas para as missões espaciais. Pouco menos de 10% de toda a P e D são destinados a estudos motivados unicamente pela curiosidade científica; mesmo que não seja fácil justificar estes investimentos diante do Congresso, eles se constituem no entanto em fontes para o conhecimento e a compreensão futuras, criando novos e imprevisíveis potenciais que se encontram, de maneira latente, no rastro da tecnologia atual. Parcelas preponderantes dos recursos hoje consentidos em P e D estão sendo orientados para as pesquisas aplicadas e para o desenvolvimento de produtos, aparelhos, etc. O público pouco entende de ciência básica e o Congresso a considera mais ou menos como uma bobagem. As legítimas tentativas deste último em controlar os recursos excessivos destinados à P e D consistiram essencialmente em reduções das verbas anteriormente alocadas para as ciências básicas, sobretudo para aquelas que pouco têm a ver com os novos descobrimentos que se produzem. A Comissão de Assessoramento Científico do Presidente afirmou em repetidas oportunidades que a ciência pura não é uma bobagem e que, como não é possível esperar que a indústria invista o dinheiro dos acionistas na busca de conhecimentos, somente o Governo poderá fazê-lo.

Em termos absolutos, os recursos monetários dedicados às ciências básicas mais que duplicou na última década e manteve uma participação mais ou menos estável nos gastos totais em P e D do Governo, variando entre 8% em 1956 a 10% na década de 60. Porém, estes aumentos são, em grande parte, reflexo de atividades custosas em áreas bastante específicas e localizadas como a física das altas energias, as ciências atmosféricas e a oceanografia. Existe carência de apoio num amplo leque das ciências puras, as quais se vêem submersas diante dos gigantescos gastos com aceleradores, aviões e barcos de pesquisa, custosos equipamentos de laboratório, etc. Em termos de fundos disponíveis ao cientista puro típico (que trabalha com pressupostos relativamente baixos) e para a execução de pesquisas concretas (excluídos os custos administrativos e dos equipamentos), é possível que hoje gastemos menos do que o teríamos antes da chegada em massa dos fundos governamentais. Gerard Piel afirma que 'estamos gastando mais ou menos 1 dólar para cada 20 que se encontram à disposição da ciência aplicada, em comparação com a proporção de 1 para 6 que predominava antes da guerra'.

O programa espacial, que geralmente invoca o reverenciado título de 'ciência pura' para justificar empreendimentos para os quais carece de outros argumentos, contém na realidade quase nenhuma pesquisa básica. O grosso do programa, de mais de 4.000 milhões de dólares anuais, é destinado à engenharia e à criação de quinilhões; uma outra parte, para as ciências aplicadas vinculadas com as missões espaciais. Salvo como recurso de promoção da NASA, que visa vender os seus programas ao Congresso, a ciência pura é algo no qual se pensa depois, que se intercala aqui e ali, de modo a proporcionar uma carga útil improvisada em testes de sistemas impulsores ou de guia. O programa espacial 'é neste momento o exemplo mais amplo do que tem ocorrido à ciência em razão da sua absorção por um estabelecimento gigantesco e em rápido crescimento', acusa David E. Lillenthal. As metas do programa não são objetivos científicos; são objetivos políticos".

O *Science Indicators*, preparado pelo National Science Board em 1977, revela que: «Em 1976, os recursos destinados à pesquisa básica, em dólares reais, foram somente de 2% superiores aos de 1975 — cerca de 3.500 milhões mais ou menos — montante igual ao de 1965 e 11% mais baixo do ponto máximo alcançado em 1968».²²

Estes fatos descrevem de maneira bastante clara a crise que afeta a pesquisa básica nos Estados Unidos desde 1968, quando se manifestou a depressão de longo prazo na economia internacional. Vemos então que, além do peso relativo dos gastos em pesquisa básica ter-se estabilizado e até mesmo diminuído, houve também uma queda no valor absoluto destes gastos (medidos em dólares constantes).

Os Quadros IV-6, 7, 8, 9 e 10 mostram de maneira bastante detalhada as tendências antes assinaladas.

Os dados que possuímos sobre os outros países não nos permitem encontrar um padrão muito definido (veja o Quadro IV-11). Temos que, nos países de menor desenvolvimento econômico, os gastos finais em desenvolvimento de produtos ou processos são bastante baixos (na Venezuela, 2,5% em 1970; 21,3% na Argentina em 1968) e aparecem porcentagens importantes de gastos em pesquisa básica, a qual reflete muitas vezes uma atividade teórica bem pouco efetiva, a ausência de uma massa crítica capaz de produzir conhecimentos novos. Desta forma, em tais países, as proporções elevadas de gastos em pesquisa fundamental não constituem reflexo de um progresso na relação entre ciência e tecnologia mas sim, pelo contrário, de uma ausência do mesmo.

Nos demais países capitalistas encontramos proporções de gastos entre os vários tipos de pesquisa bastante díspares. Desde 12,5% e 7,5% para a pesquisa fundamental na Grã-Bretanha em 1964 e 1970 respectivamente, até 19% na França em 1970, 16,7% na Suécia em 1960 e uma porcentagem próxima de 20% no Canadá, Bélgica, Itália e Espanha. Não se pode dizer pois, diante destes dados tão pouco satisfatórios, que tenha havido uma tendência clara e uma proporcionalidade ideal entre pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento nestes países.

22. National Science Board, *Science Indicators*, 1976, National Science Foundation, Washington, 1977.

O caso do Japão chama todavia a atenção. Apesar do grande esforço de adaptação das tecnologias estrangeiras que realizou este país, seus gastos em pesquisa básica são bem mais altos do que os dos demais países capitalistas desenvolvidos. Em 1967, o Japão despendia 28,1% dos seus investimentos totais em P e D na Pesquisa Básica, com esta taxa crescendo para 37,3% em 1971 e representando 34,3% em 1972. Também é interessante assinalar que no Japão as empresas destinavam 10,2% dos seus gastos em P e D na pesquisa básica em 1967, enquanto que os EUA despendia no mesmo item somente 3,9%; a Grã-Bretanha, 5%; e a França, 3%.²³ Em matéria de P e D, este comportamento do Japão pode ser explicado por três razões: em primeiro lugar, porque as empresas deste país têm concentrado os seus esforços de desenvolvimento na adaptação de produtos que incorporam tecnologia estrangeira, o que diminui a proporção dos gastos em desenvolvimento ao redor de 40% dos gastos totais em P e D (enquanto que nos EUA e na Inglaterra mais de 60% eram aplicados em desenvolvimento). Em segundo lugar, porque o Japão não precisa realizar gastos em tecnologia militar, o que também diminui consideravelmente seus investimentos em pesquisa aplicada e desenvolvimento; e em terceiro lugar, porque o Japão precisa — por razões de competitividade internacional — alcançar uma certa hegemonia em alguns setores-chave da tecnologia, o que lhe impõe a exigência de uma pesquisa básica autônoma.

Do fato de não dispormos de dados referentes à URSS e à RDA, países que alcançaram os níveis de desenvolvimento científico mais elevados do campo socialista, torna-se difícil estabelecer as tendências apresentadas nestes países da distribuição proporcional dos gastos entre os três tipos de pesquisa considerados. Os dados disponíveis no *Statistical Yearbook* da Unesco sobre a Hungria, Polônia e Tcheco-Eslováquia não apresentam um padrão definido que permita a dedução de uma tendência clara, pois descrevem grandes oscilações no tempo. Já os textos oficiais sobre política tecnológica destes países revelam essencialmente uma grande preocupação em integrar a ciência pura, a ciência aplicada e o desenvolvi-

23. Uma interessante análise comparativa do esforço tecnológico japonês face ao dos outros países capitalistas se encontra no artigo de K. Oshima "Research and Development and Economic Growth In Japan", B. R. Williams (Ed.), *Science and Technology In Economic Growth*, John Willey and Sons, Nova Iorque, 1973. Os dados utilizados neste parágrafo provêm em parte desta fonte.

mento com a atividade universitária, administrativa, o planejamento e as empresas. A submissão da planificação e do desenvolvimento tecnológico às definições científicas exige um grande desenvolvimento da pesquisa básica e aplicada. Por outro lado, a pouca ênfase dada ao ajustamento dos produtos ao mercado implica em menores gastos no seu desenvolvimento final, o que significa uma diminuição drástica na sua importância relativa. Mesmo quando diminuem os gastos de comercialização e embalagem, a expansão destas despesas continua sendo necessária, já que elas se constituem numa mediação necessária para a conversão dos novos produtos ou processos em realidade econômica.

5. Distribuição da P e D por Setores Econômicos

O nosso inventário das tendências gerais da Pesquisa e Desenvolvimento não estaria completo se não analisássemos os setores econômicos para os quais se destinam os recursos fabulosos despendidos neste item e cujos montantes gerais, tanto diretos como indiretos, foram passados em revista na seção anterior (assim como suas repartições entre as pesquisas fundamental, aplicada e de desenvolvimento).

Ao examinarmos os investimentos de P e D por setores econômicos, chamamos a atenção para a concentração que se realiza em alguns ramos associados às tecnologias mais sofisticadas. Isto pode ser constatado de imediato tomando-se os dados referentes às porcentagens dos gastos em P e D efetuados em cada indústria, relativamente às suas vendas totais.²⁴ Em 1961, os gastos em P e D da indústria de aviação e componentes representavam 24,2% do valor das suas vendas totais; na indústria de instrumentos despendiam-se 7,3% neste item; na indústria química, esta porcentagem baixou para 4,6%; na indústria de máquinas para 4,4%; na indústria de automotores e equipamentos de transporte se elevava a 2,9%. Nos outros ramos, os gastos em P e D com relação às vendas totais eram inferiores a 2,0%.

24. Os dados seguintes se encontram em Edwin Mansfield, *The Economics of Technological Change*, W. W. Norton and Co., Nova Iorque, 1968, p. 56.

Indiretamente, estes dados nos mostram o grau de concentração dos gastos em P e D em alguns setores ou ramos. No entanto, citaremos agora dados mais diretos sobre este fenômeno. Segundo a OCDE²⁵, os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento entre 1962 e 1965 se concentravam fundamentalmente nos setores dos aviões e mísseis, nos equipamentos elétricos e produtos químicos. Estes 3 setores apresentavam as seguintes porcentagens dos gastos totais em P e D (relativamente às suas vendas): 46% nos EUA, 43% na Grã-Bretanha, 39% na RFA, 33,7% na França, 33,7% no Japão, 33,6% na Suécia, 40,9% na Bélgica, 35,7% na Holanda e porcentagens mais baixas em países de menor desenvolvimento científico e tecnológico. Se levarmos em conta somente os gastos em P e D no setor industrial, estes representavam 76,1% dos gastos totais nos EUA, 67,9% na Grã-Bretanha, 72,6% na França, 65,9% na RFA, 57,6% no Japão, o que vem mostrar a grande intensidade em P e D das firmas neste setor. Nestes 2 últimos países mencionados, não há gastos importantes para a indústria de aviões e mísseis; já nos EUA, estes gastos representam 38,3% dos gastos de P e D do setor industrial deste país. Nos demais países, os gastos em P e D nos 3 setores aqui assinalados são em geral superiores em 50% aos gastos em P e D de todo o setor industrial (veja o Quadro IV-12).

Estes dados demonstram com grande evidência a concentração dos esforços de Pesquisa e Desenvolvimento em alguns ramos como alta densidade de sofisticação e inovação tecnológica. Outros dados também apóiam esta constatação; trata-se do número de cientistas e engenheiros que trabalham em tempo integral nas atividades de P e D por indústrias ou ramos. Segundo o *Guia para Ciencia y Tecnologia*²⁶, os setores de aviões e mísseis, equipamentos elétricos e de comunicação, química e similares, e o setor de máquinas, empregavam em 1971 71,4% dos cientistas e engenheiros existentes nos EUA.²⁷

25. *The OCDE Observer*, nº 33, abril, 1968.

26. *Guide to Science and Technology in USA*, Francis Hodgson Limited, Guernsey, 1973.

27. Os efeitos desta elevada concentração setorial dos gastos em pesquisa e desenvolvimento sobre o crescimento da economia norte-americana, sua capacidade de concorrência internacional e o *welfare state* constituem objeto de amplos debates neste país. A esse propósito, mencionamos as considerações de Nieburg do livro já citado, p. 105: "...No seu Informe Econômico de 1963 o presidente Kennedy havia efetuado uma avaliação mais moderada: 'As atividades de defesa, o espaço e a energia atômica do país absorvem cerca de 2/3 do pessoal qualificado disponível para explorar nossas fronteiras científicas e técnicas... Enquanto fazíamos frente a desafios específicos de forma tão brilhante — assinalou — pagamos um elevado preço em limitar em importante medida os escassos recursos científicos e de engenharia de que podiam dispor os setores civis da economia'. É provável que nenhum outro segmento importante do orçamento federal esteja tão pouco relacionado com produtos tangíveis e com a execução de

A partir da crise de 1969 ocorreram algumas mudanças importantes na repartição dos gastos em P e D entre os 4 setores mais intensivos em tecnologia. As despesas com os aviões e mísseis, que estavam na ponta, passaram ao segundo lugar em razão dos cortes nas verbas governamentais destinadas a esse ramo. Em 1964, os gastos em P e D no ramo dos aviões e mísseis alcançavam o auge de 37,5% dos gastos globais em P e D nos EUA; em 1970, esta taxa havia decrescido para 28,9%, tendo esta diminuição continuado nos anos seguintes. A porcentagem dos cientistas e engenheiros empregados neste setor, que era de 25,5% em 1957 nos EUA, cai para 21,3% em 1971.

Para completar a análise da distribuição dos gastos em P e D faz-se necessário examinar a distribuição dos gastos efetuados pelo governo. Estas despesas, que representam um alto percentual dos gastos globais em P e D, expressam os objetivos nacionais da política científico-tecnológica nos países capitalistas desenvolvidos. Para estes, dispomos de uma informação detalhada e atualizada.

A OCDE divide os gastos em P e D que são financiados pelo Estado segundo as seguintes áreas econômicas:

- «1) *Defesa Nacional*, que engloba todas as atividades de P e D diretamente relacionadas com os propósitos militares, incluindo o espaço e a energia nuclear para fins militares.
- 2) *Espaço*, que inclui todas as tarefas de P e D civis e dedicadas ao espaço, tais como os programas de navegação espacial controlada e de pesquisa científica no setor espacial.
- 3) *Desenvolvimento Econômico*, que cobre a P e D num amplo espectro de domínios, contemplando: a agricultura, a extração vegetal e mineral, manufaturas, pesca, transpor-

serviços utilitários diretos como os 16.000 milhões de dólares destinados à P e D. Se por um lado é certo que isto representa uma pequena parcela do PIB (menos de 2%), este montante constitui no entanto uma parte dominante dos investimentos da nação em inovações científicas e técnicas. Abstração feita da parcela militar, os produtos diretos deste esforço 'têm sido quase que inteiramente intangíveis, como por exemplo novos conhecimentos científicos e técnicos, conquistas humanas, orgulho e prestígio nacionais'. Segundo o Secretário Adjunto do Comércio, J. Herbert Hollomon, menos de 30 milhões de dólares são destinados à P e D na economia não militar pelo orçamento federal, em grande contraste com o comportamento de nossos concorrentes internacionais da Europa e Japão. Este fato ajuda a explicar por que nos últimos anos tantas inovações na economia civil provêm do exterior ou têm sido impostas pela concorrência estrangeira*.

te, telecomunicações (incluindo a comunicação por satélite), construção, planejamento rural e urbano, serviços públicos.

- 4) *Saúde*, que reúne a P e D em todas as ciências médicas, os serviços médicos orientados para a proteção e o desenvolvimento da saúde humana.
- 5) *Serviços Comunitários*, que incluem a P e D referente à proteção do meio ambiente, os métodos educacionais, os serviços sociais e de desenvolvimento, a prevenção de acidentes, o planejamento e as estatísticas, a recreação e a cultura, a lei e a ordem.
- 6) *Progresso do Conhecimento*, de uma natureza geral ou que atinge domínios para os quais não são atribuídos objetivos específicos. Estes avanços científicos contidos na P e D são realizados pelos conselhos científicos, institutos privados não lucrativos e universidades de um modo geral». ²⁸

Ao observarmos os dados da OCDE para esta classificação (veja o Quadro IV-13), constatamos que os EUA, o Reino Unido e a França realizam os gastos estatais de P e D mais elevados no setor militar e espacial. Isto confere aos seus gastos estatais em P e D um caráter bastante particular. Por outro lado, devemos interpretar a natureza altamente intensiva em P e D nestas áreas como uma demonstração do alto grau de concentração da P e D de um modo geral. Assim, vemos que:

- 1) Os Estados Unidos despendiam, em 1961-62, 71% dos seus recursos estatais de P e D com a defesa nacional e, ao mesmo tempo, 12% destes gastos eram destinados à pesquisa espacial; disto resultava 83% dos gastos estatais em P e D nestes dois anos. Em 1966-67, esta soma era de 81%, agora divididos em 49% para a defesa nacional e 32% para o espaço; em 1971-72 esta taxa caiu para 71%, em favor particularmente dos gastos em P e D para o desenvolvimento econômico e a saúde, como resultado da crise econômica, o fim da guerra do Vietnam, a pressão contra o militarismo e a perda do poder competitivo norte-americano no mercado internacional; esta tendência conti-

28. National Science Board, *Science Indicators*, 1976, op. cit., p. 7-8.

nuou em 1974-75: para a defesa nacional e a pesquisa espacial despenderam-se 74% dos recursos estatais em P e D.

- 2) No Reino Unido os gastos com a defesa nacional sofreram a seguinte evolução: nos anos de 1961-2, 1966-67, 1972-73 e 1974-75 estes gastos representaram 65%, 52%, 43% e 47% respectivamente dos gastos governamentais em P e D. Neste período, o setor espacial sempre registrou taxas entre 1 e 2%, com um pequeno avanço em 1966-67 (4%). Entretanto, ficou claro que a Inglaterra não poderia competir neste terreno. A taxa referente à produção energética também baixou de 15% para 6%. Os aumentos mais importantes se produziram no item desenvolvimento econômico (de 10% para 21%) e no item progresso do conhecimento (de 7% para 20%).
- 3) Na França assistimos à mesma tendência para baixo nos gastos improdutivos de defesa nacional, os quais caíram de 44% em 1961 para 30% do total em 1975. Aqui também decrescem os gastos em pesquisa energética e aumentam aqueles referentes ao desenvolvimento econômico (de 8% para 26% entre 1961 e 1975), à saúde e ao item progresso do conhecimento.

Assistimos assim a uma tendência dos governos em descentralizar os fabulosos investimentos nas áreas improdutivas como conseqüência dos graves problemas sociais que explodem no final da década dos 60, o agravamento da crise internacional e, particularmente, a luta pela participação num comércio internacional sempre mais estreito e competitivo. Todavia, os gastos com a defesa, o espaço e a pesquisa energética continuam representando mais de 50% do esforço financeiro do Estado na área da P e D.

A Alemanha e o Japão, países que vão assumindo o primeiro plano em termos de competitividade internacional, seguem evoluções bastante curiosas, que muito têm a ver com seus poderes competitivos. A Alemanha Federal aumentou os seus gastos no item progresso do conhecimento de 37% em 1961 para 51% em 1975. Da mesma forma o Japão manteve esta taxa em 56% durante o período 1961 e 1975, tendo inclusive aumentado para 63% e 61% em 1965-66 e 1969-70, respecti-

vamente. As razões deste comportamento foram resumidas anteriormente quando examinamos os gastos globais em P e D. Não nos cabe aqui pois reprisar a análise anterior.

Os dados assinalados confirmam e validam as afirmações anteriores; eles indicam uma forte concentração da P e D nos campos com alta intensidade tecnológica, particularmente o setor militar. Isto vem confirmar uma tendência que é geral no sistema capitalista: o maciço desvio dos recursos em P e D para as áreas de importância social inferior, em detrimento das necessidades básicas da população. É necessário assinalar no entanto que começa a surgir uma consciência generalizada do caráter improdutivo destes gastos, consciência que decorre da situação econômica, social e política ocasionada pela crise geral do capitalismo que se iniciou em 1967. Os dados revelam claramente que, no interior do ciclo depressivo atual, cuja intensidade, extensão e duração vão acumulando seus efeitos negativos, existe uma tendência para:

- a) o des-investimento em P e D;
- b) o des-investimento ainda maior nos setores não produtivos;
- c) a necessidade crescente de se intensificar a pesquisa básica (necessidade ressentida de maneira desigual pelos diferentes países);
- d) necessidade de P e D nos campos ligados à indústria não militar e aos setores de maior alcance social e mais vulneráveis às pressões políticas.

Analistas norte-americanos vêem nestas tendências a superação do aparelho de P e D criado pela «guerra fria», sem que se tenha ainda estabelecido uma política alternativa coerente destinada a criar um aparelho produtivo que responda às pressões sociais e políticas crescentes, ao desafio energético e à concorrência internacional.²⁹

O balanço estatístico realizado neste capítulo nos indica em resumo que a revolução científico-técnica ainda se encon-

29. "Desmantelamos nosso aparelho de pesquisa baseado na guerra fria e fracassamos em substituí-lo por um outro que fosse orientado para nossas necessidades nacionais — desenvolvimento econômico, meio ambiente, concorrência internacional e bem-estar". Discurso de abertura do Senador Lloyd M. Bentsen, presidente do Subcomitê para o Desenvolvimento Econômico do Comitê Conjunto do Congresso dos Estados Unidos, nas sessões consagradas à *Technology and Economic Growth*, U.S., G.P.O., Washington, 1976, p. 2.

tra nos seus albores e que ela afeta setores localizados das sociedades dominantes e incide muito marginalmente sobre o mundo subdesenvolvido. Também vimos que ela apresenta a tendência de crescer rapidamente, em particular no campo socialista onde ela se caracteriza por orientações distintas mas ainda não se desenvolveu radicalmente por causa do atraso relativo do qual partiram estes países com respeito ao desenvolvimento das forças produtivas e à atividade científico-tecnológica. No entanto, ficou evidente que, desde a segunda metade da década de 60, estes países tomavam o rumo de uma posição hegemônica nestes domínios. Estas mudanças os transformam em produtores de tecnologia e os colocará futuramente na vanguarda do desenvolvimento científico e tecnológico. Daí então, as motivações sociais da sociedade socialista avançada deverão se constituir no principal motor do desenvolvimento científico, provocando assim uma mudança radical no seu conteúdo e na sua orientação.

Estamos pois diante de um fenômeno recente, cujas características vêm se modificando drasticamente e deverão se modificar ainda mais substancialmente nos próximos anos.

Para se conseguir uma descrição completa das tendências básicas e da dimensão real da revolução científico-técnica no capitalismo contemporâneo, nos resta ainda uma pergunta por responder. Trata-se de saber quem realiza as atividades de P e D. Como vimos, elas vêm se transformando, cada vez mais, numa atividade institucional; por isso, analisaremos no próximo capítulo as bases institucionais da Pesquisa e Desenvolvimento no capitalismo contemporâneo.

APÊNDICE DO CAPÍTULO IV

Fonte dos dados para as construções gráficas

1. **Science Policy Studies and Documents.**

Vários países:

Nº 10 (Estados Unidos), 1968; nº 24 (França), 1971; nº 8 (Japão), 1967; nº 34 (Suécia), 1974; nº 7 (URSS), 1967.

UNESCO

Paris, França.

2. **Review of National Science Policy.**

Vários países:

(Estados Unidos), 1968; (Canadá), 1969; (URSS), 1969; (Áustria), 1971; (Japão), 1967; (Itália), 1969; (RFA), 1967.

OECD

Paris, França.

3. **The OECD Observer.**

Vários números:

Nº 30, 1967; nº 33, abril 1968; nº 62, fevereiro 1973; nº 72, outubro 1976.

4. **Statistical Yearbook.**

Vários anos:

(1968, 1970, 1972, 1973, 1974)

UNESCO

Paris, França.

5. **The Research System.**

OECD, volumes 1 e 2.

Paris, 1972.

6. **Guide to World Science.**

Vários volumes: 1, 2, 3, 4, 11, 17, 22, 23, 24.

Francis Hodgson Books Limited
Guernsey, British Isles
1975.

7. **Science Indicators 1972 e 1976.**
Report of National Science Board
National Science Foundation
Washington, U.S.A., 1973 e 1977.
8. **Guide to Science and Technology in the USA.**
Editor: Prof. David Skevington
Francis Hodgson Limited
Guernsey, British Isles, outubro, 1973.
9. **Guide to Science and Technology in the United Kingdom.**
Editor: S.E. Macreavy
Francis Hodgson Limited
Guernsey, British Isles, 1971.
10. **Industrial Research in Britain.**
Editor Conselheiro: I.D.L. Ball
Hairap Research Publications
Londres, 1968.
11. **Monographies sur le développement technologique.**
UNESCO
Paris, 1971.
12. **National Patterns of R and D Resources: 1953-1975.**
National Science Foundation
Washington, D.C.
U.S.A., 1975.

Nota: Os gráficos deste capítulo e o apêndice bibliográfico foram preparados por Luis Cervantes. As estatísticas foram elaboradas por Graciela de Caputo. A bibliografia referente às tabelas estatísticas se apoiaram basicamente nos dados do *Science Indicator* de 1977, conforme consta nas notas em pé de página.

Quadro IV-1

CIENTISTAS E ENGENHEIROS DEDICADOS À P e D
POR PAÍSES 1965-75

(Cifras em mil)

Anos	Canadá	França	Alemanha Federal	Japão	Reino Unido	EUA	URSS
1965	15.1	42.8	57.0	118.0	54.6	494.1	499.4
1966	NA	45.7	60.0	129.0	NA	521.1	558.4
1967	19.3	50.7	63.1	139.0	NA	534.4	605.6
1968	NA	53.1	68.0	158.0	43.6	550.4	651.5
1969	21.0	54.7	76.3	157.0	NA	558.2	698.9
1970	20.4	59.0	82.0	172.0	NA	549.6	746.2
1971	22.4	60.5	90.2	194.0	NA	529.8	797.8
1972	22.8	61.6	95.0	198.0	77.1	521.9	848.8
1973	23.2	60.2	101.0	227.0	NA	521.1	931.0
1974	NA	NA	102.0	238.0	NA	527.2	1.090.0
1975	NA	NA	103.0	NA	NA	530.5	1.115.0

Fonte: United Nations, **Demographic Yearbook**, 1973.

Quadro IV-2

VARIAÇÃO ANUAL DE CIENTISTAS E ENGENHEIROS
DEDICADOS À P e D POR PAÍS
1965-75

(Para cada 10.000 habitantes; 1965=100)

País	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Canadá	100.0	NA	123.4	NA	129.8	124.7
França	100.0	105.7	115.9	120.5	123.9	131.8
Alemanha Fed.	100.0	104.1	108.2	116.5	128.9	139.2
Japão	100.0	108.4	116.0	130.3	127.7	138.6
Reino Unido	100.0	NA	NA	78.2	NA	NA
EUA	100.0	104.3	106.0	107.9	108.3	105.5
URSS	100.0	110.6	119.0	126.4	134.7	142.1

País	1971	1972	1973	1974	1975
Canadá	135.1	135.1	136.4	NA	NA
França	134.0	135.2	131.8	NA	NA
Alemanha Fed.	151.5	158.8	168.0	169.1	172.2
Japão	154.6	155.5	177.3	184.0	NA
Reino Unido	NA	136.6	NA	NA	NA
EUA	100.8	98.4	97.6	98.0	97.6
URSS	151.0	158.8	172.7	200.0	202.7

Fonte: United Nations, **Demographic Yearbook**, 1973.

Quadro IV-3

CIENTISTAS E ENGENHEIROS DEDICADOS A P e D POR PAÍSES, 1965-75

(Para cada 10.000 habitantes)

Anos	Canadá	França	Alemanha Federal	Japão	Reino Unido	EUA	URSS
1965	7.7	8.8	9.7	11.9	10.1	25.4	21.6
1966	NA	9.3	10.1	12.9	NA	26.5	23.9
1967	9.5	10.2	10.5	13.8	NA	26.9	25.7
1968	NA	10.6	11.3	15.5	7.9	27.4	27.3
1969	10.0	10.9	12.5	15.2	NA	27.5	29.1
1970	9.6	11.6	13.5	16.5	NA	26.8	30.7
1971	10.4	11.8	14.7	18.4	NA	25.6	32.6
1972	10.4	11.9	15.4	18.5	13.8	25.0	34.3
1973	10.5	11.6	16.3	21.1	NA	24.8	37.3
1974	NA	NA	16.4	21.9	NA	24.9	43.2
1975	NA	NA	16.7	NA	NA	24.8	43.8

Fonte: United Nations, **Demographic Yearbook**, 1973.

Quadro IV-4

GASTOS EM P e D COMO PORCENTAGEM DO PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB), POR PAISES, 1961-76

(Cifras em porcentagens)

Anos	Canadá	França	Alemanha Federal	Japão	Reino Unido	EUA	URSS
1961	1,01	1,38	NA	NA	2,69	2,74	NA
1962	0,95	1,43	1,25	1,48	NA	2,73	2,18
1963	0,95	1,53	1,40	NA	NA	2,87	2,37
1964	1,05	1,78	1,56	NA	2,62	2,97	2,42
1965	1,17	1,99	1,72	1,55	NA	2,92	2,40
1966	1,21	2,07	1,80	1,50	2,68	2,91	2,42
1967	1,33	2,16	1,97	1,55	2,69	2,91	2,55
1968	1,33	2,12	1,95	1,51	2,65	2,84	NA
1969	1,34	1,96	2,02	1,71	2,63	2,75	2,62
1970	1,29	1,88	2,16	1,86	NA	2,65	2,79
1971	1,25	1,87	2,36	1,88	NA	2,50	2,85
1972	1,17	1,83	2,31	1,89	2,39	2,43	3,13
1973	1,11	1,73	2,22	1,92	NA	2,33	3,19
1974	1,09	NA	2,23	1,99	NA	2,29	3,13
1975*	NA	1,48	2,25	NA	NA	2,32	3,18
1976*	NA	NA	2,13	NA	NA	2,25	NA

(*) Estimativas.

Fonte: National Science Foundation, **National Patterns of R & D Resources, 1953-76.**

Quadro IV-5

EUA: PORCENTAGEM DOS GASTOS EM PESQUISA BÁSICA,
PESQUISA APLICADA E DESENVOLVIMENTO
SOBRE OS GASTOS TOTAIS EM P e D

1953		1965	
Total: 5.128 milhões de dólares		Total: 20.091 milhões de dólares	
Pesq. Básica: 8,3%		Pesq. Básica: 12,8%	
Pesq. Aplicada: 25,8%		Pesq. Aplicada: 22,2%	
Desenvolvimento: 65,9%		Desenvolvimento: 65,0%	
1955		1970	
Total: 6.182 milhões de dólares		Total: 26.047 milhões de dólares	
Pesq. Básica 8,6%		Pesq. Básica: 13,6%	
Pesq. Aplicada 24,4%		Pesq. Aplicada: 22,6%	
Desenvolvimento: 67,0%		Desenvolvimento: 63,8%	
1960		1975	
Total: 13.511 milhões de dólares		Total: 34.431 milhões de dólares	
Pesq. Básica: 8,8%		Pesq. Básica: 11,8%	
Pesq. Aplicada: 22,7%		Pesq. Aplicada: 23,2%	
Desenvolvimento: 68,5%		Desenvolvimento: 65,0%	
1977			
Total: 40.800 milhões de dólares			
Pesq. Básica: 13,0%			
Pesq. Aplicada: 22,0%			
Desenvolvimento: 66,0%			

Fonte: National Science Foundation, **National Patterns of R & D Resources, 1953-75**. Para 1977, consultamos a mesma publicação em sua edição de 1977.

Quadros IV-6 e IV-7

EUA: GASTOS NACIONAIS EM P e D POR TIPO DE TRABALHO
1960-76

(Cifras em milhões de dólares)

Quadro IV-6

Quadro IV-7

	Em dólares correntes			Em dólares Const. de 1972		
	Pesquisa Básica	Pesquisa Aplicada	Desen- volv.	Pesquisa Básica	Pesquisa Aplicada	Desen- volv.
1960	1.183	3.057	9.311	1.723	4.452	13.559
1961	1.378	3.115	9.853	1.989	4.496	14.222
1962	1.695	3.727	10.004	2.403	5.283	14.180
1963	1.974	3.825	11.294	2.757	5.343	15.776
1964	2.301	4.238	12.355	3.165	5.829	16.992
1965	2.572	4.470	13.049	3.461	6.015	17.558
1966	2.825	4.747	14.322	3.680	6.184	18.658
1967	3.029	4.968	15.208	3.833	6.287	19.246
1968	3.286	5.356	16.027	3.980	6.487	19.410
1969	3.378	5.533	16.775	3.895	6.380	19.344
1970	3.521	5.919	16.607	3.854	6.497	18.178
1971	3.515	6.076	17.154	3.661	6.328	17.865
1972	3.702	6.276	18.437	3.702	6.276	18.437
1973	3.816	6.829	19.772	3.607	6.455	18.688
1974	4.072	7.515	20.735	3.498	6.456	17.812
1975*	4.446	8.275	22.488	3.494	6.503	17.672
1976*	4.750	8.925	24.415	3.551	6.673	18.254

(*) Estimativas.

Fonte: National Science Foundation. **National Paterns of R & D Resources, 1953-76.**

Quadros IV-8 e IV-9

EUA: GASTOS NACIONAIS EM P e D, POR TIPO DE TRABALHO

IV-8: TAXAS DE CRESCIMENTO ANUAL
(SOBRE DÓLARES DE 1972) PORCENTAGENS

IV-9: ÍNDICES DE INCREMENTO ANUAL
(SOBRE DÓLARES DE 1972)

Quadro IV-8

Quadro IV-9

Anos	Pesquisa Básica	Pesquisa Aplicada	Desen- volv.	Pesquisa Básica	Pesquisa Aplicada	Desen- volv.
1960	—	—	—	100,0	100,0	100,0
1961	15,44	0,99	4,89	115,4	101,0	104,9
1962	20,81	17,5	—0,29	139,5	118,7	104,6
1963	14,73	1,14	11,26	149,4	120,0	116,4
1964	14,79	9,10	7,70	183,7	131,0	125,3
1965	9,35	3,19	3,33	200,9	135,1	129,5
1966	6,33	2,80	6,26	213,6	138,9	137,6
1967	4,16	1,66	3,15	222,5	141,2	141,9
1968	3,83	3,18	0,85	231,0	145,7	143,1
1969	—2,13	—1,64	—0,34	226,0	143,3	142,7
1970	—1,05	1,83	—6,02	223,7	145,9	134,1
1971	—5,00	—2,67	—1,72	221,5	142,1	131,8
1972	1,11	—0,82	3,20	214,9	140,9	136,0
1973	—2,57	2,85	1,36	209,3	145,0	137,8
1974	—3,02	0,01	—4,69	203,0	145,0	131,4
1975	—0,11	0,73	—0,79	202,8	146,1	130,3
1976	1,63	2,61	3,29	206,1	149,9	134,6

Fonte: Quadro IV-7

Quadro IV-10

EUA: TAXAS DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL DOS GASTOS
NACIONAIS EM P e D POR TIPO DE TRABALHO
E POR SUBPERÍODOS, 1960-76

(Cifras em porcentagens)

Período	Pesq. Básica	Pesq. Aplicada	Desenvolvimento
1960-65	14,96	6,20	5,30
1966-71	—0,10	0,46	—0,86
1972-76	—1,04	1,54	—0,25
1960-76	4,62	2,56	1,87

Calculadas sobre dólares constantes de 1972.

Fonte: Quadro IV-7.

Quadro IV-11

DISTRIBUIÇÃO DOS GASTOS TOTAIS EM P e D DECOMPOSTOS EM
PESQUISA BÁSICA, PESQUISA APLICADA E DESENVOLVIMENTO

(em porcentagens)

	1964			1967			1970			1971			1972		
	PB	PA	D	PB	PA	D	PB	PA	D	PB	PA	D	PB	PA	D
França	17,3	33,9	48,8	18,0	38,0	44,0	19,0	32,0	49,0						
G.-Bretanha	12,5	26,1	61,4				7,5	23,1	60,8						
Japão										37,3	19,1	43,6	34,3	17,7	48,0
Itália	18,6	39,9	41,5	15,4	41,8	42,8				22,1	39,9	37,9	21,0	40,8	38,2
Canadá										21,4	38,1	40,3	25,5	36,7	37,8
Suécia				16,3	21,3	76,4				16,7	19,8	63,5			
Bélgica	20,9	41,2	37,9	21,6	42,4	36,0	*32,7	41,7	25,6						
Espanha	25,4	48,1	26,5	24,6	45,4	30,0									
Hungria				22,1	42,9	35,0				15,0	32,8	52,2	13,7	32,8	53,5
Polônia										6,5	19,4	74,1	15,6	19,0	65,8
T.-Eslováq.				15,9	44,7	39,4							^b 9,2	71,0	21,1
Argentina^c				30,0	48,7	21,3									
Venezuela							37,4	60,0	5,5						

(a) Os dados para os 3 itens correspondem à fonte da UNESCO, **Statistical Yearbook**, 1973 e 1974 a 1969.

(b) Os dados, também para os 3 itens, referem-se a 1973.

(c) Dados para 1968.

Quadro IV-12

GASTOS EM P e D POR SETORES INTENSIVOS EM P e D

		EUA	GB	RFA	Fran.	Jap.	Itál.	Can.	Hol.	Bélg.	Nor.	Sué.	Áust.
P e D realizada em indústrias intensivas como % do gasto total em P e D		46,4	43,0	39,7	33,7	33,7	28,7	24,6	35,7	40,9	16,8	33,6	23,2
Indústrias intensivas	a	38,2	29,0	—	24,7	—	—	16,9	—	1,5	—	19,8	—
Gastos em P e D	b	24,8	24,5	31,3	28,6	30,3	25,7	29,1	—	20,3	22,0	24,3	18,6
como % da P e D total para as indústrias	c	13,0	14,4	34,7	19,4	27,3	28,1	23,6	—	43,8	21,8	9,9	24,0
Soma		76,1	67,9	65,9	72,6	57,6	53,8	69,6	64,4	65,6	43,3	54,0	42,6
% da atividade de cada indústria intensiva financ. pelo governo	a	90,4	84,3	—	78,3	—	—	46,1	—	—	—	69,7	—
	b	61,8	35,0	4,0	29,0	0,5	—	22,6	—	2,8	9,7	36,6	—
	c	15,9	—	—	2,8	0,1	0,3	1,9	—	3,4	4,7	2,4	—

a — aeronaves e mísseis

b — equip. elétrico

c — produtos químicos

Nota: A revista não informa o ano a que se referem os dados, porém estes se situam seguramente entre 1962-1965.

Fonte: **The OECD Observer**, nº 33, abril, 1968.

Quadro IV-12 (cont.)

	Defesa Nacional	Espaço	Produção de energia	Desenvolv. econômico	Saúde	Serviços comunitários	Avanço do conhecimento
Reino Unido	(Distribuição percentual)						
1975-76	46	2	7	20	3	2	20
EUA	(Moeda nacional corrente. Cifras em milhões)						
1961-62	7.388,5	1.225,9	755,0	339,1	500,6	99,9	113,2
1966-67	8.264,8	5.307,0	875,0	792,3	968,8	321,1	308,6
1971-72	8.584,7	2.957,6	838,0	1.322,1	1.379,8	729,2	465,4
1974-75	9.620,9	2.511,3	1.163,9	1.784,2	2.247,4	954,6	761,9
1976-77	11.987,1	2.940,3	2.067,9	2.058,5	2.351,9	1.097,1	954,7
	(Distribuição percentual)						
1961-62	71	12	7	3	5	1	1
1966-67	49	32	5	5	6	2	2
1971-72	53	18	5	8	9	5	3
1974-75	51	13	6	9	12	5	4
1976-77	51	13	9	9	10	5	4

Quadro IV-12 (cont.)

Alemanha Federal							
(Moeda nacional corrente. Cifras em milhões)							
1961	381,0	—	267,0	N.D.	N.D.	N.D.	620,8
1966	803,0	177,0	693,0	N.D.	N.D.	N.D.	1.490,7
1971	1.180,0	522,0	1.230,0	1.857,0	195,0	133,0	3.180,8
1975	1.405,0	539,9	1.342,9	1.729,5	414,6	748,7	6.470,7
1976	1.490,5	600,8	1.411,9	1.721,7	448,1	670,8	6.664,7
(Distribuição percentual)							
1961	22	—	16	N.D.	N.D.	N.D.	47
1966	19	4	16	N.D.	N.D.	N.D.	45
1971	15	6	16	13	3	2	41
1975	11	4	11	14	3	6	51
1976	12	5	11	13	3	5	51

1. Excluí os furdos universitários para os EUA.

2. Quantidade menor de 0,5%.

3. Estimativas posteriores indicam que na França os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento relacionados com a Defesa Nacional, para 1972, foram de cerca de 32% e os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento relacionados com o Espaço alcançaram 6% do total dos gastos governamentais.

N.D.: Não disponível

Nota: A soma das porcentagens pode não ser igual a 100 devido ao fato de que se excluía o item "Não Disponível" e o arredondamento das cifras.

Fonte: National Science Board, **Science Indicators**, 1978.

Quadro IV-13
DISTRIBUIÇÃO DOS GASTOS DO GOVERNO EM PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO SEGUNDO OBJETIVOS NACIONAIS SELECIONADOS
POR PAISES (1961-1977)

	Defesa nacional	Espaço	Produção de energia	Desenvolv. econômico	Saúde	Serviços comunitários	Avanço do conhecim.
França (Moeda nacional corrente. Cifras em milhões)							
1961	1.310,0	16,5	735,0	231,6	13,0	12,7	592,3
1967	3.082,0	522,8	1.723,2	1.381,0	116,1	81,0	1.758,1
1972	3.050,0	730,0	1.600,0	2.200,0	200,0	170,0	2.800,0
1975	5.000,0	942,2	1.453,0	4.329,4	680,2	328,7	4.072,2
1976	5.200,0	907,4	1.505,2	4.031,1	755,9	398,4	4.432,6
(Distribuição percentual)							
1961	44	1	25	8	(2)	(2)	20
1967	35	6	20	16	16	1	20
1972 ^a	28	7	15	20	2	2	26
1975	30	6	9	26	4	2	24
1976	30	5	9	23	4	2	26
Japão (Moeda nacional corrente. Cifras em milhões)							
1961-62	3.162,0	—	5.881,0	25.446,0	724,0	1.071,0	47.381,0
1965-66	4.495,0	141,0	4.944,0	44.898,0	3.679,0	2.818,0	103.163,0
1969-70	6.523,0	2.083,0	22.539,0	69.987,0	5.492,0	7.254,0	185.375,0
1974-75	15.809,0	37.090,0	59.409,0	161.796,0	21.424,0	18.129,0	388.700,0

Quadro IV-13 (cont.)

(Distribuição percentual)							
1961-62	4	—	7	30	1	1	56
1965-66	3	(2)	3	27	2	2	63
1969-70	2	1	8	23	2	2	61
1974-75	2	5	8	23	3	3	55
<hr/>							
Reino Unido	(Moeda nacional corrente. Cifras em milhões)						
1961-62	248,6	2,7	56,6	37,9	5,7	0,7	26,0
1966-67	260,4	21,4	65,2	70,9	13,3	2,2	58,4
1972-73	336,8	15,3	69,6	182,8	39,1	8,3	121,8
1974-75	503,1	22,5	68,6	230,6	22,6	13,1	214,9
1975-76	553,5	27,0	87,0	283,3	31,8	17,9	237,1
<hr/>							
(Distribuição percentual)							
1961-62	65	1	15	10	2	(2)	7
1966-67	52	4	13	14	3	(2)	12
1972-73	43	2	9	23	5	1	15
1974-75	47	2	6	21	2	1	20

Gráfico IV-1

NÚMERO DE CIENTISTAS E ENGENHEIROS EM TEMPO INTEGRAL EM P e D PARA CADA 10.000 HABITANTES

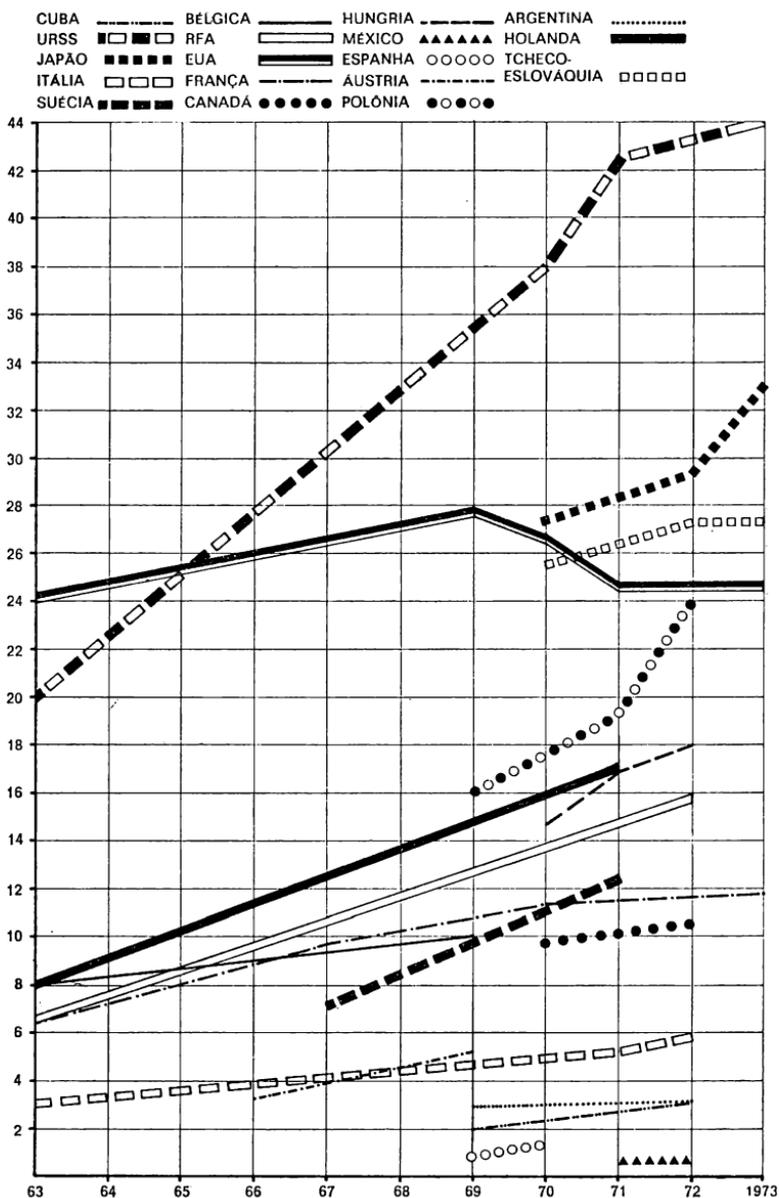


Gráfico IV-2
GASTO TOTAL EM P e D

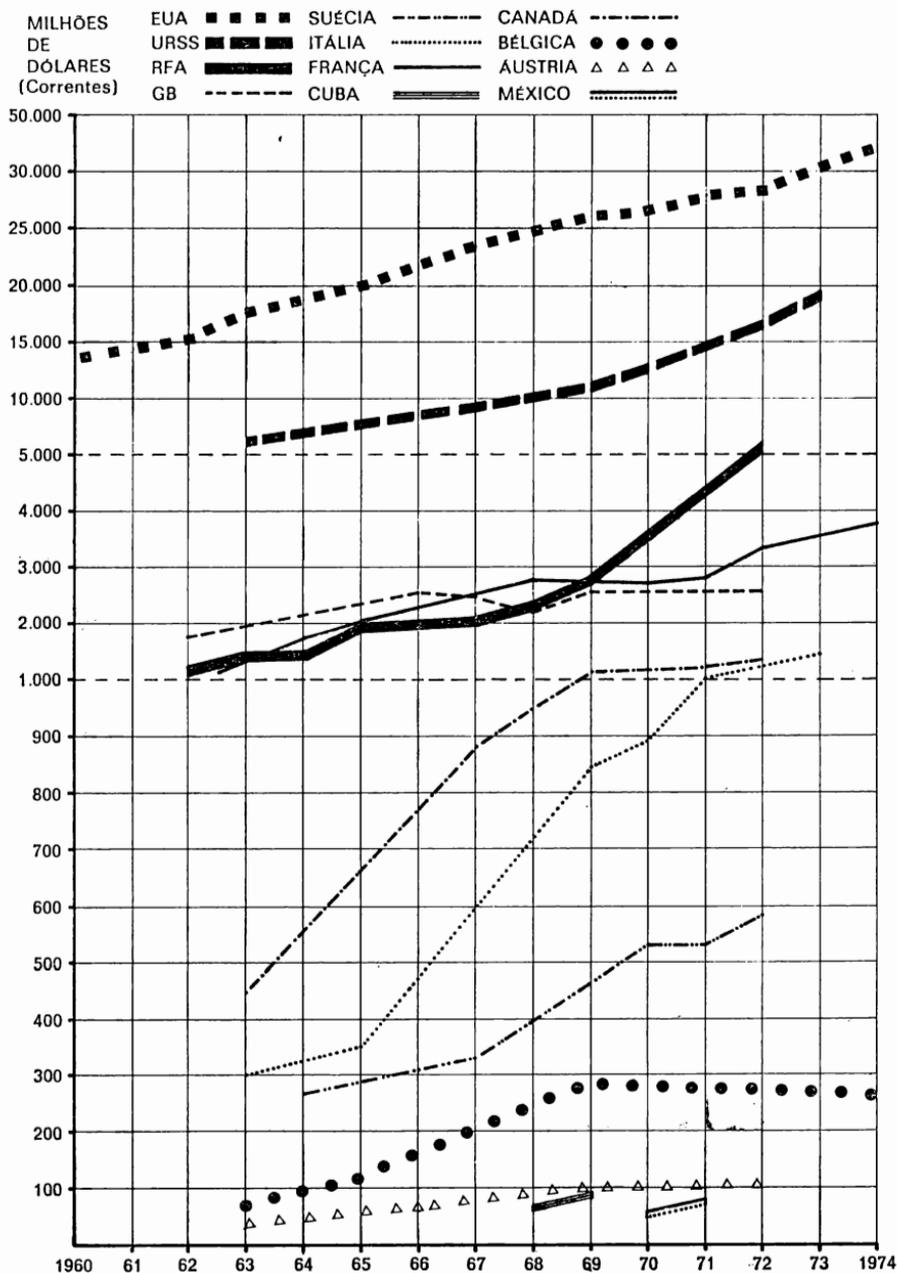


Gráfico IV-3

GASTO TOTAL EM P e D (milhões de dólares)

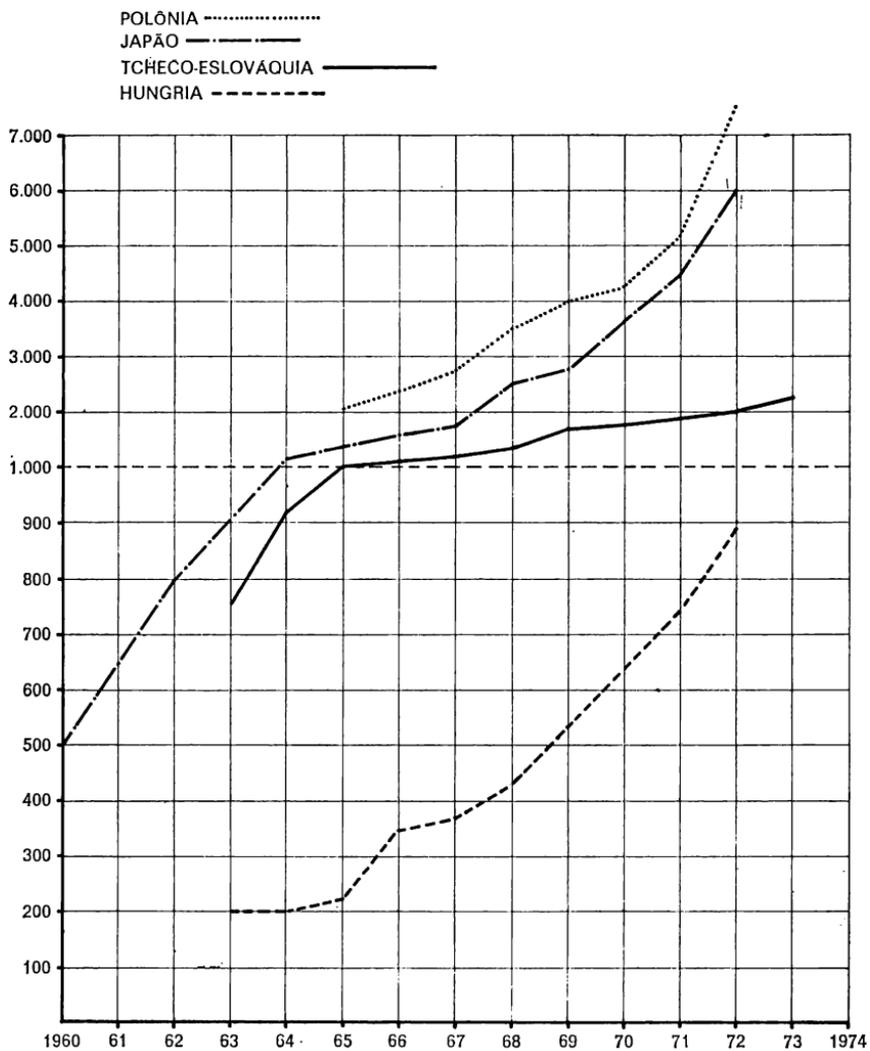


Gráfico IV-4

PORCENTAGEM DOS GASTOS DE P e D SOBRE O PNB

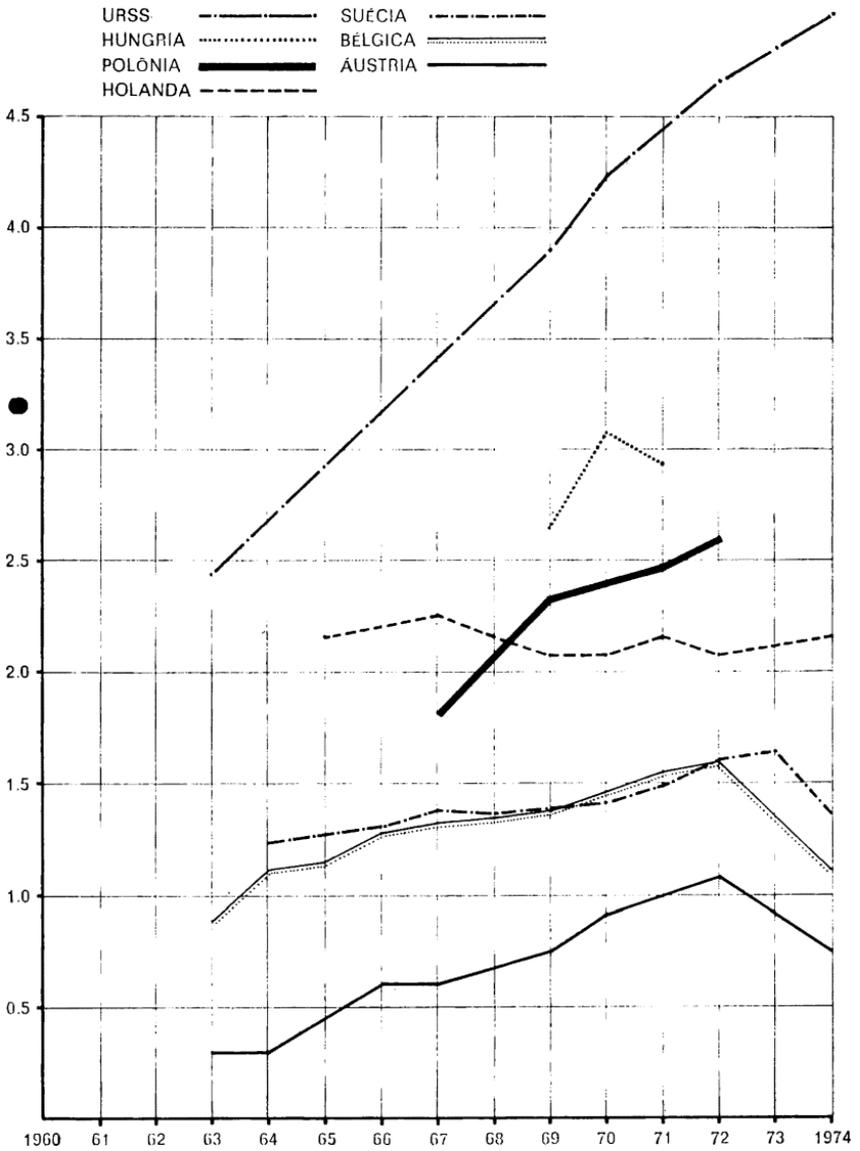
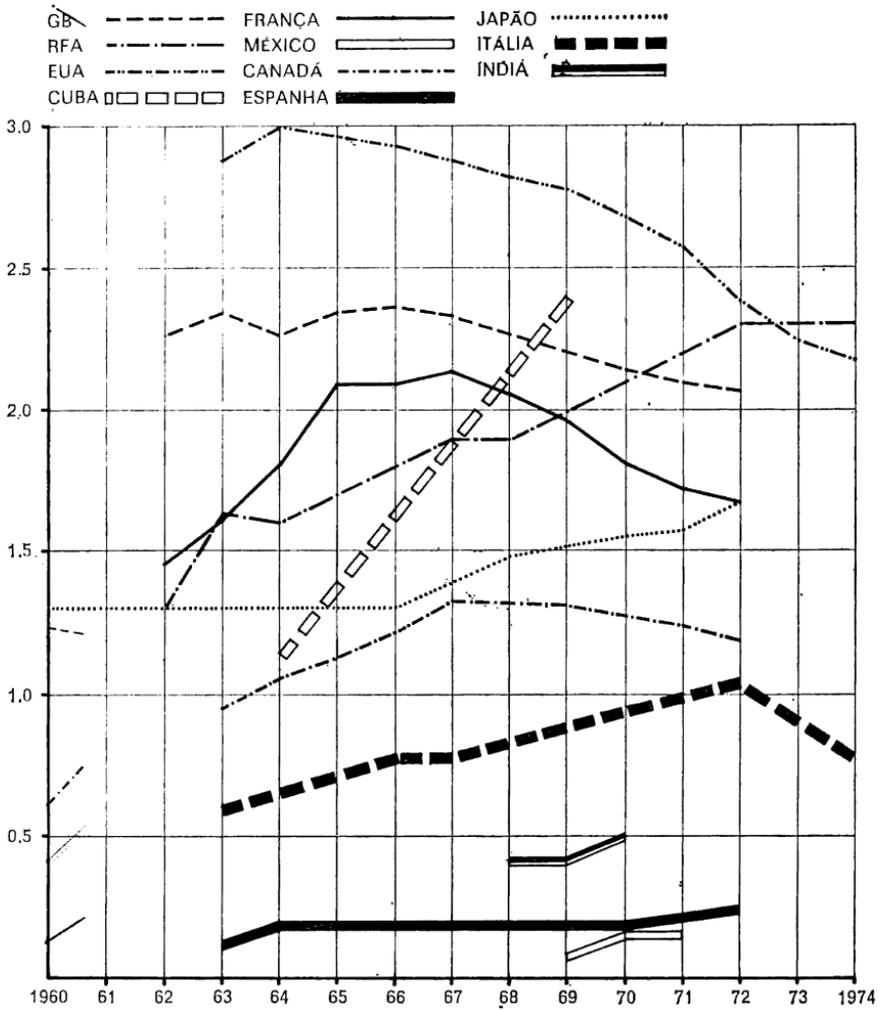


Gráfico IV-5

PORCENTAGEM DOS GASTOS DE P e D SOBRE O PNB



1974

Capítulo V

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO; MONOPÓLIO E CAPITALISMO DE ESTADO

1. Evolução da Organização Institucional da P e D

Nos capítulos anteriores pudemos constatar que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia segue uma orientação que é determinada pelas leis da acumulação capitalista. A luta pela conquista dos mercados obriga as empresas a reduzir seus custos de todas as maneiras possíveis; a principal delas será a adoção de novos processos produtivos e o desenvolvimento de novos produtos. A acumulação do capital estimula assim a utilização do conhecimento científico na base do sistema produtivo e numa direção que implica na diminuição contínua da quantidade de trabalho socialmente necessária que se incorpora em cada produto. A lógica da concorrência capitalista conduz deste modo a uma concentração tecnológica crescente, resultante da incorporação na produção dos resultados do avanço da ciência e da tecnologia. Nas últimas décadas, este processo também sofreu mudanças qualitativas: já não é mais a produção que incorpora as conquistas científicas e tecnológicas mas sim a produção ela mesma que tenderá a submeter-se radicalmente à tecnologia e esta, à ciência. Assim, a superioridade tecnológica passa a depender diretamente do controle da produção do conhecimento científico, inclusive nas suas fases mais teóricas.

Apesar de estarem concentradas somente em algumas regiões do globo, a Pesquisa e o Desenvolvimento passam a se constituir em partes essenciais do investimento capitalista. A concorrência do campo socialista, o qual alcançou recentemente sua autonomia na produção de ciência e tecnologia, atua também sobre as características e orientações dos investi-

mentos em tecnologia e pesquisa científica, através da sua atuação na área econômica, política e militar, obrigando o aparelho estatal e empresarial capitalista a um constante esforço de superação tecnológica e científica.

A elevada concentração da Pesquisa e Desenvolvimento obriga ao mesmo tempo a uma centralização, organização e planejamento dos recursos alocados, pois estas atividades passam a ser realizadas sempre com maior frequência, nos laboratórios e centros de pesquisa do Estado ou de grandes empresas capitalistas de caráter monopolista. Este grau de concentração é todavia tão alto que mesmo as grandes empresas não terão condições de assumir todos os investimentos necessários; desta forma, ampliar-se-á a intervenção estatal. Esta intervenção torna-se cada vez mais essencial, seja para subvencionar a P e D nas empresas e nas universidades, seja para realizá-la diretamente, orientar e planejar o conjunto do desenvolvimento científico e tecnológico.

O objetivo deste capítulo é o de analisar estas tendências gerais e caracterizar os seus elementos essenciais e a sua lógica de desenvolvimento.

Até o século XIX a pesquisa científica se constituiu numa atividade de pequenos grupos. Os estudos astronômicos egípcios, a Academia de Aristóteles, as organizações religiosas medievais, as universidades da época, os centros de pesquisa marítima portugueses, as Academias de Ciência burguesas, a Enciclopédia, são algumas expressões de como a atividade científica foi se organizando como atividade social relacionada com o Estado ou com os negócios. A explosão científica do século XIX significou o coroamento de um largo processo histórico de experiências científicas. Ela originou os centros de pesquisa privados, universitários, empresariais e estatais, que são formas modernas e recentes de pesquisa científica. No seu espectro mais amplo, a pesquisa visa a compreensão dos fenômenos, a aplicação desta compreensão as mudanças na realidade e à adaptação das descobertas realizadas na produção comercial, formando assim um complexo heterogêneo de atividades. A explosão científica do século XIX esteve baseada em centros de pesquisa criados por iniciativa individual, porém o surto ainda mais forte da revolução científico-técnica ocorrida na segunda metade do nosso século se apóia em

formas institucionais de pesquisa, nas quais o Estado, a empresa e a universidade desempenham o papel principal.

Existe todavia uma divisão de trabalho entre estas instituições. A *universidade* se dedica fundamentalmente à pesquisa básica, a qual se traduz em publicações colocando à disposição do público científico e especializado os resultados obtidos. Há ainda os patrocinadores destas pesquisas (o Estado, fundações privadas ou empresas), os quais poderão recolher em primeira mão e, até mesmo com exclusividade (sobretudo nos casos cobrindo segredos militares), os resultados desta atividade científica pura.

Por outro lado, os *laboratórios e centros de pesquisa autônomos ou pertencentes às empresas* se dedicam fundamentalmente à pesquisa aplicada e ao desenvolvimento de produtos e processos segundo os interesses das empresas. Esta fase da atividade científica e tecnológica, de propriedade privada, pode se cristalizar numa patente ou num 'pacote de patentes', em conhecimentos sobre certos métodos (*know how*) ou ainda incorporar-se numa máquina ou num produto a ser vendido pela firma. A atividade de P e D ocupa em nossos dias um papel cada vez mais relevante na estrutura organizacional das empresas (seus responsáveis pertencem aos conselhos de direção) e os gastos em P e D correspondem a parcelas significativas dos gastos em salário, instalações e materiais.

Os *centros de pesquisa do Estado* realizam de um modo geral tarefas de pesquisa em problemas de utilidade pública que não produzem resultados rentáveis. De qualquer forma, os seus resultados também são públicos e podem ser incorporados em novos produtos e processos se despertarem algum interesse comercial. O Estado também realiza pesquisas de mercado e assume certos custos de P e D para abrir caminho aos investimentos privados nos campos que mais exigem estudos preliminares ao investimento produtivo.

Esta divisão do trabalho entre as distintas instituições que compõem a infra-estrutura da P e D contemporânea obriga porém à coordenação, sistematização e planificação, em quase todas as suas fases, de uma atividade assim tão ampla e complexa.

O caráter sempre mais complexo e concentrado da Pesquisa e Desenvolvimento obriga inclusive o planejamento do processo inventivo, que no passado era considerado como uma atividade tipicamente subjetiva e individual.

Todavia, o planejamento será bem mais necessário e de fácil execução no caso da conversão de uma invenção (processo ou produto) numa inovação, isto é, na incorporação ao processo produtivo desta invenção. O período de tempo entre a descoberta do novo produto ou processo e a inovação vem sendo reduzido à medida que avançam as forças produtivas e com o caráter sempre mais sistemático e planejado da P e D.

Não obstante, é preciso assinalar que as leis econômicas que determinam a invenção e a inovação são diferentes.

A primeira pode ser o fruto de uma atividade acidental não muito bem definida; ela pode também não requerer investimentos significativos. Esta característica aleatória e subjetiva da invenção vem se enfraquecendo sempre mais com caráter altamente dependente do conhecimento científico assumido pela pesquisa em nossos dias.

Porém, o que não deixa dúvidas é o caráter claramente econômico da inovação. A adoção de uma nova tecnologia ou de um novo produto somente tem lugar com base num cálculo econômico determinado pelas condições do mercado e da concorrência, do financiamento e, sobretudo, pela taxa de lucros que ela proporciona ao agente inovador.

Conseqüentemente, cabe-nos analisar as relações entre o processo de produção científica, a invenção, a inovação e a estrutura do mercado e das unidades produtoras capitalistas. A questão da adoção de uma nova tecnologia ou de um novo produto depende, portanto, do grau de controle da produção desta tecnologia, que está à disposição das empresas e da sua conversão num fato econômico.

2. Monopólio, grande empresa, Pesquisa e Desenvolvimento

Apesar das condições técnicas superiores que aumentam a eficiência da relação entre o aparelho de pesquisa e o apare-

lho produtivo, nem sempre são alcançados os resultados econômicos esperados. A dominação monopolista exercida pela grande empresa sobre a pesquisa e o mercado lhe permite incorporar as novas invenções no processo produtivo segundo princípios decorrentes do cálculo econômico.

Estes princípios não favorecem, de um modo geral, a adoção de tecnologias que incluem efeitos revolucionários sobre o aparelho produtivo existente e que supõem fortes inversões em recursos financeiros que acabam desvalorizando o capital já em uso e cujo retorno ainda não tem sido obtido pela empresa. Na falta de uma pressão da concorrência que obrigue a introdução destas modificações tecnológicas revolucionárias, a empresa poderá retardar a sua aplicação, não por razões técnicas mas sim por razões econômicas. Desta forma, a inovação, assim como a sua difusão, somente terão lugar quando estiverem asseguradas as condições necessárias para o aumento dos lucros da empresa.

Na falta de pressões coercitivas da concorrência, estas condições se resumem basicamente na desvalorização do capital investido e/ou a garantia de uma crescente expansão do mercado que compense os custos de introdução das mudanças tecnológicas. Por fim, é preciso ainda levar em conta as condições de liquidez ou a capacidade de crédito da empresa, as quais serão necessárias para assegurar os investimentos em capital fixo e circulante implicados em toda inovação radical, uma vez que esta modifica substancialmente os padrões tecnológicos existentes.

Por outro lado, mesmo quando as grandes empresas exercem um domínio suficiente para obstaculizar a entrada de outras empresas no mercado, isto não significará que elas possam então controlar totalmente as tendências deste mercado, como sublinha Gilpin:

«A incerteza do mercado se constitui num problema ainda maior do que a incerteza tecnológica (determinada por fatores técnicos na conversão de uma invenção em inovação). Contrariamente ao argumento de Galbraith segundo o qual as grandes corporações oligopolistas podem criar o mercado para os novos produtos, a demanda do mercado continua sendo de difícil determinação, apesar das análises elaboradas sobre o consumo e a publicidade, exceto em algumas áreas como o consumo

militar, os bens de capital e os produtos intermediários. As projeções de mercado em geral têm se revelado pouco precisas. A tendência dominante sempre foi para o otimismo. De que outro modo seria possível vender inovações arriscadas aos conselhos de direção, a um órgão de financiamento do governo ou a um Comitê do Congresso?»¹

As incertezas tecnológicas e econômicas de uma certa maneira conspiram contra as inovações tecnológicas e as pesquisas de caráter mais revolucionário. Gilpin prossegue nesse argumento afirmando:

«Como conseqüência do alto grau de incerteza que circunda a inovação, as firmas industriais não se sentem estimuladas a empreender aquelas inovações de caráter mais radical. Muito pelo contrário, elas preferirão concentrar os seus recursos de P e D em inovações de caráter defensivo, imitar outras inovações, diferenciar produtos e inovar processos (porém, somente em casos que não revolucionem muito radicalmente a capacidade instalada)».²

Neste comportamento conservador, Gilpin vê inclusive uma das origens da exportação do capital: «Esta natureza conservadora das firmas com relação ao desenvolvimento de novos produtos tem sido também um fator da expansão das corporações norte-americanas para o exterior. Expandir a produção de antigos produtos no mercado externo ao invés de introduzir inovações de produto no mercado interno tem sido o caminho mais seguro para as firmas».³

O engenheiro-chefe de Pesquisas do Instituto de Tecnologia Aplicada do National Bureau of Standards dos Estados Unidos Jacob Ravinow foi ainda mais explícito em afirmar a debilidade da tendência inovadora das grandes empresas. Depois de citar o extensivo recenseamento de P e D nas empresas, realizado por McGraw-Hill Economics Department em 1973 e que constatava a resistência do mundo dos negócios em aumentar os seus gastos em P e D e a sua tendência em aplicar a maior parte destes recursos não na busca de novos produtos

1. Robert Gilpin, *Technology, Economic Growth and International Competitiveness*, Report to the Subcommittee on Economic Growth of the Joint Economic Committee, Congress of the U.S., Washington, 1975, p. 40.

2. Gilpin, *op. cit.*, p. 40.

3. Esta conclusão é encontrada no trabalho já citado de Gilpin, mas está apoiada em estudo anterior: *The Multinational Corporation and the National Interest*, Report Prepared for the Committee on Labor and Public Welfare, U.S. Senate, Washington, 1973.

mas sim na «melhoria» daqueles existentes, Ravinow assinala: «Depois da Segunda Guerra Mundial, muitas das nossas firmas industriais deram ênfase à P e D. Alguns recursos foram gastos com P e D em planejamento mas sem uma idéia clara sobre os resultados esperados, ou sobre a qualidade do pessoal técnico que deveria realizá-la». A P e D é um «negócio bastante arriscado», afirma ele, e isto faz com que se evitem os gastos de longo prazo e as pesquisas básicas, sem as quais «não haverá nada para desenvolver e os engenheiros não terão nada para administrar». Continua afirmando que «muitos dos investimentos dos anos 1950 e 1960 não foram recuperados» e finalmente lança um apelo ao Estado para a necessidade de um apoio ao capital privado no incentivo à P e D.⁴

Este tipo de raciocínio é repetido indefinidamente em várias declarações, informes e documentos escritos sobre o tema nos últimos anos, em consequência da crise que afeta a P e D nos Estados Unidos. Aliás, esta crise nada mais faz do que revelar claramente a contradição inerente ao capitalismo entre a necessidade de incorporação à produção dos resultados do conhecimento científico (por razões de competitividade) e a natureza da pesquisa científica dentro do capitalismo, a qual dificulta um apoio capitalista direto pelo seu caráter não diretamente remunerativo. Segue daí a crescente necessidade de que o Estado assuma esta tarefa, entregando ao capital os meios para converter a P e D em base para a sua expansão sem os riscos financeiros que estão implicados.

Pode-se compreender aqui a importância da subvenção estatal para cobrir os custos da P e D e o papel que desempenha a existência de um consumo estatal definido que servirá de garantia para as atividades da P e D.

Na falta de um incentivo estatal e em consequência disto, as empresas monopolistas muito provavelmente se omitirão em converter as novas potencialidades tecnológicas criadas em inovações, até que estas lhes sejam convenientes, retardando assim o progresso técnico. Desta maneira, o processo de inovação e difusão de novos processos e produtos, particularmente os mais revolucionários, sofre um atraso, com o

4. Testemunho junto às Audiências sobre a *Tecnologia e o Crescimento Econômico*, realizadas pelo Subcommittee on Economic Growth of the Joint Economic Committee, Congress of the U.S., Washington, 1976, p. 48s.

ritmo do aperfeiçoamento tecnológico inferior às potencialidades geradas pela organização crescente do aparelho científico. Aparece aqui, numa forma superior, a contradição existente entre a socialização das forças produtivas (organização, institucionalização e crescente planejamento da pesquisa e do desenvolvimento) e as relações de produção baseadas na apropriação privada dos meios de produção (o comportamento monopolista, os limites impostos à intervenção do Estado, os limites do mercado, etc.).

Assim, a preservação de relações capitalistas de produção na etapa da revolução científico-técnica restringe o avanço e os efeitos desta de duas maneiras: uma, limitando os processos de socialização e planejamento da pesquisa científica ao submetê-los aos interesses privados de empresas e grupos econômicos; a outra, restringindo a incorporação na produção dos avanços científicos já realizados, ajustando-os aos estreitos interesses das empresas monopolistas.

Num próximo livro, analisaremos mais em detalhe a relação entre o comportamento monopolista e o crescimento econômico. Nesta etapa de nosso raciocínio, se faz necessário um outro estudo preliminar. Trata-se de saber até que ponto a atividade de produção de conhecimentos é ela mesma controlada pelas grandes empresas. Como vimos, a capacidade de subjugar o processo de produção de conhecimentos converteu-se numa necessidade para os monopólios, na medida precisamente em que se estabelecem claramente as dependências da produção à tecnologia e, desta, à ciência. Para o desenvolvimento de certos produtos ou ainda para conhecer as orientações possíveis do desenvolvimento tecnológico, será necessário um contato direto e atualizado com o desenvolvimento da pesquisa científica mais adiantada.⁵ Por esta razão, a estratégia de controle do mercado e das inovações realizadas pelas empresas deve incluir uma política sistemática de monopolização da P e D.

5. As pesquisas visando explicar o êxito das estratégias de pesquisa e desenvolvimento revelam uma alta correlação entre os resultados favoráveis e o relacionamento com os centros de pesquisa e, por outro lado, da direção das empresas com as comunidades científicas e tecnológicas em áreas especializadas. Segundo uma pesquisa realizada pela Universidade de Sussex nos setores da química e dos instrumentos, de todas as firmas entrevistadas que declararam efetuar este tipo de contato, 18 delas obtiveram um maior número de resultados favoráveis, 15 obtiveram um número idêntico de resultados favoráveis e desfavoráveis, e somente uma firma colheu um número mais elevado de resultados desfavoráveis. Veja Christopher Freeman, *The Economics of Industrial Innovation*, Penguin Books, Londres, 1974, Tabela 22, Parte II.

Que nos dizem os dados referentes ao processo de produção de conhecimentos efetuado pelas empresas?

Em primeiro lugar, será necessário assinalar que a maior parte da pesquisa aplicada e do desenvolvimento é realizada pelas empresas privadas, mesmo quando o seu financiamento — como veremos na próxima seção — é em boa parte proveniente do Estado. Segue-se daí que a apreciação do processo de monopolização da P e D requer que se considerem os gastos globais em P e D efetuados pelas principais empresas.

Segundo estudos da OCDE, os programas de P e D se concentram fortemente em algumas firmas, conforme atesta o Quadro V-1. Na maioria dos países analisados, constata-se que os 100 maiores programas de P e D cobrem mais de 80% dos gastos globais; também não passam de 300 as firmas que efetuam mais de 90% dos gastos globais em P e D.

Os dados mostram também que, de fato, são cerca de 20 as firmas que realizam, nos países capitalistas mais importantes, 50% das despesas em P e D: Estados Unidos (57%), GB (47,2%), França (47,7%). Fica claro também que os 4 maiores programas de P e D incluem entre 20% e 64% dos gastos totais em P e D nos diferentes países.

Estas cifras nos indicam que o grosso da atividade de P e D se realiza, de maneira bastante concentrada, num pequeno número de firmas. Caberia todavia a pergunta: São as grandes empresas que realizam os programas de P e D mais importantes? A resposta a esta pergunta dependerá dos setores com maior intensidade em P e D (por nível de capital ou de vendas), isto é, daqueles onde se concentram as maiores empresas. Existem por exemplo certos ramos tradicionais altamente monopolizados e onde a P e D tem perdido muito da sua importância. O caso mais típico é o do aço, um setor de grandes inovações no final do século passado e que hoje em dia quase não demanda novas pesquisas e desenvolvimento.⁶

Porém, se por um lado é verdade que não são sempre as grandes empresas que realizam os maiores programas em P e

6. A indústria do aço apresenta uma relação entre os gastos em P e D efetuados pelas empresas (excluindo-se os gastos estatais, quase inexistentes neste ramo) com relação às vendas totais da ordem de 0,6%. Comparativamente, a indústria elétrica e eletrônica apresenta uma percentagem de 3,0%, a aeroespacial de 3,2%, a de medicamentos de 4,7% e a de Instrumentos de 5,4%. Veja "Where Private Industry Puts its Research Money", *Business Week*, 28 de Julho de 1976, p. 62s.

D, por outro também é verdade que os grandes programas de P e D são essencialmente atividades de grandes empresas situadas em setores de maior intensidade e dinamismo tecnológico. Por exemplo, nos EUA de 1970, as empresas de mais de 10.000 empregados efetuavam 14.800 milhões de dólares em gastos com P e D, enquanto que as de 5.000 e menos de 10.000 empregados despendiam 1.072 milhões; as de 1.000 a menos de 5.000 empregados despendiam 1.091 milhões e finalmente as de menos de 1.000 empregados, 799 milhões sobre um total de 17.857 milhões de dólares investidos em P e D.⁷

Para outros países, os dados disponíveis mostram situações similares. Apesar da tendência geral para a existência de uma maior concentração em capital e em vendas do que em P e D, pelas razões assinaladas anteriormente, a atividade de P e D se concentra e se monopoliza em algumas empresas de mais de 10.000 empregados, as quais se localizam nos setores econômicos de maior dinamismo.

Os estudos pretendendo identificar a intensidade em P e D com a estrutura concorrencial do mercado (oligopólica ou monopolista) têm se mostrado, de uma maneira geral, estatisticamente irrelevantes.⁸ Isto parece ser evidente logo à primeira vista, pois a maior ou menor intensidade em gastos de P e D não depende somente de fatores econômicos, mas fundamentalmente do desenvolvimento científico alcançado em determinadas áreas do conhecimento científico e que seja aplicável em alguns ramos da produção. Torna-se pois natural que não sejam necessariamente as grandes empresas aquelas que, de uma maneira geral, realizam os maiores gastos em P e D. O que ocorre obviamente é que os investimentos mais importantes neste item são efetivamente realizados pelos ramos com maior intensidade em P e D.

Esta afirmação pode ser comprovada examinando-se os dados provenientes da National Science Foundation e do Departamento de Comércio dos Estados Unidos em 1965. Estes dados representam a porcentagem dos fundos totais despendidos em P e D pelas 4 maiores empresas por ramos econômicos distintos. Assim é que, mesmo quando a porcentagem média, para

7. Dados da National Science Foundation, 1972: reelaborados por Freeman, op. cit., tabela 24, p. 201.

8. Estes estudos foram resumidos por Freeman, op. cit., sobretudo na página 204.

todas as indústrias, atinge os 24%, encontramos situações excepcionais tanto em alguns setores de maior intensidade em P e D como também em outros mais fortemente monopolizados. Nos diferentes setores, os 4 maiores programas de P e D representavam: 91% do total no ramo dos veículos a motor e equipamentos de transportes; 80% no ramo dos equipamentos elétricos; 58% no total na química industrial; 58% no ramo dos instrumentos científicos e profissionais; 55% nos equipamentos eletrônicos de comunicação; 72% nos equipamentos cirúrgicos, equipamentos de fotografia e outros; 59% no setor dos metais ferrosos primários; 53% no refinamento e extração de petróleo; 71% nos produtos de borracha e 53% no setor da maquinaria, etc.⁹

Os dados são pois concludentes e demonstram que, dentro da estrutura geral da P e D, prevalece a sua concentração em algumas empresas as quais tendem a ser, ao mesmo tempo, as mais importantes de cada ramo. Fica claro também que não são as maiores empresas nacionais — relativamente ao número de empregados, nível de capital e vendas — as que realizam os maiores programas de P e D. Isto dependerá da intensidade em P e D existente nos setores onde operam estas empresas e de outros fatores ligados à estrutura do mercado.

Vimos no entanto que os gastos em P e D implicam em pesados riscos e supõem uma concentração elevada do capital sem retornos imediatos. Vimos também que as empresas, em consequência disso, procuram obter o apoio estatal com o objetivo de diminuir os riscos e aumentar os lucros que possam obter dos seus investimentos em P e D. Deste modo, será preciso então analisar o papel do Estado na atividade global de P e D assim como o da universidade e de outras instituições não comerciais que se articulam com a empresa privada dentro de um complexo esquema de funcionamento, esquema no qual a empresa não pode atuar independentemente de outras fontes de financiamento e de realização da P e D.

9. Dados apresentados por *Science Policy Studies and Documents*, nº 10, UNESCO, Paris, Anexo II.

3. A Pesquisa e o Desenvolvimento, o Estado, a universidade e a empresa

No tocante ao processo de organização da produção científica devemos sublinhar os papéis relativos desempenhados pelo Estado, pela universidade e pela empresa capitalista nesta atividade.

Atendendo ao Quadro V-2, elaborado com dados da OCDE, constatamos que, em 1963 e 1964, o governo federal financiava uma parte substancial da Pesquisa e Desenvolvimento em todos os países capitalistas; esta participação era porém tanto mais significativa quanto mais importante aparentava ser esta atividade em cada país. Os governos francês e norte-americano financiavam cerca de 64% da Pesquisa e Desenvolvimento em 1963 e 1964, respectivamente; em seguida apareciam o Canadá com 55% e o Reino Unido com 54%. Um caso a destacar é o do Japão, que apesar da importância dos seus gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (1,4% do Produto Interno Bruto em 1962), tinha somente 28% destas despesas financiadas pelo Estado. Também a Alemanha Federal, que dedicava 1,4% do seu Produto Nacional Bruto à Pesquisa e Desenvolvimento, em 1964, apresentava um financiamento estatal relativamente menos importante que o dos demais países capitalistas desenvolvidos (41%). Talvez isto possa ser explicado pela fraca importância da pesquisa especial e militar no Japão e na Alemanha, cujas forças armadas sofreram pesadas restrições em razão das suas derrotas militares na Segunda Guerra Mundial. Para se ter uma idéia da importância dos gastos militares e espaciais dentro do total dos financiamentos estatais, notemos que, nestes mesmos anos, os Estados Unidos despenderam 58% dos seus recursos estatais de Pesquisa e Desenvolvimento nas áreas da defesa, da energia nuclear e do espaço, contra 37% na Inglaterra, 44% na França, 27% no Canadá, 54% na Noruega e somente 19% na Alemanha. Esta propensão ao gasto em atividades militares já foi analisada no Capítulo IV.

A esse nível cabe a pergunta: Quem executa a Pesquisa e Desenvolvimento financiados assim tão generosamente pelo Estado? Segundo dados do Quadro V-2 já mencionado, cons-

tatamos que os recursos do Estado não são destinados para a sua própria atividade de Pesquisa e Desenvolvimento mas sim para estas atividades realizadas em empresas privadas (mais especificamente, nas grandes empresas as quais — como vimos — efetivam o grosso das atividades de P e D).¹⁰

Ao analisarmos os gastos totais em P e D segundo as instituições executantes, vemos então que a importância relativa do governo e das empresas se inverte. Estas operavam, em 1963 e 1964, 67% dos gastos totais nos EUA, 51% na França, 66% na Alemanha, 65% no Japão, 67% na Grã-Bretanha e 41% no Canadá, etc. Só nos países capitalistas de menor desenvolvimento (como Grécia, Portugal e Espanha) é que o Estado acaba assumindo diretamente os encargos da Pesquisa e Desenvolvimento que as empresas mesmas não conseguem suportar em virtude de suas debilidades econômicas e dependências tecnológicas.

Estamos aqui diante de uma manifestação importante do capitalismo monopolista de Estado. Do mesmo modo que em outros aspectos da vida econômica, no campo científico e tecnológico — que representa o núcleo do processo de acumulação capitalista atual — as despesas estatais, isto é, a expressão mais elevada da centralização dos recursos nacionais, convertem-se em elementos essenciais, em partes constitutivas desta faceta da acumulação. A necessidade da intervenção estatal explica-se pelo grau de concentração e centralização dos investimentos e recursos financeiros necessários para a P e D, os quais na fase atual da revolução científico-técnica reduzem os níveis de concentração e centralização atingidos

10. As 10 maiores empresas contratantes do Pentágono eram em 1975: Boeing, que recebia 783 milhões de dólares em subsídios fiscais para a P e D, e destinava somente 188 milhões de fundos próprios para este fim; Lockheed, que recebia 482 milhões e destinava somente 52,8 milhões de fundos próprios; a Rockwell International, que recebia para P e D 402 milhões de dólares e destinava 31 milhões de fundos próprios. Se considerarmos o fato de que as vendas da Boeing montavam a 3.719 milhões de dólares neste ano, que as de Lockheed somavam 3.387 milhões, as da Rockwell 4.943 milhões, poderemos então entender o quanto dependem estas empresas do financiamento do Estado para suas P e D e o grau de dependência destas sendo o Estado um de seus maiores clientes. Estas empresas exemplificam assim o caso das empresas contratantes, cuja existência depende essencialmente da subvenção e do mercado estatal. E é precisamente do usufruto desta situação privilegiada que elas obtêm seus altos ganhos. Mas continuemos: seguem-se a General Electric, que recebia 315 milhões de dólares para a P e D e contribuía com 357 milhões dos seus fundos próprios; a McDonnell Douglas, que recebia 284 milhões e contribuía com 132,2 milhões dos seus; a United Technologies, que recebia 251 milhões e desembolsava 523,7 milhões; a Raytheon, que recebia 181 milhões e desembolsava 42,3 milhões; a Hughes Aircraft, que se beneficiava de 178 milhões (não dispomos de dados referentes a seu autofinanciamento); a General Dynamics, que recebia 175 milhões e desembolsava 20,9 milhões; e por fim a RCA que se beneficiava com 132 milhões de subsídios e desembolsava 113,6 milhões dos seus recursos próprios em P e D. Dados obtidos do artigo citado da *Business Week*: "Where Private Industries Puts its Research Money".

pelo capital corporativo, grupos econômicos ou associações mais amplas de capital privado; estes finalmente não conseguem reunir por conta própria os recursos suficientes para financiar a P e D. Por outro lado, os investimentos em P e D, como vimos, implicam em riscos e custos não retribuídos, sobre os quais a empresa não quer assumir a responsabilidade e que por isso deverão ser assumidos por um órgão coletivo que não tenha fins lucrativos, como o Estado.

Desta forma torna-se necessário o estabelecimento de políticas de P e D gerais que possam ultrapassar os limites de ação e planejamento atingidos pelo setor privado. O Estado atua assim como um «capitalista global». Isto é, age como síntese de interesses capitalistas nacionais e internacionais.

Poderemos constatar mais detalhadamente a tese exposta ao examinarmos os dados dos serviços estatísticos do governo norte-americano, particularmente da Fundação Nacional da Ciência. Dada a indiscutível liderança internacional dos Estados Unidos no campo científico e tecnológico, será preciso nos determos cuidadosamente sobre os dados assinalados para obtermos uma visão mais profunda das funções desempenhadas pelo Estado, o capital corporativo e as universidades no processo global da Pesquisa e Desenvolvimento. Segundo os Quadros V-3 e V-4, entre as fontes de financiamento da Pesquisa e Desenvolvimento no seu conjunto, o Estado ocupava em 1976 o primeiro lugar, financiando 52,8% dos recursos empregados. Em seguida, as empresas financiavam 43,5% dos gastos totais. Finalmente, acusando uma porcentagem bastante inferior, a universidade financiava 2,1% e as outras instituições sem fins lucrativos 1,6%. No entanto, a porcentagem do financiamento estatal é bastante inferior àquela realizada no passado, tendo em vista a contenção dos gastos em P e D ocasionada pela crise fiscal e econômica que se abate sobre o capitalismo desde 1969. No mesmo Quadro V-4, vemos que a participação estatal era de 64,6% em 1960 e atinge o seu auge em 1964 com 66,5%. A partir de então, verifica-se uma queda contínua da porcentagem do financiamento estatal nos gastos norte-americanos totais em P e D. Esta tendência aparece ainda mais claramente se examinarmos os Quadros V-5 e V-6.

Apesar do Estado ser o principal responsável pelo financiamento da P e D, os dados disponíveis revelam fatos bastante

diferentes quando analisadas as instituições que recebem estes financiamentos e realizam a P e D (veja-se os Quadros V-7, V-8, V-9 e V-10).

Em 1976, o governo federal consumiu com suas próprias pesquisas somente 14,7% dos recursos totais aplicados em Pesquisa e Desenvolvimento. A empresa privada, com seus laboratórios e centros de pesquisa foi beneficiada com 69,6% dos gastos totais em Pesquisa e Desenvolvimento, tendo financiado somente 43,5% das mesmas. As corporações privadas receberam assim subsídios estatais superiores aos gastos estatais em pesquisa e bem mais elevados que os recursos destinados à universidade com o mesmo fim.

As universidades se beneficiaram com recursos para pesquisa provenientes sobretudo de fundos estatais. Elas absorveram cerca de 16% dos gastos estatais e realizaram 9,6% da Pesquisa e Desenvolvimento totais.

Os centros de Pesquisa e Desenvolvimento subvencionados pelo Governo Federal (FFRD) são constituídos por centros de pesquisa básica ou aplicada administrados por universidades ou consórcios de instituições não lucrativas e, de um modo geral, se vinculam estreitamente com o Pentágono (veja Seymour Melman, *op. cit.*, p. 261). Em 1976, estes centros realizaram 2,8% de toda a P e D, porcentagem que vem se mantendo mais ou menos constante desde 1960.

Por fim, outras instituições sem fins lucrativos realizaram 3,3% da Pesquisa e Desenvolvimento.

O interessante é observar por que as empresas privadas financiavam em 1976 as pesquisas universitárias com 100 milhões de dólares e as instituições sem fins lucrativos com 125 milhões. Desde logo, assinalemos o caráter reprodutivo desta generosidade aparente. Quando uma empresa se compromete a financiar pesquisas junto a uma universidade ou a uma instituição não lucrativa, ela exige em contrapartida fundos financeiros (instalações, salários, etc.) de valor bem superior àquele dos fundos doados por ela. Por outro lado, a empresa se assegurará ainda da propriedade e do usufruto dos resultados obtidos nas pesquisas. Desta maneira e ao contrário do que a aparência normalmente sugere, o financiamento por empresas privadas de pesquisas efetuadas por organismos de in-

teresse público não se constitui em fonte de reversão de fundos privados para o setor público mas sim numa dotação ainda maior de recursos públicos para o setor privado.¹¹

De que consistem estes investimentos estatais tão maciços em Pesquisa e Desenvolvimento? No que se refere a financiamento de laboratórios privados, estes se dirigem fundamentalmente ao setor militar, espacial e nuclear, como assinalamos no capítulo anterior. As pesquisas diretamente estatais se orientam sobretudo para os problemas de saúde e bem-estar social.

Os dados globais referentes aos Estados Unidos revelam que os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento com a defesa e o espaço representaram 49% do total em 1953, com esta porcentagem subindo até 56,6% em 1959 e diminuindo progressivamente para um valor estimado de 36,0% em 1975 em virtude da crise fiscal que se abate sobre o Estado norte-americano. Dentro deste contexto, as pesquisas para a defesa representavam 18,2% e as espaciais somente 0,8%. Os recursos destinados a esta última cresceram rapidamente na década de 60, atingindo 20,7% do total dos gastos em Pesquisa e Desenvolvimento em 1965. Daí em diante, esta porcentagem baixa progressivamente até atingir um valor estimado de 8,3% em 1975.

Por outro lado, a P e D não relacionada com a defesa e o espaço representava 51% dos gastos totais em Pesquisa e Desenvolvimento nos Estados Unidos, valor que baixou para 43% em 1959 e tornou a aumentar gradualmente até um nível estimado de 64,9% em 1975. É interessante assinalar as diferenças existentes entre os setores federal e não federal com respeito a estes gastos. Enquanto que o setor não federal (particulares, estatais e municipais, universidades, instituições não lucrativas) viu reduzida sua importância no total dos gastos em P e D — de 46,2% em 1953 para 33,6% em 1964 — e recupera-se a partir de 1964 quando as porcentagens atin-

11. Uma análise das ligações existentes entre a pesquisa universitária e o aparelho estatal e, eventualmente, o setor privado encontra-se em *The University and Military Research, Moral Politics at M.I.T.*, por Dorothy Nelkin, Cornell University Press, Ithaca, 1972. NACLA publicou em 1969 uma análise detalhada do controle corporativo exercido sobre a Universidade de Columbia, um exemplo da relação entre as corporações e o sistema universitário. Michael T. Klare publicou em 1969 um texto importante a esse respeito: *The University Military Complex, A Directory and Related Documents*, NACLA, 1969. Seymour Melman dedica um capítulo a este tema no seu livro: *Pentagon Capitalism*, McGraw-Hill, 1970.

gem o nível verificado nos anos 50, isto é, cerca de 46,9% em 1975, os gastos federais em pesquisas não relacionadas com a defesa e o espaço subiram progressivamente de 4,8% em 1953 para 10,9% em 1964 e para um valor aproximado de 17,1% em 1975.¹²

Todavia, estes recursos não incidem de maneira homogênea sobre todos os setores da economia.

Ao observarmos os dados por setores industriais, detectamos a existência de uma perfeita correlação entre as pesquisas financiadas pelo Estado e os setores econômicos com maior grau de concentração e monopólio. De um modo geral, o Estado é o principal encarregado do financiamento da Pesquisa e Desenvolvimento e, excluindo-se o autofinanciamento das empresas, é ele também o principal doador de recursos para o setor privado. Os financiamentos estatais definem portanto a direção e a tendência da P e D, ao se orientarem para os setores com maior grau de concentração e monopólio.

O número de ramos industriais que apresentam os graus mais elevados de concentração econômica e se situam expressivamente na ponta da economia são, segundo estudos de John M. Blair, seis¹³; estes ramos são: material bélico, aviação, motores e equipamentos de aviação, rádio, TV e equipamentos de comunicação, veículos automotores e componentes.

Examinemos agora os ramos industriais que apresentaram em 1961 as participações mais elevadas dos gastos em P e D no total das vendas efetuadas; estes ramos são: aviação e mísseis, com 24,2%; os equipamentos elétricos, com 10,4%; instrumentos, com 7,3%; os produtos químicos, com 4,6%; as maquinarias, com 4,4%; os veículos automotores e equipamentos de transporte com 2,9%.¹⁴ Apesar das diferenças de classificação com relação aos setores considerados por Blair, é possível no entanto identificar perfeitamente os setores que apresentam as maiores participações das despesas em P e D nas vendas totais com aqueles que revelam os mais altos graus de concentração econômica.

12. Estes dados foram obtidos da National Science Foundation, *National Patterns of R-D Resources*, tabela B-9, p. 28.

13. John M. Blair, *Economic Concentration, Structure, Behaviour and Public Policy*, Harcourt Janovich Inc., 1972, p. 100.

14. Dados obtidos em Edwin Mansfield, *The Economics of Technological Change*, op. cit., p. 56.

Vejamos agora os dados referentes aos principais setores industriais beneficiados pelo governo federal em matéria de Pesquisa e Desenvolvimento, em 1964.

Em primeiro lugar vem o setor da aviação e dos mísseis, o qual, sobre um total de 5.097 milhões de dólares recebeu 4.607 milhões de fundos federais para a P e D. Trata-se este de um setor altamente monopolizado, onde os investimentos de pesquisa e desenvolvimento foram quase que totalmente financiados pelo Estado e se destinaram quase que integralmente para fins militares. Em seguida vem o setor dos equipamentos elétricos e de comunicação, que absorveu 2.635 milhões de dólares em Pesquisa e Desenvolvimento, dos quais 1.628 milhões foram financiados pelo Estado. Segue imediatamente a indústria química, a qual apesar de não apresentar índices de concentração industrial dos mais elevados — em virtude da diversidade de produtos que fabrica — apresenta altos graus de monopolização a nível de cada produto individual. Mesmo assim, o setor dos produtos químicos vem vinculando-se cada vez mais nestes últimos anos com as pesquisas de caráter militar, em vista da crescente importância da guerra química. Neste setor, despenderam-se em 1964 1.282 milhões de dólares, dos quais 230 milhões foram financiados pelo Estado. Em quarto lugar vem o setor dos veículos automotores e material de transporte, com 1.189 milhões, dos quais 324 milhões de dólares foram financiados pelo governo federal. Finalmente em quinto lugar encontramos a indústria de máquinas, com 1.028 milhões dos quais 258 milhões correspondem a financiamentos estatais.¹⁵

Poder-se-ia à primeira vista pensar que os generosos gastos estatais para o financiamento da P e D em indústrias privadas nestes setores obedecem ao caráter radicalmente inovador destas pesquisas. Os dados disponíveis revelam no entanto que o grosso dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento nestes setores privilegiados se destinam ao desenvolvimento e à pesquisa aplicada. Um caso extremo é o da indústria aeronaval e a de mísseis. Nela, despendiam-se 1% dos recursos totais em pesquisa básica, 16% em pesquisa aplicada e 83% em desenvolvimento. O setor dos equipamentos elétricos mostram porcentagens similares: 5%, 14% e 81%, res-

15. Edwin Mansfield, *op. cit.*, p. 57.

pectivamente. Para o setor de máquinas, foram observadas as seguintes proporções: 2%, 14% e 84%. Já na indústria química, a pesquisa básica absorvia 13% dos recursos totais do setor, enquanto que nos veículos automotores esta porcentagem era de 3%.¹⁶

Apesar de que, efetivamente, os fundos de P e D utilizados por um setor correspondem a pesquisas que afetam outros setores, os dados citados são suficientemente contundentes e confirmam a tese geral de que a ajuda estatal para a Pesquisa e o Desenvolvimento vincula-se claramente aos setores industriais com maior grau de concentração e monopólio. Além da demanda estatal e outros subsídios públicos operando na mesma direção, as subvenções estatais para a P e D deverão ser entendidas como um fator suplementar favorecendo a concentração industrial e a monopolização.

Desta seção, poderemos em resumo concluir que: 1) mesmo quando o grosso da Pesquisa e Desenvolvimento é realizado nos laboratórios das grandes empresas, uma parte substancial do financiamento provém dos cofres estatais; 2) os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento agrupam-se particularmente nas indústrias caracterizadas por índices de concentração e de monopólio mais elevados; 3) fora das universidades, a maior parte dos gastos privados e estatais é destinada ao desenvolvimento final de produtos; 4) uma parcela preponderante dos gastos em desenvolvimento está ligada diretamente a produtos ou processos na área militar ou espacial ou ainda em setores afins.

4. Problemas de planejamento e programação da Pesquisa e Desenvolvimento

Boa parte da literatura que refere o aumento das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento insiste particularmente sobre o crescente papel dos centros de pesquisa científica e tecnológica das empresas. Apesar da dominância deste papel durante as décadas de 1940 a 1960, a concentração destas atividades tem exigido então uma intervenção crescente do Estado.

16. Dados obtidos em Edwin Mansfield, op. cit., p. 58.

Esta intervenção, como vimos na seção anterior, não assume somente a forma de um financiamento direto da P e D nas empresas. O Estado veio sendo forçado a intervir de maneira crescente na própria orientação geral da P e D, através dos órgãos de planejamento da pesquisa científica e tecnológica. Estes órgãos submetem sempre mais a P e D ao controle e à regulação do Estado, procurando desta forma diminuir a anarquia naturalmente existente nesta área, uma vez que a P e D está submetida às leis da concorrência, mesmo que sob uma forma monopolista ou oligopolista. São vários os fatores que o obrigam a esta intervenção crescente:

1) A necessidade de uma racionalização da P e D visando torná-la capaz de enfrentar os grandes problemas mundiais, tais como a necessidade de fontes alternativas de energia, o domínio do espaço extraterrestre, os novos meios de comunicação internacional, a destruição do meio ambiente, a exploração e a exaustão das fontes de matérias-primas, etc.¹⁷ A pesquisa sobre estes assuntos rebaixa a capacidade econômica das empresas individuais ou corporativas. Somente o Estado é capaz de alocar os fabulosos recursos financeiros implicados nestes estudos.¹⁸

17. Robert Gilpin resume da seguinte maneira a atual situação do sistema da P e D nos Estados Unidos: "O que fizemos como nação foi eliminar (ou diminuir) os mecanismos da P e D que foram geradas por prioridades nacionais definidas no tempo da guerra fria. O que deveremos agora fazer é estruturar um novo mecanismo, um sistema adaptado ao novo conjunto de prioridades nacionais que vai emergindo: o crescimento econômico, a competitividade das exportações e o bem-estar social. Algumas medidas tais como o estabelecimento do Office of Technological Assessment e a Energy Research and Development Agency são passos na direção correta. Porém, eles não se constituem num programa nacional, num mecanismo institucional adequado para administrar o novo conjunto de prioridades nacionais", Robert Gilpin, *Technology, Economic Growth, and International Competitiveness*, op. cit., p. 34.

18. O Sr. Dixy Lee Ray, ex-presidente da Comissão de Energia Atômica, reflete muito claramente o ideal de como o capital gostaria de resolver estes problemas. Referindo-se à necessidade de contra-atacar a crescente importação de petróleo a preços cada vez mais elevados, afirma:

"Não dispomos ainda de uma fábrica-piloto sequer que produza combustíveis sintéticos, apesar de que várias delas estiveram em construção durante vários anos. Estas foram criadas sob a égide do Departamento do Interior, porém através de um mecanismo que dificulta o trabalho das indústrias, da indústria privada; isto é, com financiamentos na base dos 50/50%.

Por causa sobretudo do estado geral da economia, as indústrias foram incapazes de integralizar o capital necessário para a realização destas pesquisas. Creio que deveremos nos movimentar vigorosamente neste campo, como o fizemos na Segunda Guerra Mundial com o programa da hulha sintética (...). Este programa foi elaborado com um apoio governamental intenso mas com um mínimo de intervenção estatal, sendo totalmente realizado pela empresa privada (...). As fábricas operacionais que foram então postas em funcionamento (e se converteram na fonte de quase toda a nossa indústria de hulha) eram econômicas e ao final do programa foram vendidas de volta para a indústria privada, de tal forma que o dinheiro dos contribuintes e o investimento foram totalmente cobertos". Veja p. 45 sobre as pesquisas já citadas sobre a *Technology and Economic Growth*.

Como se vê, esta é uma solução ideal: o Estado estabelece o programa de pesquisa, financia as empresas que realizam a pesquisa, instala as indústrias que demonstram viabilidade econômica e depois as vende para as empresas explorá-las comercialmente. E ainda se diz ao contribuinte que o seu dinheiro foi recuperado!

- 2) A necessidade de formular uma resposta adequada ao crescente desafio científico e tecnológico colocado pelo campo socialista, particularmente a necessidade da manutenção da liderança no plano militar, liderança capaz de assegurar a sobrevivência do sistema capitalista. Conseqüentemente, o Estado assume a iniciativa e a liderança das pesquisas nesta área, orientando-a nas suas direções fundamentais.¹⁹
- 3) A necessidade de vincular sempre mais a pesquisa básica com a pesquisa aplicada e o desenvolvimento. Os custos da pesquisa básica crescem continuamente, seja pelo número de cientistas e funcionários que ela emprega, seja pelos custos crescentes do material que ela utiliza (instrumentos de pesquisa, laboratórios, etc.). Por outro lado, o desenvolvimento de novos ramos do conhecimento e a necessidade de superarem-se os estreitos limites das disciplinas científicas tradicionais exigem o planejamento maciço do desenvolvimento da ciência pura.
- 4) A necessidade de um processo educacional de longo alcance capaz de formar os quadros científicos e o pessoal auxiliar de pesquisa, assim como os técnicos necessários para pôr em marcha os novos processos de produção e os novos produtos.
- 5) A necessidade de se criarem as infra-estruturas adequadas de serviços auxiliares de pesquisa, como bibliotecas, bancos de dados, centros de documentação, museus, etc.

Estas tendências são impulsionadas essencialmente pela revolução científico-técnica, cujas exigências não podem ser ignoradas pelos Estados nacionais, pelas empresas — nacionais ou internacionais — dada a necessidade destas de se dotarem do controle tecnológico que lhes garanta o monopólio do mercado e o controle da produção. Conseqüentemente, o Estado converte-se em formulador, programador e planejador

19. Sobre isso temos também o excelente testemunho escrito por Jerome B. Wiewner, Presidente do Massachusetts Institute of Technology: "A ciência e a tecnologia continuam bastante fortes nos Estados Unidos, mas tanto a pesquisa acadêmica como a industrial vêm sendo afetadas por sérios e crescentes problemas que as debilitam sempre mais. Vejo isto como um grave problema, não só pelas razões econômicas que mencionei anteriormente, mas também porque creio que se quisermos continuar na luta da humanidade por uma vida melhor, a nossa sociedade de livre empresa terá as melhores possibilidades de alcançá-la. Na medida em que não fizermos o impossível para que os novos conhecimentos, as novas idéias, a nova tecnologia e as novas indústrias emerjam, e para que as antigas façam produtos melhores e sejam inclusive mais produtivas, nós perderemos a iniciativa" (p. 35). Isto é, o sistema da livre iniciativa é o melhor, mas ele se afundará se o Estado não o ajudar!

da totalidade do processo de pesquisa científica e tecnológica; a maior ou menor intensidade com que o Estado cumpre estas funções dependerá da estrutura interna de cada país capitalista.

Recentes estudos da UNESCO e da OCDE sobre as políticas científicas nacionais permitem a detecção de tendências para o planejamento científico no capitalismo contemporâneo.²⁰

Nos países socialistas, o sistema de Pesquisa e Desenvolvimento foi sendo organizado de maneira a que possa se apoiar fundamentalmente: em organismos de planejamento que coordenam e definem o conjunto da P e D; nas Academias de Ciências, órgãos encarregados de assessorar o Estado e o Partido em matéria de pesquisa pura e aplicada, em coordenação com as universidades; nos ministérios, os quais possuem centros de pesquisa aplicada por setores econômicos e sociais distintos; e nos centros de pesquisa aplicada independentes, a nível das empresas encarregadas do desenvolvimento de produtos e processos e suas aplicações ao sistema produtivo segundo as normas fixadas pelo planejamento global. Este sistema é complementado ainda por organismos de infra-estrutura de informação científica sobre a ciência e a tecnologia. Existe hoje um grande número de estudos sobre a revolução científico-técnica com o objetivo de acelerar o ritmo da pesquisa científica, assegurar a inter-relação entre as várias disciplinas e diminuir e racionalizar os custos da pesquisa, melhorando ao mesmo tempo a gestão da P e D.²¹ Tal sistema se apóia assim nas normas estabelecidas pelo plano quinquenal, na organização da comunidade científica, no seu vínculo orgânico com o aparelho estatal burocrático e produtivo, tudo isto com uma preocupação constante de se racionalizar ao máximo os objetivos da pesquisa e os recursos materiais e humanos utilizados.

20. Estas notas se apóiam fundamentalmente num estudo comparativo envolvendo a Tcheco-Eslóvia, URSS, Polónia, Japão, RFA, Suécia, Israel e EUA, segundo as publicações da UNESCO sobre as políticas científicas destes países, as quais se encontram relacionadas no apêndice do capítulo IV.

21. O livro de Victor Afanassiev (*Révolution scientifique et technique gestion, éducation*, Ed. Progreso, Moscou, 1976) dedica vários capítulos à gestão do sistema ciência-produção, com especial ênfase na gestão do próprio progresso científico e técnico. Alguns autores ocidentais pretendem identificar profundas tensões no aparelho científico soviético e entre os líderes do Partido Comunista da URSS sobre o desenvolvimento tecnológico, sem todavia resultados muito convincentes. Este é o caso de Bruce Parrott no seu artigo "Technological Progress and Soviet Politics", publicado na documentada antologia de John R. Thomas e Ursula M. Kruse-Vavcienne, *Soviet Science and Technology, Domestic and Foreign Perspectives*, publicada para a National Science Foundation por George Washington University, Washington, D.C. 1977. Livros básicos no Ocidente sobre a política tecnológica da URSS são: E. Zaleski (Ed.) *Science Policy in URSS*, OCDE, Paris, 1969; a seleção do US Congress Joint Economic Committee, *Soviet Economy in a New Perspective*, Wash., G.P.O., 1976 e J. Wilezynski, *Technology in Comecon*, Londres, 1974.

Não encontramos um sistema de P e D assim tão bem ordenado e articulado nos países capitalistas. Em alguns países, o Estado tem mostrado uma disposição em intervir na programação científica já há bastante tempo, como é o caso do Japão, país no qual o capitalismo de Estado cedo assumiu o seu papel de administrador e gestor da economia. Em outros países como os Estados Unidos, a força das empresas privadas sempre interveio como um fator anárquico e desorganizador da intervenção estatal, fazendo-a atuar empiricamente de acordo com as pressões exercidas sobre o Estado e com as necessidades imediatas que foram historicamente se apresentando.

Pode-se observar no Japão uma estrutura administrativa da ciência e da tecnologia bastante ordenada, a qual procura servir sempre mais e melhor à empresa privada mas que, ao mesmo tempo, procura centralizar as iniciativas anárquicas e ordenar as prioridades da pesquisa no seu conjunto. Assim é que existem um Conselho Científico e vários conselhos especiais ligados ao Primeiro-Ministro, secundados por várias agências dedicadas aos campos aplicados, com o Estado contando inclusive com alguns organismos de pesquisa próprios. Temos em seguida vários órgãos ligados à pesquisa e à coordenação científica dependentes de vários ministérios, sendo o Ministério da Educação encarregado de dirigir a organização universitária e a das associações de cientistas e engenheiros através de um órgão centralizador. Noutros países, onde a intervenção estatal tem uma forte tradição como a Alemanha e a França, encontramos estruturas similares, onde o Estado mantém organismos de consulta, órgãos promotores da pesquisa científica e organismos centralizadores da atividade universitária que estabelecem vínculos entre o aparelho estatal (sobretudo os ministérios) e a pesquisa nas empresas.

Nos Estados Unidos as coisas se apresentam no entanto sob uma forma bem mais anárquica, sendo fortes as correntes liberais pequeno-burguesas que procuram impedir a intervenção estatal no processo da programação da P e D. Se fizermos no entanto um breve resumo das tendências da intervenção estatal sobre a pesquisa científica neste país, veremos que, apesar das oposições existentes, as tendências inevitáveis das forças produtivas obrigam a uma intervenção estatal mais sistemática e ordenada em matéria de P e D.²²

22. Este resumo apóia-se no documento da UNESCO nº 9 sobre a política científica. Devemo-lo à nossa colaboradora Mary Janne Mulligan, na sua forma básica.

Os elaboradores da Constituição dos Estados Unidos deliberaram demoradamente sobre assuntos científicos como a criação das universidades e seminários, as instituições públicas, os subsídios para a agricultura, o comércio, a indústria e o progresso da ciência e das descobertas científicas. Todavia, eles chegaram à conclusão de que estes assuntos não se enquadravam dentro dos poderes e das funções de um governo federal. Assim, a Constituição deixou fundamentalmente abertas as questões da educação e do desenvolvimento científico para que estas pudessem ser levadas a cabo de forma independente e fora do controle federal. Esta ótica vem moldando a política científica dos Estados Unidos até os dias de hoje.

É importante no entanto ter presente que o governo federal sempre se imiscuiu em matéria científica, sob a forma de assuntos militares ou de defesa. Estas intervenções remontam às primeiras expedições científicas efetuadas basicamente durante a administração de Thomas Jefferson, o qual era ele mesmo um cientista. Por isso, dava grande importância à ciência, conferindo ao governo a responsabilidade de tais expedições como se fossem assuntos de caráter militar. Encontramos aqui a explicação por que nos Estados Unidos a ciência e os aspectos militares estão hoje tão relacionados e por que os assuntos científicos estão tão intimamente ligados ao poder executivo. Esta prática, iniciada por Thomas Jefferson e incrementada com as experiências da Guerra da Independência, induziu o governo federal a criar uma instituição com fins militares e de engenharia. Foi assim que se fundou West Point em 1802. Em 1830, as administrações públicas sentiam em todos os níveis a necessidade de aplicarem os conhecimentos científicos a objetivos práticos. Por exemplo, os governos locais e estaduais tomaram a iniciativa de inventariar os seus recursos naturais. Na década seguinte abriram-se cerca de 100 instituições acadêmicas, principalmente de engenharia e de ciências.

Não obstante, a ausência de uma intervenção direta do governo federal sobre a organização estruturada da ciência se faz sentir ainda hoje em dia. Estima-se por exemplo que 20-25% do crescimento econômico verificado nos Estados Unidos entre 1950 e 1962 se deva aos novos conhecimentos científicos e tecnológicos. Para isso, o governo federal contribuiu unicamente através de incentivos que revestiram a forma de patentes:

isenções fiscais, doações a instituições sem fins lucrativos e subsídios a empresas particulares na área da pesquisa.

A instrumentalização, a mecânica e a execução da política científica federal constituem parte integrante do sistema político, econômico e social, de um modo geral. Como era esperado, o estilo pragmático dos norte-americanos marcou também a política científica e a maneira de se solucionarem os problemas a um nível organizativo. Mesmo quando existem organizações formais, as relações informais, comissões *ad hoc*, etc., são as que fundamentalmente e na prática funcionam.

Como mencionamos acima, o Departamento de Ciência e Tecnologia depende diretamente do poder executivo. Isto é o que poderíamos chamar sua estrutura formal. A sua estrutura informal, no entanto, relaciona-se com o poder legislativo através de comitês e comissões permanentes (ou transitórias). Por exemplo, no 89º Congresso existiam 18 Comitês do Senado, 14 Comitês do Congresso e 3 Comitês conjuntos, todos envolvidos em atividades relacionadas com a ciência e a tecnologia.

Ultimamente está se tomando consciência da importância da ciência e da tecnologia; estes comitês têm aumentado então suas áreas de atuação e agora incluem seminários e reuniões cujos informes vêm sendo utilizados para a organização, o financiamento e a disciplina das atividades de pesquisa. Por sua vez, isto deu motivos para uma revisão completa da National Science Foundation (NSF) com vistas a uma redefinição do seu papel no futuro. Também avaliou-se o impacto da Política Federal em Pesquisa e Desenvolvimento sobre os recursos humanos e o papel da pesquisa pura com relação aos objetivos nacionais.

Por outro lado, o Comitê para as Políticas Científicas da Academia de Ciências preparou um estudo dedicado às ciências aplicadas e ao progresso técnico no qual é estabelecido, pela primeira vez, um nexu «formal» entre a tecnologia e este organismo. Também este comitê elaborou um informe sobre a Participação das Agências Federais no Progresso Técnico e Científico Internacional.

No que diz respeito à execução propriamente dita, o Departamento de Ciências e Tecnologia (DCT) desenvolveu uma política visando a utilização efetiva da Ciência e da Tecnologia.

Este Departamento constituiu-se de uma junta formada por Assessores do Presidente, pelo Conselho Federal de Ciência e Tecnologia, o Departamento de Recursos Financeiros, o Conselho de Assessores Econômicos, o Conselho de Segurança Nacional e o Conselho dos Recursos Humanos da Marinha e do Desenvolvimento da Engenharia. As funções da DCT consistem em assessorar o Presidente no desenvolvimento das políticas objetivadas no sentido de assegurar uma utilização efetiva da Ciência e da Tecnologia dentro do contexto da segurança nacional e do bem-estar social. Ele conta com 19 membros.

BOB (*Bureau of the Budget*), determina as prioridades e distribui os recursos;

CEA (*Commission of Economic Advisors*), exercendo uma influência indireta sobre as políticas fiscais.

PSAC compõe-se de 18 cientistas eleitos pelo presidente por um período de 4 anos, cujas funções incluem no assessoramento direto sobre assuntos nucleares, de defesa, meio ambiente, recursos energéticos, utilização da água, etc.

FCST (*Federal Commission on Science and Technology*), organismo cuja função é coordenar entre si as agências federais no que diz respeito aos problemas comuns de planejamento, ciência e tecnologia e, ao mesmo tempo, assessorar o presidente nos programas federais que envolvem mais de uma agência.

Por fim, existe o Conselho Nacional de Aeronáutica e Espaço, que também assessorar o Presidente em matéria de política, planejamento e programação, com o objetivo de obter um desenvolvimento coerente do programa espacial.

O desenvolvimento organizacional recente vem sendo influenciado notadamente por um informe publicado em 1969, no qual se recomenda a criação de uma agência centralizada para assuntos científicos, como meio para superar a crise científica. Este informe lança ainda um apelo para que se reestruture a National Science Foundation e o Instituto Nacional de Pesquisa e Estudos Avançados (NIRAS), agência independente do governo. Segundo o informe, tal reforma consolidaria as responsabilidades federais no tocante à pesquisa pura e à educação superior.

Segundo o informe citado, as razões que levaram o Subcomitê a propor a centralização das responsabilidades federais no que diz respeito à ciência estão centradas nas seguintes questões:

1. Um programa equilibrado não pode ser facilmente obtido quando existem várias agências não coordenadas entre si que financiam a pesquisa pura.
2. A ausência de um equilíbrio entre os diferentes campos da ciência e da tecnologia interfere negativamente na ordem estabelecida das prioridades nacionais, ao mesmo tempo em que tende a afastar a ciência dos problemas sociais mais urgentes.
3. Uma política científica descentralizada não favorece o entendimento e a compreensão públicas, incrementa a lacuna existente entre as ciências e as ciências humanas, é desnecessariamente custosa e implica numa fraca coordenação entre a pesquisa e a educação.
4. As flutuações do financiamento científico tornam-se erráticas e não previsíveis.
5. Uma organização assim tão difusa inibe a possibilidade de um planejamento a longo prazo e, em conseqüência, não permite nem estabilidade, nem eficiência nem continuidade no processo de pesquisa e treinamento.
6. A ausência de um órgão centralizador dá lugar ao surgimento de uma série de agências com objetivos bastante limitados, o que, além de ser um desperdício, não conduz a resultados eficientes.

Em resumo, o debate sobre a política científica nos Estados Unidos gira em torno do papel crescente que deverá assumir o governo federal com respeito à pesquisa científica. Este debate está todavia ainda longe de instituir um marco orgânico e planificado que oriente e planeje a pesquisa segundo critérios mais amplos do que aqueles implicados pelo mundo dos negócios e o seu imediatismo. Torna-se inevitável o prosseguimento deste debate, até que sejam demonstradas inapelavelmente as limitações do capital corporativo empresarial em continuar orientando maciçamente o desenvolvimento científi-

co deste país e isto, pelas razões já assinaladas anteriormente. O capitalismo de Estado deverá se articular de maneira sempre mais orgânica com o capital privado não somente como agora, na sua função de financiador maciço, mas também como organizador e orientador geral da P e D.

As implicações internacionais do planejamento científico serão estudadas em outros trabalhos referentes à transferência de tecnologia.²³ No entanto, é necessário assinalar desde agora que o movimento internacional de capitais está estreitamente ligado a processos complexos de transferência de tecnologia e da repartição da produção de conhecimentos em escala internacional, processos estes passíveis de regulação e de planejamento progressivo. Do ponto de vista do sistema capitalista internacional, a UNESCO, a OCDE e a Comunidade Econômica Européia vem constantemente chamando a atenção para este último aspecto. No interior do CAME, os processos de planejamento internacional da P e D já alcançaram níveis bastante elevados, demonstrando assim as potencialidades do planejamento internacional da produção científica no regime socialista. Por outro lado, os países membros do movimento dos não-alinhados têm procurado, através da UNCTAD, formular algumas políticas sobre a transferência de tecnologia entre os países desenvolvidos e os países subdesenvolvidos e sobre a cooperação horizontal entre países subdesenvolvidos.

O presente capítulo encerra a primeira parte do nosso estudo. Vimos como a revolução científico-técnica alterou substancialmente a relação entre as forças produtivas e o modo de produção capitalista. A ciência converteu-se em parte substancial da acumulação do capital, e a pesquisa básica tende a ampliar o seu papel no desenvolvimento das forças produtivas. O capital privado, através das grandes corporações monopolistas que constituem a sua expressão mais elevada, procuram incessantemente controlar a produção do conhecimento científico e a sua aplicação à produção. Para atingirem este objetivo, são obrigadas a recorrer de maneira crescente ao poder centralizador do Estado, única instituição capaz de financiar, organizar e administrar a socialização crescente do aparelho da produção de conhecimentos e a sua aplicação econômica.

23. Veja o nosso artigo: "La Tecnología y la Reestructuración Capitalista: Opciones para América Latina", *Comércio Exterior*, México, Vol. 29, nº 12, dezembro, 1979, p. 1361s, no qual apresentamos uma ampla bibliografia sobre o tema.

Nesta luta pelo controle do processo eminentemente social da produção de conhecimentos e da sua aplicação, a economia capitalista vê-se arrebatada para novos níveis de contradição entre o caráter privado da apropriação capitalista e a crescente socialização do aparelho produtivo. A luta dos monopólios pelo controle do processo produtivo nestas condições os induz a um comportamento contraditório. Por um lado, os monopólios se vêem obrigados a apoiar o desenvolvimento científico para assegurarem o domínio da produção de conhecimentos; por outro lado, a amplitude deste desenvolvimento vê-se limitada pela sua submissão aos interesses anárquicos da concorrência e pelas restrições à aplicação dos conhecimentos em virtude da lógica da acumulação monopolista. As deformações extremas do aparelho científico e tecnológico resultantes do conflito entre estas condutas contraditórias limitam a expansão econômica do capitalismo e constituem-se num fator de crise econômica. Ao mesmo tempo, essas tendências provocam graves problemas no cenário internacional, ali mesmo onde os países socialistas vêm demonstrando uma capacidade crescente em criar tecnologia e em incorporar esta à produção. As contradições crescentes entre os grandes centros imperialistas e entre estes e as nações emergentes das regiões subdesenvolvidas e dependentes, os problemas da gestão do desenvolvimento científico e tecnológico, a crise de 1967 ainda não superada, os problemas sociais e políticos que vêm junto com ela — dentre os quais situa-se em primeiro plano o «desemprego tecnológico» — todos estes fatores compõem um conjunto de questões que ameaçam a própria sobrevivência do capitalismo numa escala mundial.

Conseqüentemente, as novas práticas científicas e tecnológicas passam por uma reforma do capitalismo contemporâneo que possibilite a emergência de uma estrutura mais concentrada, centralizada, monopolista, com maior participação estatal e com um nível superior de internacionalização do capital e do sistema produtivo. Dessa estrutura emergirá então uma nova divisão internacional do trabalho, concentrando os setores mais avançados da revolução científico-técnica nos países dominantes e deslocando para as zonas periféricas e dependentes as fases intermediárias das forças produtivas no capitalismo contemporâneo.

Para abordarmos este conjunto de problemas, deveremos passar a uma nova etapa da nossa pesquisa, na qual analisaremos cuidadosamente a importância da revolução científico-técnica no processo da produção e da reprodução do capital. Somente com este estudo é que poderemos chegar a compreender radicalmente a relação entre a revolução científico-técnica e o capitalismo contemporâneo. Isto se constituirá porém em matéria para um próximo livro sobre a *Revolução Científico-Técnica e a Acumulação do Capital*.

Quadro V-1

PARTES RELATIVAS DA P e D INDUSTRIAL REALIZADAS
POR EMPRESAS SEGUNDO A DIMENSÃO
DE SEUS PROGRAMAS DE P e D

(em % do total)

País	Número de firmas classificadas por dimensão da P e D						
	4	8	20	40	100	200	300
EUA	22,0	35,0	57,0	70,0	82,0	89,0	92,0
RU	25,6	34,0	47,2	57,9	69,5	75,0	77,0
França	20,9	30,5	47,7	63,4	81,0	91,2	95,6
Japão	—	—	—	47,7 ^a	52,1 ^b	63,1 ^c	71,4 ^d
Itália	46,4	56,3	70,4	81,6	92,5	—	—
Canadá	30,3	40,8	58,4	71,5	86,2	93,2	—
Holanda	64,4 ^e	—	—	—	—	—	—
Suécia	33,2	43,0	54,0	71,0	85,4	90,0	—
Bélgica	38,5	51,8	72,6	82,7	92,8	97,5	99,4
Noruega	29,5	38,8	55,7	70,6	88,2	97,9	100,0
Espanha	25,2	47,0	73,9	91,5	—	—	—

Fonte: OECD.

Quadro V-2

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS GASTOS TOTAIS EM P e D
SEGUNDO O SETOR DE EXECUÇÃO E A FONTE DE FINANCIAMENTO

País	Ano	Fonte de financiamento			Setor de execução		
		E	G	U	E	G	U
EUA	1963	32	64	1	67	18	12
França	1963	33	64		51	38	11
Alemanha	1964	57	41		66	38	11
Itália	1963	62	33	4	63	23	19
Japão	1963	65	28	4	65	12	19
Grã-Bret.	1964/5	42	54		67	25	7
Áustria	1963	55	40		64	9	26
Bélgica	1963	71	24		69	10	20
Canadá	1963	34	55	7	41	43	11
Holanda	1964	54	40		56	3	20
Noruega	1963	38	54	1	52	21	25
Suécia	1964	49	48	1	67	15	18
Grécia	1964	16	82		16	74	9
Irlanda	1963	29	67		29	56	11
Portugal	1963	21	70	2	22	66	7
Espanha	1963	26	74		25	69	6

E: Empresas

G: Governo

U: Universidades

Fonte: **The OECD Observer** nº 30, out., 1967.

Quadro V-3

EUA: GASTOS NACIONAIS EM P e D POR FONTE DE FINANCIAMENTO, 1960-76

Anos	Total	Governo federal	Indústria	Universidades e faculdades	Outras instit. sem fins lucrativos
1960	19.734	12.745	6.565	217	207
1961	20.707	13.372	6.855	238	242
1962	21.865	14.069	7.249	262	285
1963	23.876	15.671	7.611	289	305
1964	25.985	17.264	8.087	323	311
1965	27.033	17.536	8.798	359	339
1966	28.523	18.226	9.532	395	370
1967	29.366	18.249	10.294	437	387
1968	29.876	18.108	10.896	474	398
1969	29.619	17.198	11.529	484	408
1970	28.510	16.160	11.421	505	425
1971	27.854	15.603	11.265	551	434
1972	28.415	15.887	11.509	576	443
1973	28.750	15.536	12.189	579	445
1974	27.766	14.515	12.244	578	429
1975	27.669	14.599	12.051	586	433
1976	28.479	15.050	12.374	609	445

Fonte: National Science Foundation, **National Patterns of R & D Resources, 1953-76.**

Quadro V-4

EUA: GASTOS NACIONAIS EM P e D
POR FONTE DE FINANCIAMENTO, 1960-76

(Cifras em porcentagens)

Anos	Total	Governo federal	Indústria	Universidades e faculdades	Outras instit. sem fins lucrativos
1960	100,0	64,6	33,3	1,1	1,0
1961	100,0	64,6	33,1	1,1	1,2
1962	100,0	64,3	33,2	1,2	1,3
1963	100,0	65,6	31,9	1,2	1,3
1964	100,0	66,5	31,1	1,2	1,2
1965	100,0	64,9	32,5	1,3	1,3
1966	100,0	63,9	33,4	1,4	1,3
1967	100,0	62,1	35,1	1,5	1,3
1968	100,0	60,6	36,5	1,6	1,3
1969	100,0	58,1	38,9	1,6	1,4
1970	100,0	55,7	40,1	1,7	1,5
1971	100,0	56,0	40,5	2,0	1,5
1972	100,0	55,9	40,5	2,0	1,6
1973	100,0	54,0	42,4	2,0	1,6
1974	100,0	52,3	44,1	2,1	1,5
1975*	100,0	52,8	43,5	2,1	1,6
1976*	100,0	52,8	43,5	2,1	1,6

* Estimativas.

Fonte: Quadro V-3.

Quadro V-5

EUA: TAXAS DE CRESCIMENTO ANUAIS DOS GASTOS
NACIONAIS EM P e D POR FONTES DE FINANCIAMENTO

(Cifras em porcentagens)

Anos	Total	Governo federal	Indústria	Universidades e faculdades	Outras instit. sem fins lucrativos
1960	—	—	—	—	—
1961	4,93	4,92	4,42	9,68	16,9
1962	5,59	5,21	5,74	10,10	17,77
1963	9,19	11,38	4,99	10,30	7,02
1964	8,83	10,17	6,25	11,76	1,97
1965	4,03	1,58	8,79	11,14	9,00
1966	5,51	3,93	8,34	10,02	9,14
1967	2,96	0,13	7,99	10,63	4,59
1968	1,74	—0,77	5,84	8,47	2,84
1969	—0,86	—5,03	5,81	2,10	2,51
1970	—3,74	—6,03	—0,94	4,33	4,16
1971	—2,30	—3,45	—1,37	9,10	2,11
1972	2,01	1,82	2,17	4,53	2,07
1973	1,18	—2,21	5,91	0,52	0,45
1974	—3,40	—6,57	0,45	—0,17	—3,59
1975*	—0,35	0,58	—1,58	1,38	0,93
1976*	2,92	3,09	2,68	3,92	2,77

* Estimativas.

Fonte: Quadro V-3.

Quadro V-6

EUA: TAXAS DE CRESCIMENTO MÉDIO POR PERÍODO
DOS GASTOS NACIONAIS EM P e D
POR FONTE DE FINANCIAMENTO

(Cifras em porcentagens)

Período	Total	Governo federal	Indústria	Universidades e faculdades	Outras instit. sem fins lucrativos
1960-65	6,50	6,59	6,03	10,59	10,36
1966-71	—0,47	—3,06	3,40	6,88	3,24
1972-76	0,06	—1,34	1,83	1,40	0,11
1960-76	2,32	1,04	4,04	6,66	4,90

Fonte: Quadro V-3.

Quadro V-7

EUA: DESTINO DOS GASTOS NACIONAIS EM P e D
1960-1976

(Cifras em milhões de dólares de 1972)

Anos	Total	Governo		Universi- dades e faculdades	FFRDC	Outras instit. sem fins lucrativos
		federal	Indústria			
1960	19.734	2.513	15.304	941	524	451
1961	20.707	2.705	15.745	1.101	592	564
1962	21.865	2.974	16.249	1.281	666	695
1963	23.876	3.183	17.642	1.510	740	800
1964	25.985	3.903	18.583	1.754	865	880
1965	27.033	4.162	19.086	1.983	846	955
1966	28.523	4.195	20.255	2.234	821	1.017
1967	29.366	4.298	20.735	2.431	852	1.050
1968	29.876	4.230	21.108	2.603	871	1.065
1969	29.619	4.039	21.112	2.560	836	1.072
1970	28.510	4.220	19.770	2.556	807	1.158
1971	27.854	4.328	19.070	2.604	746	1.106
1972	28.415	4.482	19.383	2.676	764	1.110
1973	28.750	4.366	19.774	2.779	772	1.059
1974	27.766	4.136	19.216	2.595	743	1.076
1975	27.669	4.167	19.057	2.668	776	1.002
1976	28.479	4.187	19.813	2.736	807	935

Fonte: National Science Foundation, **National Patterns of R & D Resources**, 1953-76.

Quadro V-8

EUA: ESTRUTURA PERCENTUAL DOS GASTOS EM P e D
POR DESTINAÇÃO, 1960-1976

Anos	Total	Governo federal	Indústria	Universidades e faculdades	FFRDC	Outras inst. sem fins lucrativos
1960	100,0	12,7	77,6	4,8	2,6	2,3
1961	100,0	13,1	76,0	5,3	2,9	2,7
1962	100,0	13,6	74,3	5,9	3,0	3,2
1963	100,0	13,3	73,9	6,3	3,1	3,4
1964	100,0	15,0	71,5	6,8	3,3	3,4
1965	100,0	15,4	70,6	7,3	3,2	3,5
1966	100,0	14,7	71,0	7,8	2,9	3,6
1967	100,0	14,6	70,6	8,3	2,9	3,6
1968	100,0	14,2	70,7	8,7	2,9	3,6
1969	100,0	13,6	71,3	8,6	2,8	3,6
1970	100,0	14,8	69,3	9,0	2,8	4,1
1971	100,0	15,5	68,5	9,3	2,7	4,0
1972	100,0	15,8	68,2	9,4	2,7	3,9
1973	100,0	15,2	68,8	9,7	2,7	3,7
1974	100,0	14,9	69,2	9,3	2,7	3,9
1975	100,0	15,1	68,9	9,6	2,8	3,6
1976	100,0	14,7	69,6	9,6	2,8	3,3

Fonte: Quadro V-7.

Quadro V-9

EUA: TAXAS DE CRESCIMENTO ANUAL DOS GASTOS
NACIONAIS EM P e D POR DESTINAÇÃO, 1960-1976

(Cifras em porcentagens)

Anos	Governo			Universi- dades e faculdades	FFRDC	Outras inst. sem fins lucrativos
	Total	federal	Indústria			
1960	—	—	—	—	—	—
1961	4,93	7,64	2,88	17,00	12,98	25,05
1962	5,59	9,94	3,20	16,35	12,50	23,22
1963	9,00	7,03	8,57	17,88	11,11	15,10
1964	8,83	22,62	5,33	16,16	16,89	10,00
1965	4,03	6,63	2,70	13,06	—2,19	8,52
1966	5,51	0,79	6,12	12,66	—2,95	6,49
1967	2,96	2,46	2,37	8,82	3,77	3,24
1968	1,74	—1,58	1,80	7,03	2,23	1,42
1969	—0,86	—4,52	0,02	—1,65	—4,02	0,66
1970	—3,74	4,48	—6,36	—0,15	—3,47	8,08
1971	—2,3	2,56	—3,54	1,88	—7,56	—4,49
1972	2,01	3,56	1,64	2,76	2,41	0,36
1973	1,18	—2,59	2,01	4,60	1,04	—4,59
1974	—0,17	—5,27	—2,67	—6,62	—3,75	1,60
1975*	—0,35	0,75	—0,83	2,81	4,44	—6,68
1976*	2,92	0,48	3,96	2,55	3,99	—6,69

* Estimativas.

Fonte: Quadro V-7.

Quadro V-10

EUA: TAXAS DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL POR PERÍODO
DOS GASTOS NACIONAIS EM P e D, POR DESTINAÇÃO,
1960-1976

(Cifras em porcentagens)

Período	Governo		Indústria	Universi- dades e faculdades	FFRDC	Outras inst. sem fins lucrativos
	Total	federal				
1960-65	6,49	10,62	4,51	16,08	10,05	16,19
1966-71	—0,47	0,62	—1,19	3,11	—1,89	1,69
1972-76	0,06	—1,68	0,55	0,56	1,38	—4,19
1960-76	2,32	3,24	1,62	6,90	2,73	4,66

Fonte: Quadro V-7.



Los documentos que integran la Biblioteca PLACTED fueron reunidos por la [Cátedra Libre Ciencia, Política y Sociedad \(CPS\). Contribuciones a un Pensamiento Latinoamericano](#), que depende de la Universidad Nacional de La Plata. Algunos ya se encontraban disponibles en la web y otros fueron adquiridos y digitalizados especialmente para ser incluidos aquí.

Mediante esta iniciativa ofrecemos al público de forma abierta y gratuita obras representativas de autores/as del **Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología, Desarrollo y Dependencia (PLACTED)** con la intención de que sean utilizadas tanto en la investigación histórica, como en el análisis teórico-metodológico y en los debates sobre políticas científicas y tecnológicas. Creemos fundamental la recuperación no solo de la dimensión conceptual de estos/as autores/as, sino también su posicionamiento ético-político y su compromiso con proyectos que hicieran posible utilizar las capacidades CyT en la resolución de las necesidades y problemas de nuestros países.

PLACTED abarca la obra de autores/as que abordaron las relaciones entre ciencia, tecnología, desarrollo y dependencia en América Latina entre las décadas de 1960 y 1980. La Biblioteca PLACTED por lo tanto busca particularmente poner a disposición la bibliografía de este período fundacional para los estudios sobre CyT en nuestra región, y también recoge la obra posterior de algunos de los exponentes más destacados del PLACTED, así como investigaciones contemporáneas sobre esta corriente de ideas, sobre alguno/a de sus integrantes o que utilizan explícitamente instrumentos analíticos elaborados por estos.

Derechos y permisos

En la Cátedra CPS creemos fervientemente en la necesidad de liberar la comunicación científica de las barreras que se le han impuesto en las últimas décadas producto del avance de diferentes formas de privatización del conocimiento.

Frente a la imposibilidad de consultar personalmente a cada uno/a de los/as autores/as, sus herederos/as o los/as editores/as de las obras aquí compartidas, pero con el convencimiento de que esta iniciativa abierta y sin fines de lucro sería del agrado de los/as pensadores/as del PLACTED, ***requerimos hacer un uso justo y respetuoso de las obras, reconociendo y citando adecuadamente los textos cada vez que se utilicen, así como no realizar obras derivadas a partir de ellos y evitar su comercialización.***

A fin de ampliar su alcance y difusión, la Biblioteca PLACTED se suma en 2021 al repositorio ESOCITE, con quien compartimos el objetivo de "recopilar y garantizar el acceso abierto a la producción académica iberoamericana en el campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología".

Ante cualquier consulta en relación con los textos aportados, por favor contactar a la cátedra CPS por mail: catedra.cienciaypolitica@presi.unlp.edu.ar